İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIK DENİZ PLATFORMLARININ KONUMLANDIRILMASI İÇİN KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİNİN ENTEGRASYONU

DOKTORA TEZİ

Mahmut Olcay KORKMAZ

Anabilim Dalı : Geomatik Mühendisliği

Programı : Geomatik Mühendisliği

ŞUBAT 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AÇIK DENİZ PLATFORMLARININ KONUMLANDIRILMASI İÇİN KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİNİN ENTEGRASYONU

DOKTORA TEZİ
Mahmut Olcay KORKMAZ
(501042608)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21 Ekim 2011
Tezin Savunulduğu Tarih : 24 Şubat 2012

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Şenol Hakan KUTOĞLU (ZKÜ)
Yrd. Doç. Dr. Tevfik ÖZLÜDEMİR (İTÜ)
Prof. Dr. Rasim DENİZ (İTÜ)
Prof. Dr. Haluk ÖZENER (BÜ)

ŞUBAT 2012

Aileme,

ÖNSÖZ

Bir araştırma çalışması yapılırken her zaman şu üç önemli bileşen mevcut olmalıdır: Tüm detaylı konuların tartışılabileceği ve araştırmayla ilgili heyecan ve hayal kırıklıklarının paylaşılabileceği bir danışman, iyi bir finansal destek ve uygun bir çalışma ortamı. Tüm bu çalışma boyunca bunların hepsine de sahip olduğuma inanıyorum. Bu anlamda öncelikle, çalışmanın başından sonuna kadar bana sağladığı destek ve motivasyon, engin bilgisini paylaşmadaki cömertliği, çalışma konumuzla ilgili olarak en az benim kadar heyecan duyması ve emeğini esirgememesi, zaman zaman içine düştüğüm zihinsel dağınıklıktan ve duraksamalardan beni çıkarmadaki ustalığı ile tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK'e; sağladıkları katkılar ve yönlendirmelerden dolayı da tez izleme jürisindeki değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Şenol Hakan KUTOĞLU ve Sayın Yrd. Doç. Dr. M. Tevfik ÖZLÜDEMİR'e teşekkürü borç bilirim. Aynı zamanda bir Ar-Ge projesi olan bu çalışmada ortak amaç için birlikte çalıştığımız başta Sayın Yük. Müh. Özgür AVCI olmak üzere tüm proje ekibine, finansal destekleri sayesinde tez çalışmasında tasarladığımız sistemi gerçekleştirmemize olanak sağlayan T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Ar-Ge Genel Müdürlüğü'ne ve özellikle Sayın Mustafa TANIŞIK şahsında Sistem AŞ firmasına, benim denizlerde konumlandırma çalışmalarında yer almamı sağlayarak bu konuda bilgi sahibi olmama ve tecrübe edinmeme olanak tanıyan Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı'na, katkılarını hiç esirgemeyen iş arkadaşlarıma, özellikle Sayın Mertkan AKÇA'ya, konumlandırma yazılımının geliştirilmesinde büyük katkıları olan Sayın Barış GÖRAL'a, Sayın Mete Ercan PAKDİL'e ve İTÜ Geomatik Mühendisliği bölümünden Sayın Araş. Gör. Dr. Caner GÜNEY ve Sayın Araş. Gör. Yük. Müh. Hüseyin MERCAN'a şükranlarımı sunarım. Son olarak, bana uygun bir çalışma ortamı sağlayan ve üzerimde emekleri büyük olan aileme ve burada sayamadığım birçok kişiye teşekkür ederim. Bu çalışma ile geliştirilen sistemden, ilerde, öncelikle ülkemizi çevreleyen açık denizlerde dinamik konumlandırmaya gereksinim duyan çalışmalarda, özellikle de petrol/doğal gaz arama ve geliştirme çalışmalarında etkin bir biçimde yararlanılmasını dilerim.

Ekim 2011

Mahmut Olcay Korkmaz

(Geomatik Mühendisi, İşletme Yüksek Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**
ÖZET ..... **xv**
SUMMARY ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
2. TÜRKİYE'NİN PETROL POTANSİYELİ VE ARAMA FAALİYETLERİ 11
2.1 Türkiye'nin Jeolojik Durumu ve Petrol Potansiyeli 11
2.2 Türkiye ve Çevre Denizlerde Yapılan Hidrokarbon Arama Çalışmaları 12
3. AÇIK DENİZ PETROL ARAMA ÇALIŞMALARINDA KONUM BELİRLEME **17**
3.1 Konum Belirleme Gereksinimi 17
3.2 Açık Deniz Petrol Platformları 19
3.2.1 Jack-up 22
3.2.2 Semi-submersible (Semisub) 24
3.2.3 Drillship 28
3.3 Platform İstatistikleri 29
3.4 Konum Belirleme Sistemleri 32
3.4.1 Yersel radyo bazlı konum belirleme sistemleri 34
3.4.2 Global/Bölgesel konum belirleme sistemleri 38
3.4.3 Atalet Seyir Sistemleri – INS 52
3.4.4 Deniz tabanında kullanılan akustik konum belirleme sistemleri 53
4. PETROL PLATFORMLARININ KONUMLANDIRILMASI ve İZLENMESİ **57**
4.1 Konumlandırma 57
4.2 Konumlandırmada Kullanılan Bileşenler ve Yöntemler 63
4.2.1 GNSS/DGNSS alıcı setleri 63
4.2.2 Konum belirleme yöntemleri 66
4.2.3 Gyropusula 71
4.2.4 Navigasyon yazılımı 73
4.3 Veri İletişimi ve Standartları 74
4.3.1 Veri iletişim medyaları 75
4.3.2 Bilgisayarla modemlere komuta etme ve veri transferi 77
4.3.3 Platform konumlandırma çalışmalarında kullanılan verilerin formatları . 77
4.4 İzleme 95
5. PLATFORM KONUMLANDIRMA ve İZLEME YAZILIMI: MariNAV **97**
5.1 Sistem Tasarımı 97
5.2 Matematiksel Model 109

5.2.1 Güneşe yapılan yatay doğrultu ve zaman ölçmesiyle azimut belirleme . 119
5.2.2 İkili GNSS alıcısı anten konumlarından azimut hesabı 123
5.2.3 Manevra..... 125
5.3 MariNAV'ın Geliştirilmesi 131
6. UYGULAMA..... 145
6.1 Uygulama I: Saturn I 146
6.2 Uygulama II : Saturn II..... 151
6.3 Uygulama III : Leiv Eiriksson I..... 153
6.4 Uygulama IV : Leiv Eiriksson II 157
6.5 Uygulama V : MariNAV Test 160
7. SONUÇ VE ÖNERİLER..... 169
KAYNAKLAR..... 179
EKLER..... 189
ÖZGEÇMİŞ..... 201

KISALTMALAR

AHV : Anchor Handling Vessel
AORE : Atlantic Ocean Region East (satellite)
Ar-Ge : Araştırma Geliştirme
ATOM : Adaptive Transmission of Optimized Messages
BOP : Blowout Preventer (oil industry)
CBS : Coğrafi Bilgi Sistemi
CMR : Compact Measurement Record
COG : Course Over Ground
CORS : Continuously Operating Reference Stations
CRP : Common Reference Point
DGNSS : Differential Global Navigation Satellite Systems
DGPS : Differential Global Positioning System
DOP : Dilution of Precision
DP : Dynamic Positioning
DR : Dead Reckoning
ED50 : European Datum 1950
EDGE : Enhanced Data rates for GSM Evolution
EGNOS : European Geostationary Navigation Overlay Service
EKK : En Küçük Kareler
EPSG : European Petroleum Survey Group
FKP : Area Correction Parameter (Flächenkorrekturparameter)
GA : General Assembly
GAGAN : GPS Aided GEO Augmented Navigation
GBAS : Ground Based Augmentation Systems
GLONASS : Global Orbiting Navigation Satellite System
GNSS : Global Navigation Satellite Systems
GPRS : General Packet Radio Service
GPS : Global Positioning System
GRAS : Ground-based Regional Augmentation System (Australia)
GSM : Global System for Mobile Communication
HAIN : Hydroacoustic Aided Inertial Navigation
HGK : Harita Genel Komutanlığı
HIPAP : High Precision Acoustic Positioning
IALA : International Association of marine aids to navigation and Lighthouse Authorities
IGS : International GNSS Service
iMAX : Individualised Master-Auxilliary Corrections
IMO : International Maritime Organisation
INS : Inertial Navigation Systems
IP : Internet Protocol
ITRF : International Terrestrial Reference Frame
KOH : Karesel Ortalama Hata

LAAS : Local Area Augmentation System
LBL : Long BaseLine Acoustic Positioning System
LCNSS : Low Cost Navigation Satellite System
MAC : Master Auxilary Concept
MEO : Medium-Earth Orbit
MODU : Mobile Offshore Drilling Unit
MSAS : The Multi-functional Satellite Augmentation System
NDGPS : Nationwide Differential Global Positioning System
NMEA : National Marine Electronics Association
NRTK : Network RTK
NTRIP : Networked Transport of RTCM via Internet Protocol
OGP : International Association of Oil and Gas Producers
PCMCI : Personal Computer Memory Card Interface Adapter
PİGM : Petrol İşleri Genel Müdürlüğü
PPP : Precise Point Positioning
PPS : Precise Positioning Service/System
QZSS : Quasi-Zenith Satellite System
RDP : Remote Desktop Protocol
ROV : Remotely Operated Underwater Vehicle
RTCM SC104 : The Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee 104
RTIGS : Real Time IGS
RTK : Real-Time Kinematic
SBAS : Space Based Augmentation Systems
SBL : Short BaseLine Acoustic Positioning System
SDCM : System of Differential Correction and Monitoring
SNAS : The Satellite Navigation Augmentation System
SNR : Signal-to-Noise Ratio
SSBL : Super-Short BaseLine Positioning System
SSDR : Semi-submersible Drilling Rig
TCP : Transmission Control Protocol
TPAO : Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı
TUSAGA : Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı
UKOOA : UK Offshore Operators Association (2007'den beri Oil&Gas UK)
UMTS : Universal Mobile Telecommunications System
USBL : Ultra-Short BaseLine Positioning System
UTM : Universal Transverse Mercator
VRS : Virtual Reference Station
WAAS : Wide Area Augmentation System
WAGE : The Wide Area GPS Enhancement
WGS84 : World Geodetic System 1984

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Türlerine ve faaliyet durumlarına göre platformlar 30
Çizelge 3.2 : Yaygın olarak kullanılan platformlar ve faaliyet durumları 30
Çizelge 3.3 : Bölgelere ve faaliyet durumlarına göre platformlar 30
Çizelge 4.1 : UKOOA P1/90 veri örneği 78
Çizelge 4.2 : RTCM mesaj tipleri (2.0 – 2.3 versiyonları) 81
Çizelge 4.3 : RTCM v3.1 mesaj tipleri 82
Çizelge 4.4 : GNSS alıcısından NMEA veri akışı 88
Çizelge 4.5 : $GNGGA – GNSS coğrafi konum veri cümlesi (fiks bilgisi) 89
Çizelge 4.6 : $GNGLL – Coğrafi Konum (Enlem ve boylam) veri cümlesi 90
Çizelge 4.7 : $GNGSA – GNSS aktif uydular ve DOP veri cümlesi 90
Çizelge 4.8 : $GNGSV – Görüş alanındaki uydular veri cümlesi 91
Çizelge 4.9 : $GNVTG – Alıcının hareket istikameti ve hızı veri cümlesi 92
Çizelge 4.10 : $GNRMC – GNSS için önerilen minimum veri 93
Çizelge 4.11 : SSC200'den elde edilen NMEA verileri 94
Çizelge 4.12 : $IIHDG azimut (heading, deviation & variation) veri cümlesinin açıklaması 94
Çizelge 4.13 : $IIROT, dönüş hızı (rate of turn) veri cümlesinin açıklaması 95
Çizelge 4.14 : "Pitch" ve "roll" veri cümlesinin açıklaması 95
Çizelge 5.1 : Lokal ve global sistemdeki nokta koordinatları 117
Çizelge 5.2 : Bilinmeyenler 118
Çizelge 5.3 : Yatay doğrultu ve zaman ölçerek almanak değerlerinden azimut ve düzeltme hesabı 122
Çizelge 5.4 : MariNAV'ın özellikleri 141
Çizelge 6.1 : MariNAV test verileri 161

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : 2009 – 2011 yılları arası petrol fiyatları 2
Şekil 1.2 : Sondaj öncesi arama faaliyetleri: sismik veri toplama 3
Şekil 1.3 : Rezervuar seviyenin genlik dağılım haritası 3
Şekil 1.4 : Sismik yorumlar ve kuyu doğrultuları 5
Şekil 2.1 : Yıllar itibariyle Türkiye hampetrol üretimi 13
Şekil 2.2 : Yıllar itibariyle Türkiye doğal gaz üretimi 13
Şekil 2.3 : Karadeniz'deki ruhsatlar 14
Şekil 2.4 : Akdeniz'deki ruhsatlar 15
Şekil 3.1 : Platform Türleri: a) Jack-up. b) Semi-submersible. c) Drillship. d) Drill barge. e) Inland barge. f) Platform rig. g) Submersible. h) Tender..... 20
Şekil 3.2 : a) Deniz aracına etki eden genel kuvvetler. b) Deniz aracının 3D uzayda yaptığı hareketler..... 21
Şekil 3.3 : Jack-up 23
Şekil 3.4 : Jack-up çalışma prensibi 24
Şekil 3.5 : Semisub, Leiv Eiriksson (OceanRig ASA) 25
Şekil 3.6 : Semisub: a) Silindirik tip. b) Kolon sabit tip. 26
Şekil 3.7 : Örnek çapalama planı 27
Şekil 3.8 : Drillship, Deepwater Champion (Transocean Ltd.) 28
Şekil 3.9 : Deepwater Horizon (Transocean Ltd.) 31
Şekil 3.10 : Konum belirleme teknolojilerinin ulaşılabilirlikleri ve doğrulukları 33
Şekil 3.11 : Yersel radyo bazlı konum belirleme – GPS karşılaştırması 37
Şekil 3.12 : GNSS konsepti 44
Şekil 3.13 : Kamu yararına hizmet veren SBAS sistemlerinin kapsama alanı 48
Şekil 3.14 : DGPS çalışma prensibi 50
Şekil 3.15 : Su altında akustik konum belirleme sistemleri: a) USBL/SSBL. b) SBL. c) LBL. 55
Şekil 3.16 : ROV: a) ROV'nin konumunun belirlenmesi. b) Su altında seyreden bir ROV. 56
Şekil 4.1 : Dinamik konumlandırma destekli sondaj işlemi 61
Şekil 4.2 : DP sisteminde sondaj kulesi orta noktasının konumunun izlenmesi 63
Şekil 4.3 : Açık denizde fiziki engel nedeniyle görüş alanındaki GPS uydularının bloke olması 65
Şekil 4.4 : GNSS konum belirleme yöntemleri 66
Şekil 4.5 : Gyropusula 71
Şekil 5.1 : SSC 200-Solid State Compass 105
Şekil 5.2 : SISNav programı ekran görüntüleri 107
Şekil 5.3 : Konumlandırma sistemi veri akışı..... 108
Şekil 5.4 : Lokal ve global koordinat sistemlerinin geometrik projeksiyonu..... 110
Şekil 5.5 : Açık deniz platformunun ve lokal koordinat sisteminin global koordinat sistemindeki hareketi ve eksenlerinin dönüklüğü 111

Şekil 5.6 : Lokal koordinat sistemi ve offset değerleri 112
Şekil 5.7 : Güneşe gözlem yaparak platform azimutu belirleme 120
Şekil 5.8 : Güneşin almanaktan alınan azimut değerleri 122
Şekil 5.9 : Platform orta ekseninin azimutu 124
Şekil 5.10 : Manevra 125
Şekil 5.11 : Manevra güzergahı, Durum-1 127
Şekil 5.12 : Manevra güzergahı, Durum-2 128
Şekil 5.13 : Hesap üçgeni 129
Şekil 5.14 : MariNAV'ın logosu 132
Şekil 5.15 : Konumlandırma amaçlı koordinat dönüşümü akış şeması 133
Şekil 5.16 : Güneşe gözlemle azimut hesabı ve gyropusula kalibrasyon değeri hesabı için akış şeması 134
Şekil 5.17 : İkili GNSS anten konumlarından azimut hesabı için akış şeması 135
Şekil 5.18 : Manevra güzergâhı için akış şeması 136
Şekil 5.19 : Sistem diyagramı 139
Şekil 6.1 : Jack-up, Saturn (GSP) 147
Şekil 6.2 : Hedef konum-1 147
Şekil 6.3 : GPS antenleri (Jack-up) 149
Şekil 6.4 : DGPS düzeltme istasyonları konum haritası 150
Şekil 6.5 : Jack-up türü Saturn platformunun hedefe çekilmesi 151
Şekil 6.6 : Hedef konum-2 152
Şekil 6.7 : Hedef konum-3 153
Şekil 6.8 : Semisub, Leiv Eiriksson (OceanRig ASA) 154
Şekil 6.9 : Platforma ulaşımda yararlanılan helikopter 155
Şekil 6.10 : Hedef konum-4 158
Şekil 6.11 : GPS antenleri (Semisub) 158
Şekil 6.12 : Offset şeması (Semisub) 162
Şekil 6.13 : MariNAV – veri kaynağı seçme arayüzü 163
Şekil 6.14 : MariNAV – proje oluşturma ve veri giriş arayüzü 163
Şekil 6.15 : MariNAV – gyropusula bağlantı ayarları 164
Şekil 6.16 : Çalışma bölgesi genel konumu 165
Şekil 6.17 : MariNAV – platform, hedef ve yaklaşma daireleri 165
Şekil 6.18 : MariNAV – uydu bilgileri arayüzü 166
Şekil 6.19 : MariNAV – platformun hedefe ilerleyişi 166
Şekil 6.20 : MariNAV – platformun hedefe ulaşması 167
Şekil 6.21 : Koordinat bilgilerinin yer aldığı veritabanı tablosu 168
Şekil 7.1 : EGNOS kapsama alanı 174
Şekil A : Türkiye'deki arama ve üretim sahalarını gösterir harita……..……191
Şekil B : Türkiye'de sismik hatları ve kuyu yerlerini gösterir harita…...……193
Şekil C : Jack-up sistem tasarımı..……...195
Şekil D : Semisub sistem tasarımı……..…….197
Şekil E : MariNAV genel akış şeması……...……...199

AÇIK DENİZ PLATFORMLARININ KONUMLANDIRILMASI İÇİN KONUM BELİRLEME SİSTEMLERİNİN ENTEGRASYONU

ÖZET

Petrol ve doğal gaz (hidrokarbon), dünyadaki gelişmişlik, ekonomi, sanayileşme, refah düzeyi, teknoloji, siyasi istikrar ve politika gibi kavramlarla iç içe geçmiş ve günümüz dünyasında, birincil enerji kaynağı olarak peşinden koşulan stratejik bir madde haline gelmiştir. Teknolojideki ilerlemelere bakıldığında, itici gücün ya askeri araştırmalardan ya da petrol sektöründeki araştırma geliştirme çalışmalarından kaynaklandığı görülmektedir. 21. Yüzyıla girerken birçok gelişmiş ülkede petrol/doğal gazdan enerji elde edilmesinin, özellikle de taşıtlarda kullanımının çok çeşitli alternatifleri araştırılmaktadır; ancak petrokimya sektörü için alternatiflerin bulunması oldukça zordur.

Türkiye'ye özellikle güneydoğuda komşu olan ülkelerde önemli miktarlarda rezervi bulunan ve görece daha zahmetsiz yöntemlerle üretilen petrol/doğal gaz, jeolojik yapının tektonik hareketler nedeniyle çoğu bölgede son derece faylanmış bir durumda olmasından dolayı ülkemizde önemli miktarlarda bulunmamaktadır; bu nedenle ülkemiz bir "petrol" ülkesi değildir. Türkiye, günlük petrol ihtiyacının ancak %10 kadarını üretebilmekte, geri kalan %90'ını ise ithal etmektedir. Son yıllarda tüm dünyada petrol ve doğal gaz endüstrisi, arama çalışmalarında kara alanlarındaki faaliyetlerin yanında, denizlere yönelmektedir. Türkiye de karalarda büyük rezerv keşifleri bulunmadığından, özellikle 2000'li yılların başında Karadeniz'de Akçakoca açıklarında açılan deniz kuyusundaki doğal gaz keşfinden sonra, çevresindeki denizlerde petrol/doğal gaz arama faaliyetlerini yoğunlaştırmıştır. Çevremizde, başta Karadeniz Havzası ve Akdeniz olmak üzere denizlerde arama çalışmaları sürmekte, açık deniz platformları kuyular açmaya devam etmektedir; bu konunun güncelliğini ve önemini uzunca bir süre koruyacağı da açıkça görülmektedir.

Denizlerde petrol/doğal gaz arama çalışmaları çok aşamalı ve oldukça maliyetli çalışmalardır. Sondaj, artık bu çalışmaların somut sonuçlar verdiği, deniz tabanının altına dair net bilgiler veren bir işlemdir. Deniz alanlarında petrol/doğal gaz arama kuyusu açmak için, sığ sularda jack-up, derin sularda ise semi-submersible veya drillship türü açık deniz sondaj platformları kullanılmaktadır. Kullanılacak bu platformların başka bir kuyu yerinden ya da beklediği bir limandan, hedef kuyu konumuna (deniz yüzeyinde) kendi gücüyle veya çekici römorkörler aracılığıyla doğru olarak getirilmesi ve platformun üzerindeki sondaj kulesi doğrultusunun, açılması planlanan noktaya, belirlenen hassasiyet sınırlarında konumlandırılması gerekmektedir. Denizlerde açılan bir kuyunun maliyetinin sığ deniz kuyuları için onlarca milyon Amerikan Dolarını, derin deniz kuyuları için de birkaç yüz milyon Amerikan Dolarını bulduğu dikkate alındığında, platformun istenen yere taşınması sırasında planlanan rotadan sapması nedeniyle yaşanacak bir gecikme, hem zaman kaybına hem de maliyetlerde artışa neden olacaktır.

Açık denizlerde hidrokarbon arama amaçlı olarak açılacak bir kuyunun konumuna karar verilmesinde, verilerin toplanması, işlenmesi, yorumlanması, yer altı haritalarının çıkarılması, modellemelerin ve yorumların yapılması gibi çalışmalar yapılmakta; çok sayıda bileşen dikkate alınmaktadır. Bir başka deyişle, bir konumda hidrokarbon bulunması için çok sayıda bileşenin (200 kadar bileşen) aynı anda bir arada olması gerekmektedir. Bu nedenle, platformdaki sondaj kulesi orta ekseninin hedeflenen kuyu koordinatlarına, belli bir tolerans sınırı içerisinde oldukça hassas biçimde ve olabildiğince kısa sürede getirilmesi oldukça önemlidir. Benzer şekilde, daha önce açılmış bir kuyu için, geliştirme çalışmaları ya da üretime yönelik çalışmalarda da yine çok hassas biçimde konumlandırma yapılması gerekmektedir. Ayrıca, istenen konuma konumlandırılan semi-submersible ya da drillship türü sondaj platformunun, bulunduğu yerdeki hareketi nedeniyle, sondaj donanımının kuyu delme sırasında belli bir güvenlik alanının dışına çıkması, donanımın zarar görmesine neden olabilmekte ve çalışmanın sağlıklı ilerlemesini engellemektedir. Bu hareketin, belirlenen sınırlar içerisinde tutulabilmesi için, gerçek zamanlı sağlıklı konum bilgisine gereksinim vardır. Ülkemizde bu çalışmaları gerçekleştirecek teknolojik donanım, yazılım ve teknik personelin bulunmadığı, bu nedenle halen bu hizmetlerin bu konuda faaliyet gösteren yabancı firmalardan temin edildiği tespit edilmiştir.

Denizlerde yapılan tüm ölçmeler ve diğer çalışmalar genellikle konum bilgilerini temel aldığından, denizlerde konum belirleme çok önemli bir görevdir. Konum belirlemede oluşabilecek bir hata, yüksek maliyetli olan hidrokarbon arama çalışmalarını geçersiz kılabilecektir. Genel olarak denizlerde konumlandırma çalışmalarında, biri temel sistem diğeri yedek sistem olmak üzere en az iki konum belirleme sistemi kullanılmaktadır. Son yıllarda DGPS, global olması sayesinde ve sağladığı doğruluk nedeniyle, geleneksel konum belirleme sistemlerinin yerini almış ve neredeyse tüm uygulamalarda birincil sistem olarak kullanılmaya başlamıştır. Buna rağmen, bazı durumlarda DGPS yeterli doğruluğu sağlayamayabilir ya da hiç konum belirleyemeyebilir ya da GPS'nin kullanımı kısıtlanabilir. Tek başına uydu tabanlı bir sistem olan GPS'ye bağımlı olmak olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bunun yanında, ölçü ve konum belirleme güvenirliği bakımından, fazla ölçü yapmak gerekmektedir. Bu nedenlerle, denizlerde yapılan konum belirleme çalışmalarında diğer uydu tabanlı konum belirleme sistemlerinin de (GLONASS ve GALILEO gibi) kullanımı ve farklı ilkeleri temel alan diğer konum belirleme sistemleriyle (yersel radyo bazlı sistemler, ilave sensörler gibi) entegrasyon sağlanması oldukça önem kazanmaktadır. Dinamik bir çevrede özellikle DGNSS ve gyropusula iyi bir entegrasyon sağlamaktadır.

Tez çalışmasının amacı, denizlerde petrol/doğal gaz arama kuyusu açmak için kullanılan platformların, bir konumdan diğerine taşınması sırasında navigasyonunu ve öngörülen kuyu hedefine konumlandırılmasını sağlayacak ve bu platformun konumunun, konumlandırıldığı mekânlarda istenen sınırlar içerisinde kontrol altında tutulabilmesi için kuyu açma çalışmaları sırasında anlık olarak izlenmesine olanak verecek bir konumlandırma ve izleme sisteminin (alet, donanım ve yazılım sisteminin) geliştirilmesidir. Ülkemizde bu konuda ilk kez araştırmaların gerçekleştirileceği bu çalışma sonucunda sözü edilen konulardaki dışa bağımlılığın ortadan kaldırılması, bu hizmetlerin ithal edilmesinin önüne geçilmesi ve bu gibi becerilerin ülkemize kazandırılması hedeflenmektedir.

Tez çalışması kapsamında platformun sondaj kulesinin anlık olarak konumunun belirlenmesinde, kullanılabilir global uydu sistemleri olan GPS ve GLONASS ile yakında kullanılabilir hale gelecek olan GALILEO sistemlerinden konum verilerini alma özelliklerine sahip çift frekanslı GNSS alıcılarının kullanımı öngörülmüş, bunların yanında platformun azimutunun anlık olarak belirlenmesi için de gyropusula sensörü, donanımlara dâhil edilmiştir. Araştırmalarda özellikle, elektronik bileşenlerin uyumlu bir biçimde entegrasyonu, GNSS alıcılarıyla yapılacak konum ölçmeleri için farklı yöntemlerle (DGNSS, RTK) ve farklı kaynaklardan (uydu, yer istasyonu, ağ gibi) farklı araçlarla (GSM modem, radyo modem, internet) düzeltme verilerinin anlık olarak alınmasına yönelik çalışmalar yapılması ve deniz aracını istenen konuma getirme konusunda kontrol ve görsel bir arayüz sağlayacak konumlandırma yazılımının geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu çerçevede, denizlerde konum belirleme çalışmaları ve mevcut konumlandırma sistemleri incelenmiş ve yeterlilikleri belirlenerek, geliştirilebilecek yönlerinin ortaya konması sağlanmıştır. Gerçek zamanlı konumların yüksek doğrulukla elde edilebilmesi için düzeltme verilerinin alınacağı kaynaklar ve iletim araçları araştırılmış ve çalışma yapılacak bölgede kullanılabilecek bir referans istasyonu oluşturulmuştur. Bileşenlerin entegrasyonunu sağlayacak bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiş, matematik ve geometrik bağıntılar ortaya konmuştur. Konumlandırma sisteminin en önemli bileşenlerinden biri olan konumlandırma yazılımı için akış şemaları çıkarılmış ve MariNAV konumlandırma yazılımı geliştirilmiştir. MariNAV konumlandırma yazılımı, GNSS alıcılarından seri ara birim aracılığıyla bilgisayara gelen NMEA cümlelerinden konum verilerini ayrıştırıp, gerekli işlemleri (dönüşümler vb.) yaparak platformdaki sondaj kulesi orta ekseninin koordinatlarını anlık olarak hesaplamakta ve bu değerlere bağlı olarak platformu grafik bir arayüzde Mekânsal/Coğrafi Bilgi Sistemi yaklaşımıyla, dünya üzerindeki konumuna göre görselleştirmekte, platformun konumunun kontrol edilmesini ve yönlendirilmesini sağlamakta ve elde edilen bilgileri veritabanında saklayarak daha sonra sorgulanmasına ve analiz edilmesine imkân vermektedir. Tez çalışması kapsamında son olarak, konumlandırma sisteminin testleri gerçekleştirilmiş, sistemin yetenekleri ve gelecekte üzerinde çalışılması gereken noktalar ortaya konmuş ve çalışmanın sonuçları ile birlikte ileride yapılacak çalışmalar için öneriler verilmiştir. Bu çalışma ile geliştirilen konumlandırma sisteminin açık denizlerde petrol/doğal gaz arama çalışmalarının yoğunlaştığı çevre denizlerdeki tüm çalışmalarda hizmet vermesi beklenmektedir. Ayrıca bu sistem sadece açık denizlerde petrol/doğal gaz arama çalışmalarında değil, denizlerde ve karalarda gerçek zamanlı konumlandırmaya gereksinim duyulan herhangi bir çalışmaya da uyarlanarak kullanılabilecektir.

POSITIONING SYSTEMS INTEGRATION FOR LOCATING OFFSHORE PLATFORMS

SUMMARY

Crude oil and natural gas (hydrocarbon) have been collectively termed with the development of the world, economy, industry, wealth level, technology and political stability and strategically become a primary energy source in today's world. If we have look at the proceedings of technology, it can easily be understood that driving force is coming from the Research and Development (R&D) studies in either military researches or research activities in petroleum industry. At the beginning of the 21th century, there have been research activities carried by most of the developed countries which has focused to find alternatives for energy which is produced from petroleum products, especially usage for vehicles, but finding alternatives for petrochemical industry is nearly impossible. In Turkey, there are not petroleum/natural gas reserves abundant which are plenty of and produced relatively easier methods in the neighboring countries, especially southeastern neighbours, because of the faulty nature of geological structure caused by tectonic movements in most of the regions of the country. So, our country is not a "petroleum" country. Petroleum production of Turkey can only meet %10 of the required amount, the rest is being imported. In last years, petroleum industry turns to offshore besides land areas for exploration activities. Because there are not important petroleum/natural gas reserve discoveries in the land areas, Turkey has been focused exploration activities as well in surrounding offshore areas, especially after the discovery of natural gas offshore of Akçakoca-in Black Sea in the beginning of 2000s. In our region, there have been exploration activities in offshore areas, especially in Black Sea Basin and Mediterranean Sea, and offshore drilling rigs have continued to drill exploration wells. It is obvious that this topic will keep hot for a long time in the next future.

Petroleum exploration activities in offshore environments are costly and have a lot of stages. Drilling is a stage which gives concrete results and information about sub-bottom of the sea areas. In order to drill exploration wells in offshore areas, jack-up rig is used in shallow waters while semi-submersibles or drillships are used in deep/ultra deep waters. For the wells that are planned to drill in the offshore sea areas, petroleum platforms must be transported from another well location that was drilled before or from a port in which the platform stays to new well location whose coordinates are predefined. Carrying this platform (this process is called Rig Moving) to this location by its own engine or by trailer vehicles and locating the axis direction of the drilling rig of the platform to predefined targeted well (on sea surface) precisely staying inside of positioning tolerance are fundamental parts of whole study. Cost of a well drilled in shallow waters is generally a number of ten million dollars while a number of hundred million dollars in deep/ultra deep waters. Thus, even a small deviation from the planned route of the platform may delay whole study and cause extra costs.

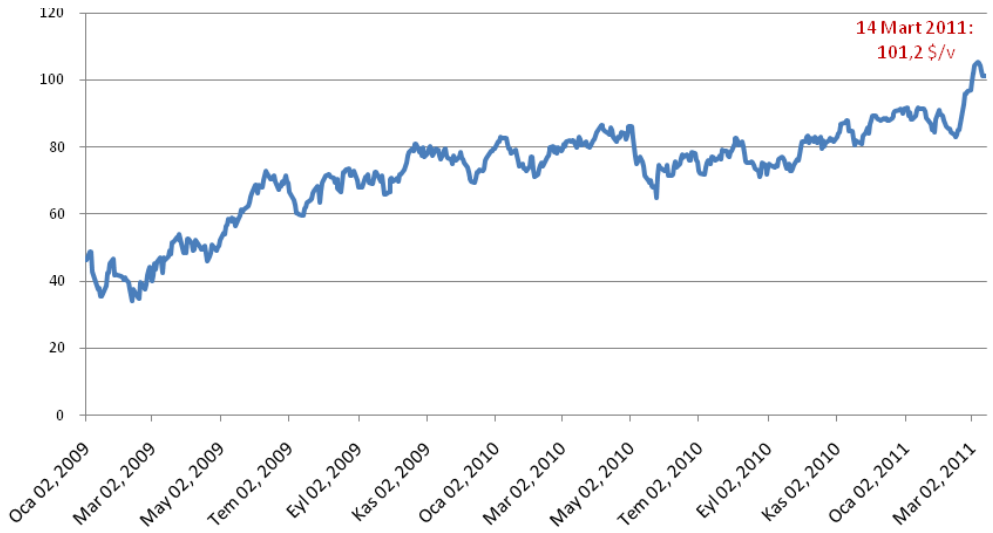
Positions of points which are decided to drill exploration wells in offshore areas are defined according to some studies, such as geophysics seismic data acquisition, data processing, geophysics seismic interpretation, mapping and modeling; moreover, a lot of factors are taken into consideration. In another words, there should be nearly 200 factors together at the same time for existence of petroleum in a location. Therefore, positioning the platform's 'rotary table' precisely and asap to predefined targeted well coordinates staying inside of positioning tolerance is very important. Similarly, precise positioning is also necessary for development studies or production activities for previously drilled wells. In addition, if the axis of the drilling rig's 'rotary table' passes over the security circle limits during drilling because of the movements of semi-submersible or drillship platform that is conveyed to planned well location, the equipment may be injured and this situation may prevent whole study to proceed. Correct real time positioning (dynamic positioning) data is necessary in order to keep these movements in predefined limits. In Turkey there are no dedicated technological equipment, software and technical staff for such studies and it is determined that this services have still been done by experienced foreign companies.

Positioning in offshore environments is very important task because all measurements and other activities in the sea are generally based on location, namely the coordinates. Even a small error encountered in positioning may make invalid expensive hydrocarbon exploration activities in offshore. Generally, there are at least two positioning systems in positioning activities in offshore environments: one is basic while another one is spare. In recent years, DGPS has replaced the traditional positioning systems and it has been used as primary system nearly for all applications, because it is worldwide and provides high accuracy. Nevertheless, sometimes DGPS may not provide required accuracy or cannot determine positions at all or even usage of the GPS may be restricted. Relying on only GPS is unfavourable. Moreover, with regard to the geodesy philosophy that requires measurement and positioning confidence, spare measurements are necessary. Therefore, using another global satellite based positioning systems (e.g. GLONASS and GALILEO) as well and integration with positioning systems which are based on different principles (radio based territorial systems, additional sensors etc.) are significant in offshore. In a dynamic environment, such as sea, especially DGNSS and gyrocompass provide a good integration. The main aim of this thesis is to develop a positioning and monitoring system (a tool, equipment and a software system that provides integration of positioning systems) which will direct the navigation of petroleum platforms which are used to drill petroleum/natural gas exploration wells while they transport between two locations and position them onto the targeted well locations. This system will also provide users to control platforms in desired areas and to track them dynamically during drilling where they are located on. When this study which is the first attempt in this area reaches its target, removing the dependency to foreign companies which focus on these specific areas, preventing to spend a lot of money which is paid to foreign companies, and making our country to gain such skills are expected.

In the scope of this study, it is anticipated to use three dual frequency GNSS receivers compatible with GPS and GLONASS and GALILEO for determining real time positions of the 'rotary table' of the rig's drilling string. In addition, a gyrocompass sensor is included into equipment in order to measure real time azimuth of the platform. Within the research activities, especially it is targeted to carry out studies for compatible integration of the electronic equipment and obtaining real time corrections for positioning measurements which can be acquired by different methods (e.g. DGNSS, RTK) and different devices (e.g. GSM modem, radio modem, internet) from different sources (e.g. satellite, base station, network) and finally to develop a positioning software. In this context, previous positioning studies in offshore and available rig positioning systems were reviewed and determined their adequacy. After that, deficiencies which may be improved were defined. Sources and communication means for correction data for acquiring real time positions precisely were investigated and a reference station was set up which can be used in study areas. A system design which ensures integration of the components was realized and mathematical and geometric formulas were provided. Flowcharts for positioning software which is the most important element of the positioning system were prepared and MariNAV positioning software was developed. MariNAV positioning software extracts coordinate and azimuth values from NMEA sentences which come from GNSS and gyrocompass sensors respectively to the computer and calculates the coordinates of the rig's 'rotary table' in real time. MariNAV also visualizes the platform's position on the earth in a GUI (Graphical User Interface) according to Spatial/Geographic Information System approach. Thus, it provides users control over the platform and writing generated information during positioning into the database it also ensures users the possibility to query and analyze the information afterwards. Finally, tests of the system were carried out and capabilities of the system and points which can be studied in the future were determined and in addition to the results of the study, recommendations for future works were given. It is anticipated that the positioning system which was developed within this study will firstly serve for all of the petroleum/natural gas exploration activities which concentrate on the surrounding offshore areas of Turkey. Additionally, this system will not only be used for offshore petroleum/natural gas exploration activities but also it will be able to be used after adaptation for any study which requires real time positioning both in sea or land areas.

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında fosil yakıttan yani petrol/doğal gazdan enerji elde edilmesinin, özellikle de araçlarda kullanımının çok çeşitli alternatifleri araştırılmaktadır. Bu çerçevede, henüz yaygın olarak kullanımda olmasa da yenilenebilir ve çevreye duyarlı enerji kaynakları ön plana çıkmaktadır; ancak yakıt olarak petrol ve türevlerinin kullanılması konusunda bulunan alternatiflerin, petrokimya sektörü için bulunması oldukça zordur. Bu nedenle, 20. yüzyılın başlarında ticari üretime geçişle önemli bir enerji kaynağı haline gelen ve tüm dünyada birincil enerji kaynakları arasında ilk sırada yer alan ham petrolün stratejik konumunu uzun yıllar sürdürmesi beklenmektedir. Tüm dünya üzerinde petrol, uluslararası ilişkilerin belirleyici unsurlarının en önemlilerinden biri olmayı sürdürmektedir. 2010 yılında dünya enerji ihtiyacının %35'ini ham petrol, %23'ünü ise doğal gaz karşılamış; petrol tüketimi 85.4 milyon v/g, doğal gaz talebi ise 3.1 trilyon m^3 olarak gerçekleşmiştir. Kimi ülkeler petrolce zengin alanlara sahipken ve ürettiği petrolü ihraç ederken, kimileri de ihtiyacı olan petrolü ithalat yoluyla karşılamaktadır. Türkiye, günlük petrol/doğal gaz ihtiyacının ancak %10 kadarını üretebilmekte, geri kalan büyük miktarını ise ithalat yoluyla temin etmektedir. Türkiye'nin üretimden sonra kalan hâlihazırdaki kullanılabilir petrol rezervinin 40 milyon ton (290 milyon varil) civarında olduğu ve bunun da yaklaşık 16 aylık tüketimine yeteceği ifade edilmektedir. Benzer şekilde üretimden sonra kalan hâlihazırdaki kullanılabilir doğal gaz rezervinin 6,2 milyar metreküp civarında olduğu ve bunun da yaklaşık 2 aylık tüketimine tekabül ettiği ifade edilmektedir. Petrol fiyatları 2008 yılı içinde varil başına 150 Amerikan Dolarına kadar çıkmış, yılsonunda ise 40 Amerikan Doları seviyesine gerilemiştir. 2009 yılında yaşanan ekonomik krizin etkilerinin azalması ile yükselişe geçen petrol fiyatları 2010 yılında 79,4 $/varil olmuş, Mısır ve Libya'da yaşanan gelişmelerle 2011 yılı Mart ayı ortalaması 101 Amerikan Doları/varilin üzerinde gerçekleşmiştir (Şekil 1.1). Uzun vadede petrol fiyatlarının artış eğilimini sürdürmesi beklenmekte, 2011 yılında İran ve Suudi Arabistan'da yaşanabilecek siyasi istikrarsızlıkların, fiyatları 200 Amerikan Doları/varilin üzerine taşıyabileceği ifade edilmektedir. [1]



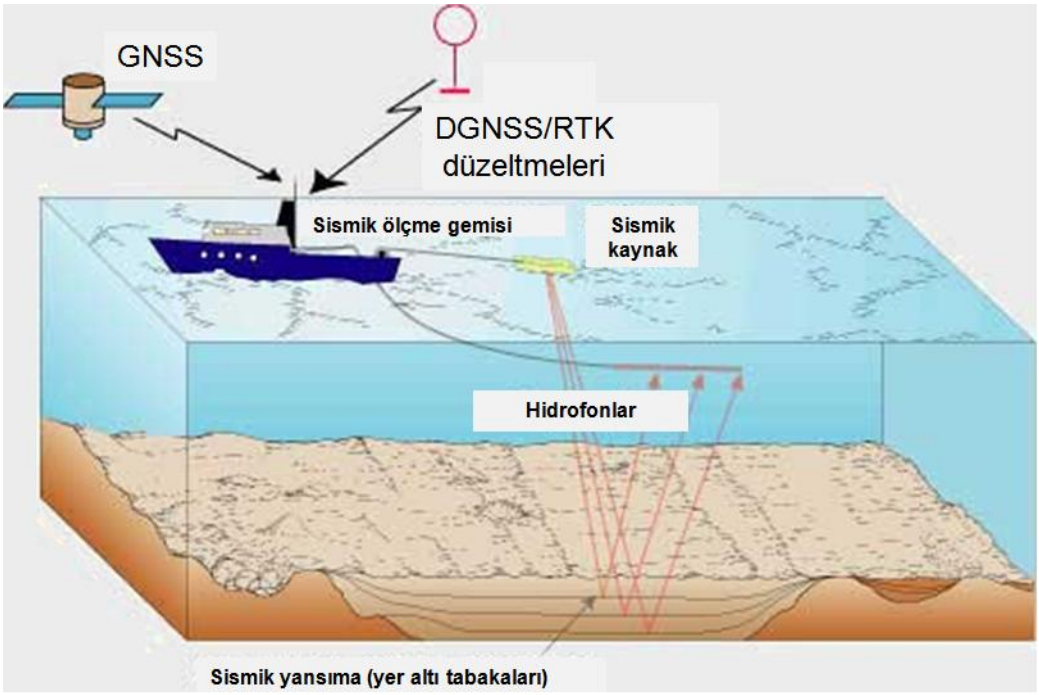
Şekil 1.1 : 2009 – 2011 yılları arası petrol fiyatları [1].

Tüm dünyada petrol ve doğal gaz endüstrisi, arama çalışmalarında kara alanlarındaki faaliyetlerin yanında, denizlere daha çok yönelmektedir. Örneğin, Kuzey Buz Denizi ve Meksika Körfezi gibi bölgeler, yoğun arama/üretim çalışmalarına ev sahipliği yapmakta; dünya çapında 1000 m ve daha derin sularda kazılan 620 derin ve ultra derin deniz (ultra derin deniz, su derinliğinin 2300 m'nin üstünde olduğu anlamına gelmektedir) kuyusunun 218'i Meksika Körfezinde bulunmaktadır [2]. Etrafı denizlerle çevrili bir ülke olmasına rağmen Türkiye'de denizcilik faaliyetleri, özellikle petrol/doğal gaz arama ve üretim anlamında yeterince gelişmiş ve verimli değildir. Son yıllarda yavaş da olsa Türkiye'de denizcilik alanında ilerlemeler olmaktadır. Türkiye, çevresindeki denizlerde petrol/doğal gaz arama faaliyetlerini özellikle 2000'li yılların başından itibaren yoğunlaştırmış ve bu faaliyetleri arttırarak devam ettirmektedir. Türkiye'nin petrol/doğal gaz ihtiyacı ve kara alanlarındaki rezervleri göz önünde bulundurulduğunda, deniz alanlarında yapılacak çalışmalar ayrı bir önem kazanmaktadır.

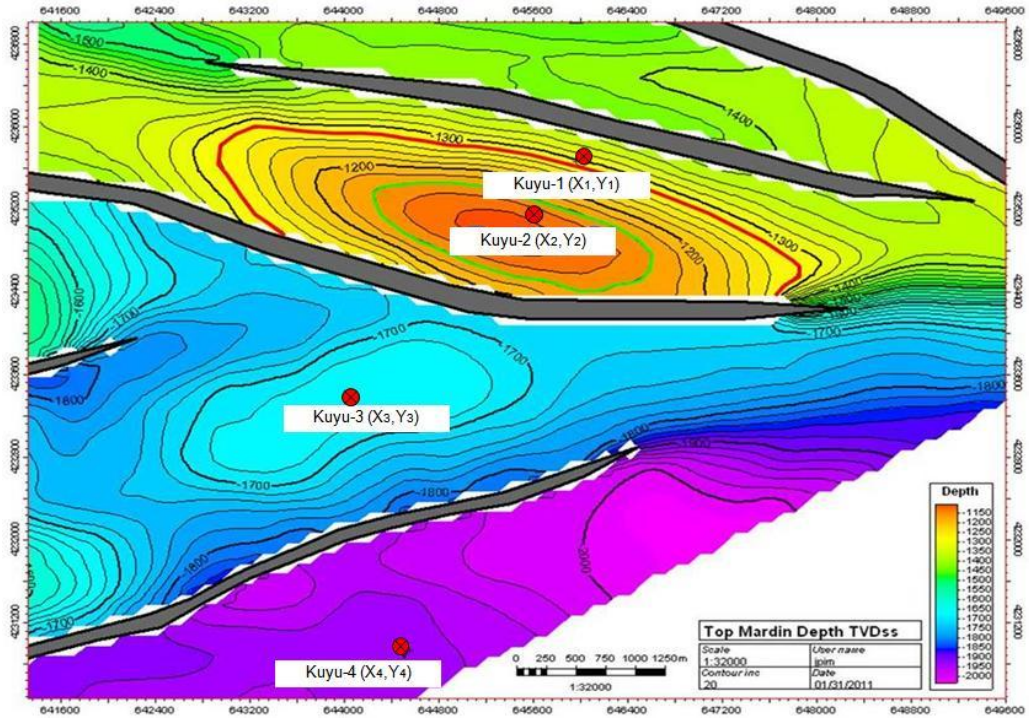
Açık denizlerde sondaj yapılacak kuyuların konumları, jeofizik sismik verilerin ve diğer verilerin toplanması (Şekil 1.2), bu verilerin işlenmesi, yorumlanması, haritaların çıkarılması ve modellemelerin yapılması gibi jeofizik çalışmalara ve bazı jeolojik değerlendirmelere göre belirlenmektedir (Şekil 1.3 ve 1.4).

Deniz alanlarında ruhsat sınırları içerisinde hidrokarbon keşfine yönelik olarak, belirlenen prospektlere (kuyu açılması planlanan yer) yönelik olarak sığ ve derin sularda, öngörülen kuyular açılmaktadır. Açık denizlerde petrol arama kuyusu açmak

için ve diğer geliştirme çalışmaları için geliştirilmiş petrol platformları (offshore platform/rig), bu kuyuları açacak sondaj kulesinin yer aldığı, büyük deniz araçlarıdır.



Şekil 1.2 : Sondaj öncesi arama faaliyetleri: sismik veri toplama.

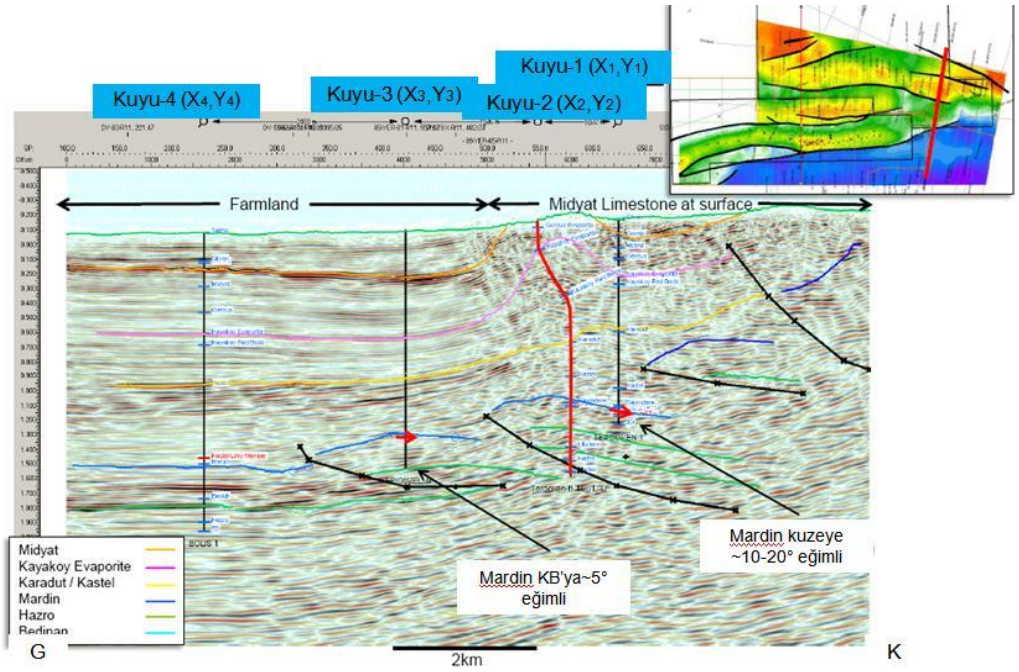


Şekil 1.3 : Rezervuar seviyenin genlik dağılım haritası.

Bu platformların türleri, kuyu açılacak suyun derinliğine ve kullanım alanlarına göre farklılık göstermektedir. Özellikle açık denizlerde yaygın olarak kullanılanları, 'jack-up', 'semi-submersible' ve 'drillship' diye tabir edilen türlerdir. Deniz alanlarında açılması planlanan kuyular için kullanılan bu platformların, açılması planlanan kuyu koordinatlarına göre konumlandırılması gerekmektedir. Denizlerde yapılan hidrokarbon arama faaliyetleri yüksek maliyetli olduğundan, platformların sondaja başlamadan önce olabildiğince kısa sürede, hassas biçimde hedef konuma getirilmesi önemlidir. Konumlandırma tamamlandıktan sonra, sondaj işlemi başlamaktadır. Bazı tür platformların da konumlandırıldıkları mekânlarda izlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer ekonomik bir keşif yapılırsa ve üretim yapılmasına karar verilirse, daha sonra üretim tesislerinin kurulması, deniz tabanı boru hatlarının döşenmesi ve petrol/doğal gazın üretilerek karadaki tesislere aktarılması çalışmalarına başlanmaktadır.

Ülkemizi çevreleyen deniz alanlarında yapılan petrol/doğal gaz arama faaliyetlerinde yerli petrol şirketleri, genellikle deniz sondajında ileri teknolojilere sahip yabancı şirketlerle ortak çalışmalar yapmaktadır. Ancak, deniz alanlarındaki çalışmalarda yeterli bilgi ve becerileri bulunmadığından, ortak çalıştığı şirketlere tabi olmaları ve edilgen bir durumda kalmaları söz konusu olmaktadır. Denizlerde petrol/doğal gaz arama amaçlı faaliyetlerin önemli basamaklarından biri olan konumlandırma ve izleme, asıl işi petrol arama, sondaj ve üretim olan bir petrol şirketi için, dış kaynak kullanımı ile de yaptırılabilecek çalışmalardandır. Örneğin sığ denizde kuyu açacak olan bir platformun konumlandırılmasının maliyeti yaklaşık 40000 Amerikan Doları, derin denizde kuyu açacak olan bir platformunki ise yaklaşık 60000 Amerikan Dolarıdır. Gerek bu konudaki dışa bağımlılığı ortadan kaldırmak, gerekse bu çalışmalar için ödenen çok miktardaki paranın ülkemizde kalması ve bu gibi becerilerin ülkemize kazandırılması için tez konusu olan çalışmaya başlanması planlanmıştır. Söz konusu çalışma, tüm bu teknolojik faaliyetlerden bir tanesi olan platformların konumlandırılması ve izlenmesi için bir sistemin geliştirilmesini sağlamaya yöneliktir. Türkiye'de, kara, deniz ve hava araçlarının uydu tabanlı sistemlerle anlık olarak konumlandırılması ve izlenmesi uygulamaları yapılmaktadır. Bunlardan, denizlerde yapılan uygulamalarda hedeflenen konum doğruluğu birkaç metre düzeyindedir. Özellikle, büyük deniz araçlarının navigasyonunda, birkaç metre yüksek bir doğruluk olarak kabul edilmektedir.

Açık denizlerde konum belirleme ve konumu korumanın karaya nazaran çeşitli zorlukları vardır. Öncelikle açık deniz ortamında, açık deniz platformu dâhil, her şey dinamik bir haldedir. Platform, birçok dış kuvvete maruz kalmaktadır. 5 – 10 metre gibi, kara alanlarındaki jeodezik doğruluk hedefleriyle pek uyuşmayan konumlandırma doğruluk hedeflerinin konmasının altında, başta deniz ortamının dinamik yapısı, çevresel koşullar ve deniz tabanının olası farklı koşulları gibi nedenler bulunmaktadır. Ancak, platformdaki sondaj kulesi ekseninin öngörülen kuyu yerine olabildiğince hassas bir biçimde konumlandırılması çok önemlidir; çünkü kuyu konumu, deniz tabanının altındaki katmanların jeolojik ve jeofizik değerlendirmeleri dikkate alınarak nokta olarak belirlenmektedir ve hidrokarbonun hedeflenen konumda bulunması için çok sayıda kriterin (yaklaşık 200 kadar bileşen) aynı anda bir arada bulunması gerekmektedir (Şekil 1.2, 1.3 ve 1.4). Ayrıca, denizde açılan bir kuyuda ilerleyen zamanlarda yeniden ve belki de yönlü sondaj yapılmasına ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu nedenle, denizde açılacak kuyu yerine platformun konumlandırılması için beklenen doğruluk metre-altı hatta desimetre-altı düzeydedir.



Şekil 1.4 : Sismik yorumlar ve kuyu doğrultuları.

Denizlerde yapılan tüm ölçmeler ve diğer çalışmalar genellikle konum bilgilerini temel aldığından, denizlerde konum belirleme çok önemli bir görevdir. Konum belirlemede oluşabilecek bir hata, yüksek maliyetli olan bu çalışmaları geçersiz kılabilecektir. Genel olarak konumlandırma çalışmalarında, biri temel sistem diğeri

yedek sistem olmak üzere en az iki konum belirleme sistemi bulunmaktadır. Son yıllarda DGPS (Differential Global Positioning System), global olması sayesinde ve sağladığı doğruluk nedeniyle, geleneksel konum belirleme sistemlerinin yerini almış ve neredeyse tüm uygulamalarda birincil sistem olarak kullanılmaya başlamıştır. Buna rağmen, bazı durumlarda DGPS yeterli doğruluğu sağlayamayabilir veya hiç konum belirleyemeyebilir ya da GPS'nin (Global Positioning System) kullanımı kısıtlanabilir. Tek başına uydu tabanlı bir sistem olan GPS'ye bağımlı olmak olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bunun yanında, ölçü ve konum belirleme güvenirliği bakımından, fazla ölçü yapmak gerekmektedir. [3] Bu nedenlerle, denizlerde yapılan konum belirleme çalışmalarında diğer uydu tabanlı konum belirleme sistemlerinin de (Global Orbiting Navigation Satellite System-GLONASS ve GALILEO gibi) kullanımı ve farklı ilkeleri temel alan diğer konum belirleme sistemleriyle (yersel radyo bazlı sistemler, ilave sensörler gibi) entegrasyon sağlanması oldukça önem kazanmaktadır. Dinamik bir çevrede özellikle DGNSS (Differential Global Navigation Satellite Systems)+Gyropusula, iyi bir entegrasyon sağlamaktadır [3].

Tez çalışmasının amacı, açık denizlerde petrol/doğal gaz arama kuyusu açmak için kullanılan platformların, bulunduğu bir konumdan öngörülen kuyu koordinatlarına göre taşınarak navigasyonunu ve konumlandırılmasını sağlayacak ve bu platformun konumunun, konumlandırıldığı mekânlarda istenen sınırlar içerisinde kontrol altında tutulabilmesi için kuyu açma çalışmaları sırasında anlık olarak izlenmesine olanak verecek bir konumlandırma ve izleme sisteminin (alet, donanım ve yazılım sisteminin) geliştirilmesidir. Çalışma kapsamında öncelikle konumlandırmaya konsantre olunmuş; bununla beraber bunu takip eden süreç izleme olduğundan, tezde her iki konu konsept olarak birlikte ele alınmıştır. Gelecekteki çalışmalarda konumlandırma bileşeninin iyileştirilmeye devam edilmesinin yanında, özellikle izleme konusuna odaklanılması yararlı olacaktır. Bu sistemdeki donanım bileşenleri (Global Navigation Satellite Systems-GNSS alıcıları, diğer yardımcı sensör ve bileşenler), deniz aracının anlık konumunun belirlenmesi için kullanılacak verileri kesintisiz olarak kaynağından alacak ve konumlandırma yazılımına iletecek; yazılım da bu verileri kullanarak platformun anlık koordinatlarını hesaplayacak ve gerektiğinde aracın hareketinin kontrolü için kullanıcılara yönlendirmeler sağlayacaktır. Bu çalışmalar halen, gelişmiş ülkelerin konumlandırma hizmeti sağlayan firmalarınca yapılmakta; ülkemizdeki petrol arama şirketleri de gereksinim

duydukları bu hizmetleri, bu firmalardan yüksek miktarda paralar ödeyerek tedarik etmektedir. Dünyada kullanılan çeşitli sistemler bulunsa da, ülkemizde platform konumlandırma ve izleme ile ilgili henüz bir araştırma yapılmadığı ve bahsedilen gereksinimleri sağlayan bir konumlandırma sisteminin bulunmadığı anlaşılmıştır. Doktora tez çalışması ile ülkemizde bu konuda ilk kez araştırmalar gerçekleştirilecek, bu sayede mevcut olmayan becerilerin geliştirilmesi sağlanacak ve bu hizmetlerin ithal edilmesinin zamanla önüne geçilerek kaynakların ülke içinde kalması yönünde bir adım atılmış olacaktır.

Çalışma kapsamında özellikle, elektronik bileşenlerin uyumlu bir biçimde entegrasyonu, GNSS cihazlarıyla yapılacak ölçmeleri iyileştirmek için farklı yöntemlerle (DGNSS, Real-Time Kinematic-RTK), çeşitli kaynaklardan (uydu, yer istasyonu/ağı), farklı araçlarla (Global System for Mobile Communication-GSM modem, radyo modem, internet) düzeltme değerlerinin anlık olarak alınmasına yönelik çalışmalar ve deniz aracını istenen konuma getirme konusunda kontrol ve görsel bir arayüz sağlayacak konumlandırma yazılımının geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Geliştirilmesi hedeflenen sistemin tasarım, üretim ve test aşamalarında, uygulamada yaşanan problemlerin çözümü için gerekli araştırmalar yapılarak üretilecek sistemin benzerlerinden daha gelişmiş, kullanımı kolay entegre bir sistem olmasının sağlanması planlanmaktadır.

Doktora tez çalışması ile geliştirilecek sistemin gerçek hayatta da uygulanabilecek bir ürüne dönüşmesi ve üretilecek bilimsel bilginin bu amaçla kullanımı için tez çalışması bir proje haline getirilmiş ve Sistem A.Ş. firmasının da desteğiyle, Ar-Ge çalışmalarında üniversite-sanayi işbirliğinin arttırılması için hibe destek sağlayan T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü'nün yürüttüğü SANTEZ (Sanayi Tezleri) programına proje başvurusunda bulunulmuştur. SANTEZ programı, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü'nce, üniversite-sanayi (özel sektör) işbirliğinin kurumsallaştırılması, ülkemize katma değer yaratacak ve uluslararası pazarlardaki rekabet gücünün artırılmasına katkı sağlayacak yeni ürün ve/veya üretim yöntemi geliştirilmesi, mevcut üründe ve/veya üretim yönteminde yenilik yapılması amacıyla sanayinin ihtiyaçları doğrultusunda belirlenecek yüksek lisans ve/veya doktora tez çalışmalarının desteklenmesi amacıyla yürütülen bir hibe destek programıdır. [4] Bakanlığın yaptığı değerlendirmelerden sonra, proje konusunun bir sanayi ürününe

dönüşecek nitelikte olduğu tespit edilmiş ve bu sayede proje bütçesinin %75'i Bakanlıkça desteklenmiştir. Bu sayede, çalışma kapsamında gereksinim duyulacak bileşenlerin temini için de gerekli kaynak sağlanmıştır. Çalışmanın özel sektör-üniversite işbirliğinde yürütülmesi, sonuçta üretilecek ürünün ve bilginin, gerçek hayatta katma değerli hizmetler sunmasına katkı sağlayacaktır.

Tez çalışması kapsamında özetle aşağıdaki çalışmalar gerçekleştirilmiştir:

1. Denizlerde yapılan çalışmalarda kullanılan araçların ve konum belirleme çalışmalarının incelenmesi ve denizlerde konumlandırma işlemindeki gereksinimlerin ortaya konması
2. Mevcut konumlandırma sistemlerinin incelenmesi, yeterliliklerinin ve geliştirilebilecek yönlerinin ortaya konması
3. Hassas global konum belirleme için düzeltme verilerinin alınmasında kullanılan kaynaklar ve veri iletiminde yararlanılan araçlar
4. Konumlandırma sistem bileşenlerinin entegrasyonu
5. Konumlandırma yazılımının geliştirilmesi
6. Konumlandırma sisteminin testi.

Tez içeriğinin organizasyonu ve bölümlere ilişkin özet bilgiler aşağıda verilmektedir.

Tez, 7 bölümden ve 5 ekten oluşmaktadır. İlk bölüm, tez konusu çalışmanın uygulama alanlarının ortaya konduğu, kullanılan benzer sistemlere ilişkin genel bilgilerin verildiği ve tez konusu çalışmaya duyulan gereksinimin vurgulandığı ve ayrıca tezdeki her bir bölümün genel çerçevesinin yer aldığı giriş bölümüdür. İkinci bölümde, Türkiye'nin petrol potansiyeli ve çevre denizlerde yapılan hidrokarbon arama çalışmaları anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde, konum belirleme, açık denizlerde konum belirleme gereksinimi ve konum belirlemede kullanılan sistemler ve bunların çalışma prensipleri genel olarak verilmektedir. Bu bölümde ayrıca, açık denizlerde petrol arama faaliyetlerinde kullanılan platformlar ve bunların türleri ve özellikleri açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde, petrol platformlarının konumlandırılması ve izlenmesinde kullanılan sistemler ile bunların bileşenleri ve verimlilikleri incelenmiştir. Beşinci bölümde, tez çalışması kapsamında tasarlanan konumlandırma sisteminin yapısı anlatılmış, kullanılan matematiksel temele yer verilmiş ve geliştirilen konumlandırma/navigasyon yazılımının geliştirilme süreci anlatılmıştır. Altıncı bölümde, katılım sağlanan denizlerde yapılmış konumlandırma

uygulamaları ve edinilen tecrübeler aktarılmış, elde edilen gerçek verilerle yapılan testler ve sonuçları verilmiştir. Son bölüm olan yedinci bölümde ise, sonuçlar ve daha sonraki çalışmalar için öneriler verilmiştir. Bu çalışmanın gelecekte, özellikle denizlerde konuma dayalı olarak yapılan diğer çalışmaların da ülkemiz kuruluşları tarafından gerçekleştirilmesine ve yeni projeler başlatılmasına öncülük etmesi temenni edilmektedir.

2. TÜRKİYE'NİN PETROL POTANSİYELİ VE ARAMA FAALİYETLERİ

2.1 Türkiye'nin Jeolojik Durumu ve Petrol Potansiyeli

Türkiye, coğrafi durumu itibariyle petrol zengini Ortadoğu ülkelerine çok yakın bir konumda bulunmaktadır. Bu konum ilk bakışta, ülkemizde de zengin petrol ve gaz yatakları olması gerektiğini düşündürmektedir. Ancak coğrafi yakınlığına karşın, Türkiye'nin büyük bir bölümünün Alp-Himalaya Dağ Kuşağı üzerinde bulunması nedeniyle ülkemizin jeolojik durumu komşularımızdan çok farklıdır. Şöyle ki, bu kuşak, jeolojik geçmişi boyunca birçok kez deformasyona uğramış ve olabilecek petrol yatakları büyük ölçüde tahrip olmuştur. Dikkat edilirse, Avrupa ortalarından Güneydoğu Asya'ya kadar uzanan bu kuşak üzerinde önemli sayılabilecek petrol sahaları yoktur. Arap Yarımadası ile Irak ve İran'daki büyük petrol sahaları ise Alp-Himalaya Dağ Kuşağı dışında kalan alanlarda bulunmaktadır. Ülkemizdeki petrol üretiminin tamamına yakını Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nden sağlanmaktadır. Bu bölgemiz Alp-Himalaya Dağ Kuşağı'nın hemen güneyinde bulunmakla birlikte onun dışında kalır ve jeolojik olarak Arap Levhası'na dâhildir. Ancak bu bölgemiz dahi, jeolojik olarak, Arap Yarımadası'na bire bir benzemez ve o yüzden bizdeki petrol sahaları çok daha küçüktür. Ülkemizin jeolojik yapısı söz konusu ülkelere göre daha farklı ve karmaşık olup, fazla miktarda kırılmalara uğramıştır. Komşu ülkelerde petrol üretimi yapılan formasyonların önemli bir bölümü veya benzerleri Güneydoğu Anadolu bölgemizde de yer almaktadır. Ancak bu formasyonlar çoğu yerde yeraltında değil yüzeyde yer almaları sebebiyle atmosferik ve meteorolojik koşullara açık durumda bulunduklarından hidrokarbon depolanması yönünden elverişli değildirler. Bu durum petrol potansiyelimizi olumsuz etkilemiş olup, keşfedilen küçük ölçekteki petrol sahaları ise kısa bir üretim safhasını takiben hemen suya dönüşebilmektedir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki yeni ve daha derin rezervlerin arama çalışmaları devam etmektedir. Bunun dışında, diğer bölgelerimizde ve Alp tektonizması sonrası gelişmiş genç havzalardaki arama çalışmaları da sürdürülmektedir. Ülkemizin gerek karmaşık, çok kıvrımlı ve kırıklı jeolojik durumu, gerekse petrol ihtiva edebilecek

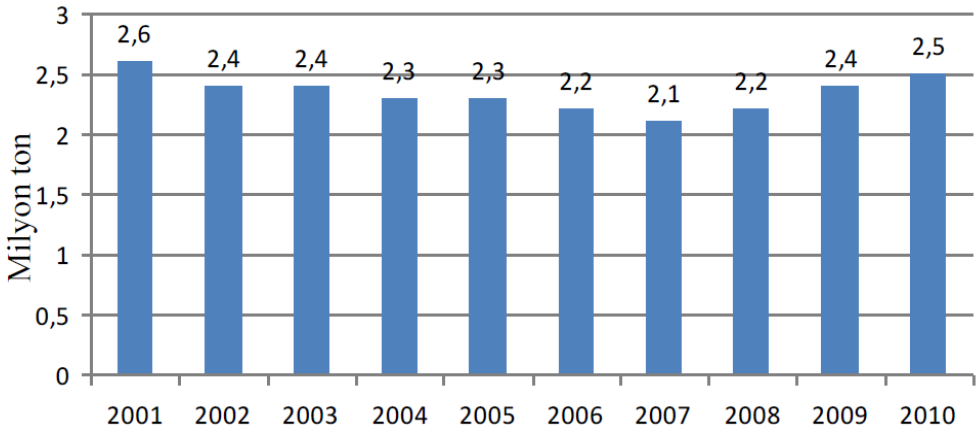
sedimanter basenlerin çokluğu göz önüne alındığında, arama faaliyetlerinin çok düşük düzeyde olduğu açıktır. Bugüne kadar yapılan faaliyetlerin büyük kısmı Güneydoğu Anadolu ve Trakya bölgelerinde yoğunlaşmış, Batı Karadeniz, Tuz Gölü ve Adana bölgelerinde yapılan çalışmalar ise bu bölgelerin hidrokarbon imkânları hakkında kesin sonuçlar elde etmeye yetmemiştir. Türkiye'de diğer basenlerde yapılan çalışmalar ise yok denecek derecede azdır veya hiç yoktur. Diğer taraftan kara alanlarına göre oldukça pahalı yatırımlar gerektirmesi sebebiyle önceki yıllarda sınırlı sayıda sondaj çalışmaları yapılabilen denizlerimizde, özellikle Karadeniz'de önemli rezervler olabileceği düşünülmektedir. [5]

2.2 Türkiye ve Çevre Denizlerde Yapılan Hidrokarbon Arama Çalışmaları

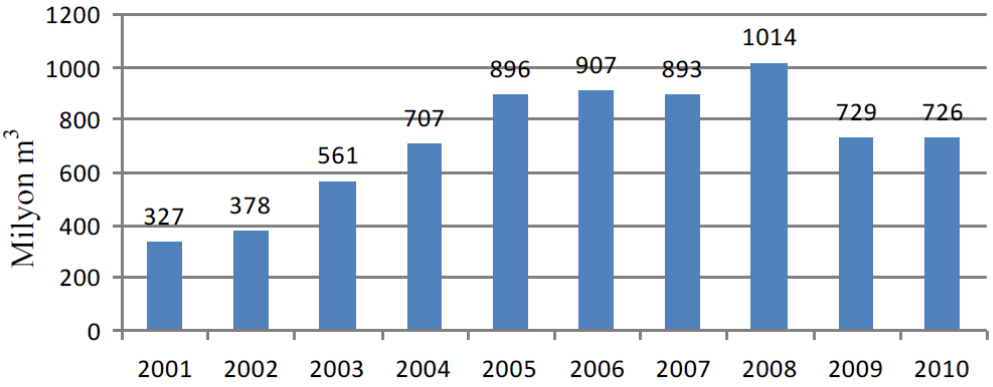
Petrol ve doğal gaz, dünyadaki gelişmişlik, ekonomi, sanayileşme, refah düzeyi, teknoloji, siyasi istikrar ve politika gibi kavramlarla iç içe geçmiş ve günümüz dünyasında, birincil enerji kaynağı olarak kullanılan stratejik bir madde haline gelmiştir. Türkiye'nin günlük petrol ihtiyacı 500 – 600 bin varil, üretimi ise 70 – 80 bin varil civarındadır. 2010 yılında Türkiye'nin petrol üretimi toplam 2.5 milyon ton, doğal gaz üretimi ise 726 milyon m^3 tür (Şekil 2.1 ve Şekil 2.2). 2010 yılı sonu itibariyle kalan üretilebilir yurtiçi toplam petrol rezervimiz 291.5 milyon varil olup, yeni keşifler yapılmadığı takdirde, bugünkü üretim seviyesi ile yurtiçi toplam ham petrol rezervlerimizin 17.3 yıllık bir ömrü bulunmaktadır. 2009 yılı sonu itibariyle kalan üretilebilir yurtiçi toplam doğal gaz rezervimiz ise 6.2 milyar m^3 tür. Yeni keşifler yapılmadığı takdirde, bugünkü üretim seviyesi ile yurtiçi doğal gaz rezervlerimizin de 8.6 yıllık bir ömrü bulunmaktadır.

Ülkemizin, 2023 yılına kadar petrol ve doğal gaz ithaline ödeyeceği toplam faturanın, yaklaşık 500 milyar Amerikan Doları civarında olacağı öngörülmektedir. Sadece bu rakamın büyüklüğü bile arama ve üretim çalışmalarının aksamadan ve arttırılarak sürdürülmesi için yeterli bir nedendir. [1,6]. Türkiye'de arama ve üretime 2009'da 716 milyon Amerikan Doları yatırım yapıldığı, 2010 yılında ise bu rakamın 1.3 milyar Amerikan Dolarını bulduğu ifade edilmektedir.

PİGM (Petrol İşleri Genel Müdürlüğü) verilerine göre Türkiye'de 48 petrol şirketi faaliyet göstermektedir. Bunlardan 6 adet yerli ve yabancı firmanın çevre denizlerimizde ve Marmara'da arama ruhsatı bulunmaktadır. Ayrıca, hidrokarbon aramak için büyük firmalarla uluslararası ortaklıklar kurulmaktadır (EK A) [7].



Şekil 2.1 : Yıllar itibariyle Türkiye hampetrol üretimi [1].



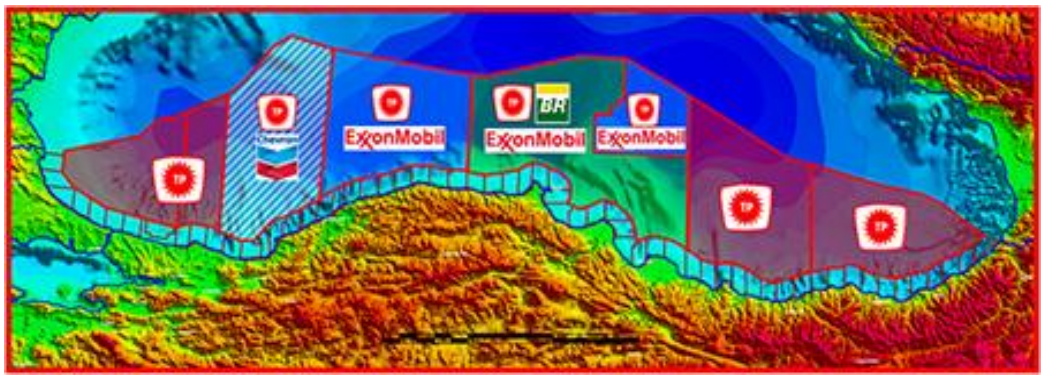
Şekil 2.2 : Yıllar itibariyle Türkiye doğal gaz üretimi [1].

Türkiye'de kara alanlarının %20'si, deniz alanlarının ise henüz %1'i aranmış durumdadır. Bu nedenle Türkiye petrol aramak için bakir ve kârlılık açısından da cazip durumdadır.

Ülkemizde faaliyet gösteren yerli petrol şirketlerinin, karalarda hidrokarbon aramacılığı konusunda uzun yıllara dayanan tecrübeleri olmasına karşın, sığ ve derin denizlerde arama ve üretim konusunda henüz yeterli deneyimleri ve altyapıları mevcut değildir. Türkiye'nin milli petrol şirketi olan ve denizlerde de faaliyet gösteren başlıca şirketlerden biri olan TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı), ülkemizin her geçen gün daha büyük ölçüde ihtiyaç duyduğu en önemli enerji kaynaklarından birisi olan petrol ve doğal gazın, öncelikle öz kaynaklarımızdan olmak üzere yurtiçi ve yurtdışı kaynaklardan sağlanması amacıyla kara alanlarımızın yanı sıra son yıllarda özellikle denizlerimizde yoğun bir şekilde arama ve sondaj faaliyetlerinde bulunulmasını hedeflemiştir [8].

Dünyanın diğer alanlarında yoğun biçimde yürütülmekte olan denizlerde hidrokarbon arama çalışmaları, 2000'li yılların başından itibaren, özellikle Karadeniz'de yapılan doğal gaz keşfinden sonra ülkemizi çevreleyen denizlerde artış göstermiştir. [9]

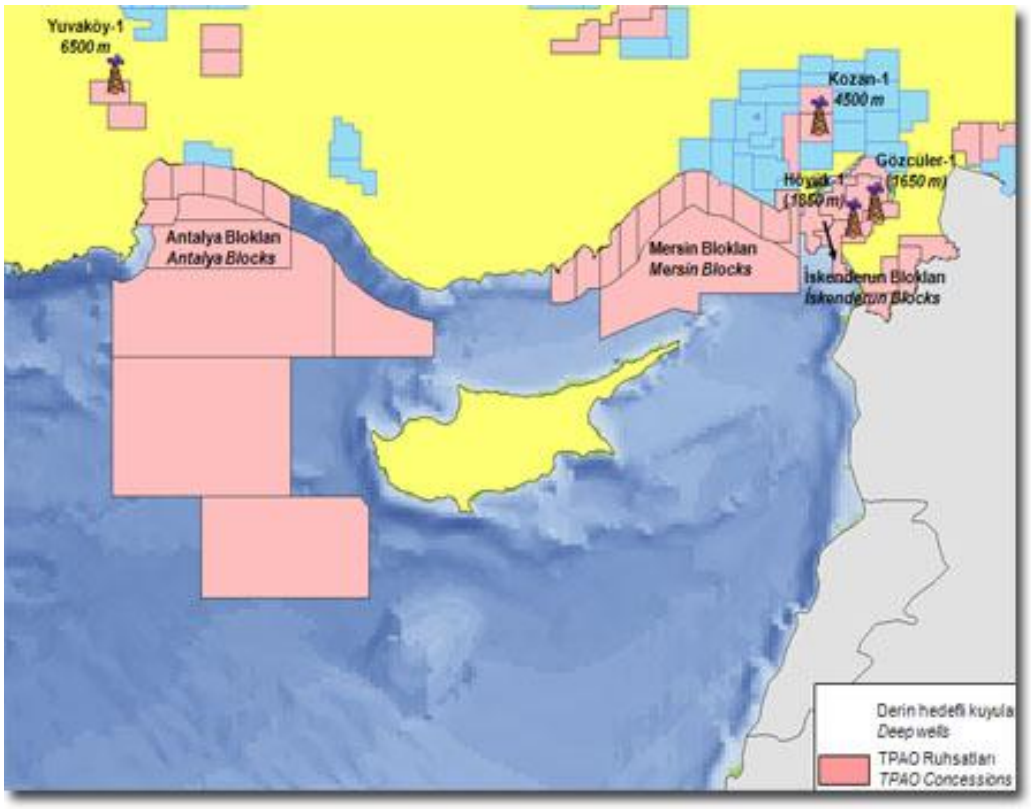
Petrol ve doğal gaz fiyatlarındaki artış, gelişen teknolojiye paralel olarak azalan üretim maliyetleri, Karadeniz Havzasını, petrol şirketlerinin ilgi odağı haline getirmiş bulunmakta olup, bunun enerji arz güvenliğinde önemli bir rol oynayacağı düşünülmektedir. Karadeniz'de son yıllarda yapılan sondaj öncesi arama faaliyetleri neticesinde; Türkiye'nin 40 yıllık ihtiyacına yetebilecek rezervlerin varlığı tespit edilmiştir. Derin deniz aramacılığında yapılan yatırımların oldukça büyük riskler taşıması nedeniyle, diğer büyük şirketlerle risk paylaşımı anlaşmaları yapılarak faaliyetler sürdürülmekte, BP, Petrobras, Chevron ve ExxonMobil gibi uluslararası dev şirketlerle ortaklıklar kurulmakta ve yatırım planları öngörülmektedir (Şekil 2.3). Karadeniz'de anılan ortaklıklarla sürdürülen sondaj faaliyetleri kapsamında derin deniz kuyuları açılmaktadır. [1]



Şekil 2.3 : Karadeniz'deki ruhsatlar [10].

Ege ve Akdeniz'de yürütülmekte olan arama çalışmalarından da ümitli sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır. 2007 ve 2008 yıllarında Antalya, Mersin ve İskenderun Körfezlerinden toplanan 2 boyutlu sismik verilerin prospekte yönelik yorumlama çalışmalarına 2009 yılında da devam edilmiştir. Yapılan bu değerlendirme çalışmaları sonrasında ortaya çıkan yapıların daha iyi tariflenmesi için 2010 yılında da ek sismik veri toplanması programlanmıştır. Akdeniz deniz alanlarında en geç 2011 yılında sondaj çalışmalarına başlanması hedeflenmiştir (Şekil 2.4) [6].

Açık denizlerde sondaj yapılmasına karar verilen kuyu konumları, yapılan jeofizik sismik veri toplama, veri işleme, yorumlama, haritaların çıkarılması ve modelleme



Şekil 2.4 : Akdeniz'deki ruhsatlar [11].

gibi jeofizik çalışmalara ve bazı jeolojik işlemlere göre belirlenmektedir. Denizlerde toplanan bu veriler, 2D/3D sismik, gravite-manyetik ve elektro manyetik jeofizik verilerdir. Bu verilerin toplanma ve değerlendirme çalışmaları yoğun bir şekilde devam etmektedir. [9]

Denizlerimizde, son 6 yılda yaklaşık 74500 km iki boyutlu ve 14000 km^2 üç boyutlu sismik program gerçekleştirilmiştir (EK B). [12] Buradan elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle, önümüzdeki yıllarda sondaj programlarına ağırlık verilmesi planlanmıştır.

Yoğunlaştırılan çalışmalar doğrultusunda sığ denizlerde 'jack-up' türü platformlarla, derin denizlerde ise 'semi-submersible' veya 'drillship' türü petrol platformlarıyla sondajlar yapılmaktadır. Bu kapsamda derin denizlerde, yeni nesil sondaj platformlarından Leiv Eiriksson (semi-submersible) kuyular açmış, Deepwater Champion (drillship) ise derin deniz kuyuları açmak üzere Karadeniz'e gelmiştir. Karadeniz'de su derinlikleri yer yer 2000 – 2200 metreyi bulmaktadır. 10 yıl öncesine kadar bu derinliklerde sondaj yapabilecek teknoloji yokken, yeni nesil platformlardaki teknoloji ile günümüzde bu derinliklerde kuyular açılabilmektedir.

3. AÇIK DENİZ PETROL ARAMA ÇALIŞMALARINDA KONUM BELİRLEME

3.1 Konum Belirleme Gereksinimi

Navigasyon (veya seyrüsefer, seyir) bir noktadan başka bir noktaya gitmek için en elverişli/kısa/hızlı yolu tayin etmek ve bunu uygulamaktır [13]. Navigasyon sistemleri, gerek doğada, gerek havada ve denizde, gerekse kent içinde kişinin/aracın/nesnenin hızlı ve güvenilir biçimde seyahat etmesini sağlamayı amaçlayan, sadece hedef doğrultusunun değil, aynı zamanda bu hedefe ulaşma güzergâhlarının da kullanıcıya sunulduğu sistemlerdir.

Genel anlamda, karalarda ve deniz alanlarında hidrokarbon arama çalışmalarının neredeyse tüm aşamalarında sağlıklı konum bilgisine ihtiyaç duyulur. Söz konusu olan açık denizler olduğunda, tamamen dinamik bir ortamda çalışıldığından, sağlıklı konum bilgisinin gerçek zamanlı olarak elde edilmesi daha da önem kazanmakta, ileri teknolojilere dayalı daha karmaşık ve maliyetli sistemler öne çıkmaktadır. Veri toplanmasından, hedef kuyu koordinatlarının belirlenmesi için yapılan analizlere, yer altındaki rezervuar tabakalarının haritalarının çıkarılmasından geliştirme ve üretim kuyularının konumlarının tespitine kadar her aşamada, bazı durumlarda gerçek zamanlı, bazılarında ise sonradan işlenebilecek konum bilgisine gereksinim duyulmaktadır. Jeofizik sismik iki ve üç boyutlu veri toplama, gravite-manyetik ve elektro-manyetik veri toplama, hedef kuyu koordinatlarına platformların konumlandırılması ve izlenmesi gibi çalışmalar, gerçek zamanlı konum bilgisi gerektiren başlıca çalışmalardır. Bunlardan özellikle, hidrokarbon bulma hedefine yönelik olarak atılan son adım olan hedef kuyu koordinatına platformların konumlandırılması ayrı bir önem taşımaktadır [9].

Deniz alanlarında sığ veya derin sularda ruhsat sınırları içerisinde hidrokarbon keşfine yönelik olarak, sondaj öncesi arama faaliyetleri kapsamında, daha önce yapılan sismik araştırmalar ve diğer bazı ön çalışmalar sonrasında belirlenen yerlere, öngörülen kuyular açılmaktadır. Deniz alanlarında açılması planlanan kuyular için

kullanılan platformların, başka bir kuyu yeri ya da beklediği bir liman gibi herhangi bir konumdan, koordinatı belirlenen konuma (deniz yüzeyinde) doğru olarak getirilmesi (platformun üzerindeki sondaj kulesi orta ekseninin, kuyu açılması planlanan noktaya, belirtilen hassasiyet sınırları içerisinde getirilerek sabitlenmesi, yani konumlandırılması) gerekmektedir. Bazı durumlarda, daha önce konumlandırma yapılan konumlarda ilave çalışmaların ve geliştirmelerin yapılması gerekmekte, bu nedenle de platformun daha önceki konuma yeniden konumlandırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Petrol/doğal gazın deniz tabanının altındaki jeolojik formasyonlarda bulunabilmesi ve ekonomik olarak üretilebilmesi için, çok sayıda bileşenin detaylıca incelenmesi ve birçok koşulun aynı anda bir arada bulunması gerektiğinden, kuyu açılması planlanan yerlerin hassas olarak belirlenmesi ve belirlenen bu koordinatlarda kuyunun açılması gerekir. Bu nedenle, hedeflenen konuma son derece hassas konumlandırma yapılması, mevcut olabilecek petrol/doğal gaza ulaşılabilmesi için çok önemlidir. Bunun yanında, denizlerde yapılan hidrokarbon arama faaliyetlerinde kullanılan bu platformların günlük kiralarının oldukça yüksek maliyette olduğu, örneğin açık denizlerde açılan bir kuyunun maliyetinin sığ deniz kuyuları için onlarca milyon Amerikan Dolarını, derin deniz kuyuları için de birkaç yüz milyon Amerikan Dolarını bulduğu dikkate alındığında; platformun istenen yere taşınması sırasında planlanan rotadan sapması sonucunda kaybedilecek en küçük bir zaman dilimi bile çalışmayı geciktirebilecek ve dolayısıyla hem zaman kaybına ve çalışmanın aksamasına hem de maliyetlerde artışa neden olabilecektir.

Tüm bunların ışığında, platformun sondaja başlamadan önce sağlıklı, hassas ve kesintisiz gerçek zamanlı konum bilgilerine göre olabildiğince kısa sürede hedeflenen konuma getirilmesi (navigasyonu) ve konumlandırılması gerekmektedir. Ayrıca, platformun hareketinin konumlandırıldığı mekânda belli bir güvenlik alanının dışına çıkması, sondaj donanımının zarar görmesine yol açacağından; hatalı anlık konum belirleme verisi, denizdeki dalgalanma, motorun gücü, hava şartları, akıntı, rüzgâr vb. gibi koşullardan kaynaklanabilecek olan hareketlerin, belirlenen sınırlar içerisinde tutulması da önemlidir. Bunun izlenmesi için de, sağlıklı gerçek zamanlı konum bilgisine gereksinim vardır.

Günümüzde, kara, hava ve deniz alanlarındaki navigasyon, konumlandırma ve konum izleme çalışmalarının çoğunda birincil sistem olarak, her tür hava koşulunda

ve günün her anında, bulunulan noktada uydu sinyalleri alınabildiği taktirde dünyanın her yerinde anlık konum bilgisi sağlayan GNSS alıcıları kullanılmaktadır. Kullanılan ikincil sistem kalite kontrolü ve yedekleme içindir. Deniz alanlarındaki çalışmalarda, uydu tabanlı konum belirleme bileşenleriyle birlikte, beklenen doğruluk düzeyine de bağlı olarak, diğer konum belirleme sistemlerinden de yararlanılmaktadır. Bunların yanında, kullanılan sistemlerde genellikle, deniz aracının azimut değerlerinin sürekli ölçülmesi için gyropusula donanımı bulunmaktadır. Tüm bu sensörlerden elde edilen veriler, bir kontrol yazılımı tarafından işlenmekte ve anlık olarak konum ve yön bilgisi elde edilerek, konumlandırma ve izleme çalışmaları yürütülmektedir. [3]

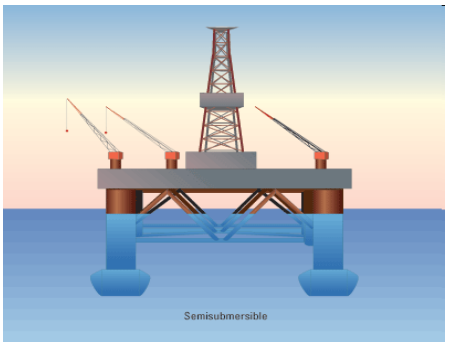
3.2 Açık Deniz Petrol Platformları

Denizlerde veya iç su alanlarında petrol arama kuyusu açma amaçlı olarak veya diğer geliştirme çalışmaları için tasarlanmış petrol platformları, bu kuyuları açacak sondaj kulesinin yer aldığı, birçok mekanik ve elektronik bileşenden oluşan devasa yüzer yapılardır. Sondaj platformları da denizcilik kuruluşları tarafından diğer deniz araçlarına benzer şekilde değerlendirilmekte, işletme ve hukuki anlamda da gemiler gibi işlem görmektedir. Bu platformların türleri, kuyu açılacak suyun derinliğine ve kullanım alanlarına göre farklılık göstermektedir. Bunlar, 'Jack-up', 'semi-submersible', 'drillship', 'submersible', 'tender', 'drill barge', 'inland barge' ve 'platform rig' (Şekil 3.1 a – h) olarak sıralanabilir. Özellikle açık denizlerde yaygın olarak kullanılanları, 'jack-up', 'semi-submersible' ve 'drillship' diye tabir edilen türlerdir. 'Drill barge' veya 'drill tender' türü platformlar, bataklıklar ya da nehir deltaları gibi daha sığ sularda veya diğer küçük platformların yanında sondaj yapmak amacıyla kullanılan yüzer platformlardır. Platformların kullanıldığı neredeyse bütün çalışmalarda gerçek zamanlı (dinamik) konum bilgisine gereksinim duyulmaktadır.

Dinamik Konum belirleme sistemi kurulacak olan deniz araçlarının, Uluslararası Denizcilik Örgütünün (International Maritime Organisation-IMO) yayınladığı, "Dinamik Konum Belirleme Sistemi Olan Gemiler İçin Rehber'e (Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems)" uyumlu olacak şekilde tasarlanması, donatılması ve işletilmesi gerektiği ifade edilmektedir. Bu rehberde, işlem sınıflarına ve yapılan çalışmalara göre, bu tür deniz araçlarında bulunması gereken donanım, personel ve bunların özellikleri tanımlanmaktadır [14].



a)



b)



c)



d)



e)



f)



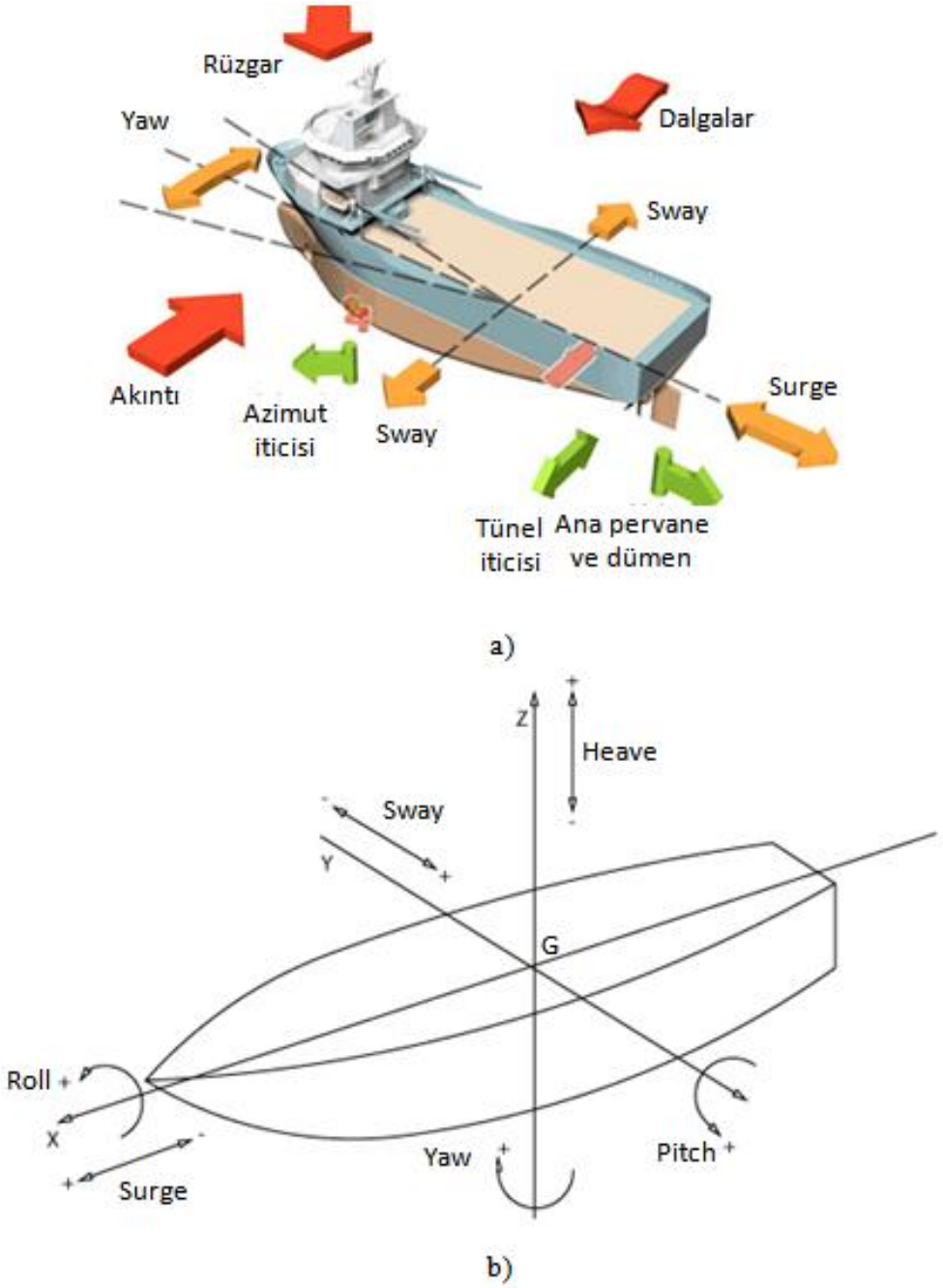
g)



h)

Şekil 3.1 : Platform Türleri: a) Jack-up. b) Semi-submersible. c) Drillship. d) Drill barge. e) Inland barge. f) Platform rig. g) Submersible. h) Tender. [15].

Diğer deniz araçları gibi platformlar da deniz üzerinde dururken ya da bulunduğu noktadan bir diğer noktaya doğru seyrederken, çeşitli iç ve dış koşulların etkisi altındadır (Şekil 3.2 a). Dış etkenlerden bazıları, hava, rüzgâr, dalga, akıntı ve diğer araçların hareketleridir. Bu dış etkenlerden başka platformu ve hareketini, çekici geminin/gemilerin hareketi, suyun derinliği, bölgedeki deniz üstündeki ya da tabanındaki yapılar gibi etkenler de etkiler.



Şekil 3.2 : a) Deniz aracına etki eden genel kuvvetler. b) Deniz aracının 3D uzayda yaptığı hareketler [16,17,18].

Genel olarak bir deniz aracı (gemi, platform vb.) altı serbestlik derecesine sahip bir dinamik sistem oluşturur. Böyle bir sistemin, içinde bulunduğu ortamın etkisini de hesaba katarak hareketini ortaya koyabilmek için bu harekete ait bileşenlerin elde edilmesi gerekir. Şekil 3.2 b'de mümkün olan altı hareket bileşeni, seçilmiş olan eksen takımlarına göre tanımlanmıştır. Şekilde, XYZ eksen takımı sabit olup, XY düzlemi sakin su yüzünde kalmak suretiyle X-ekseni, gemi ilerleme hızı yönünde ve Z-ekseni, yerçekimi yönünde yukarıya doğru pozitif olarak alınmışlardır. Buna göre, sabit eksen takımında boyuna X, enine Y ve düşey Z eksenleri boyunca gemi ağırlık merkezi G'nin yaptığı doğrusal hareketleri, sırasıyla boy-öteleme (surge), yan-sürüklenme (sway) ve batıp-çıkma (heave) hareketleri olarak tanımlayabiliriz. Başlangıç noktası ağırlık merkezinden geçen, gemiye bağlı eksen takımına göre periyodik karakterdeki dönme hareketlerini de sırasıyla yalpa (roll) (X ekseni etrafındaki dünüklük), baş-kıç vurma (pitch) (Y ekseni etrafındaki dünüklük), savrulma (yaw) (Z ekseni etrafındaki dünüklük) hareketleri olarak tanımlayabiliriz. Genellikle karışık dalgalar arasında bulunan deniz araçları, tüm bu hareketleri her an bir arada yapmaya zorlanırlar. Ancak dalgaların karakterine göre ve gemiye geliş yönlerine göre türlü şekillerde zorlanan gemiler, bir tür hareketi veya daha fazla türden birleşik hareketi diğerlerine nazaran daha belirgin bir biçimde yapabilirler [16]. Platformların hareketi sırasında ve hedeflenen noktaya yanaşma ve konumlandırma konusunda tüm bu bileşenlerin dikkate alınması ve buna göre rotaların ve manevra alanlarının belirlenmesi gerekir.

3.2.1 Jack-up

İlk 'jack-up' platform 1954 yılında imal edilmiş ve o zamandan beri 'jack-up' platformlar (Şekil 3.3), açık deniz arama ve geliştirme amaçlı çalışmalar için en yaygın Mobil Açık Deniz Sondaj Birimi (Mobile Offshore Drilling Unit-MODU) türü haline gelmiştir. Dünyada neredeyse her türlü ortamda sondaj ve sondaj sonrası (workover) faaliyetleri gerçekleştiren yüzlerce 'jack-up' platform mevcuttur. Deniz tabanı destekli iki mobil açık deniz sondaj biriminden biri olarak 'jack-up' platformlar (diğeri daha az popüler olan 'Submersible' türü yüzer platformdur) yüzmezler; ancak, deniz tabanından destek alarak sabit dururlar. 'Jack-up' platform terimi, kendi kendine yükselen anlamına gelmekte; yani ayaklar deniz tabanına oturmakta ve sondaj donanımı hidrolik veya elektrikli bir sistemle su yüzeyinden aşağıya-yukarıya doğru hareket ettirilmektedir.

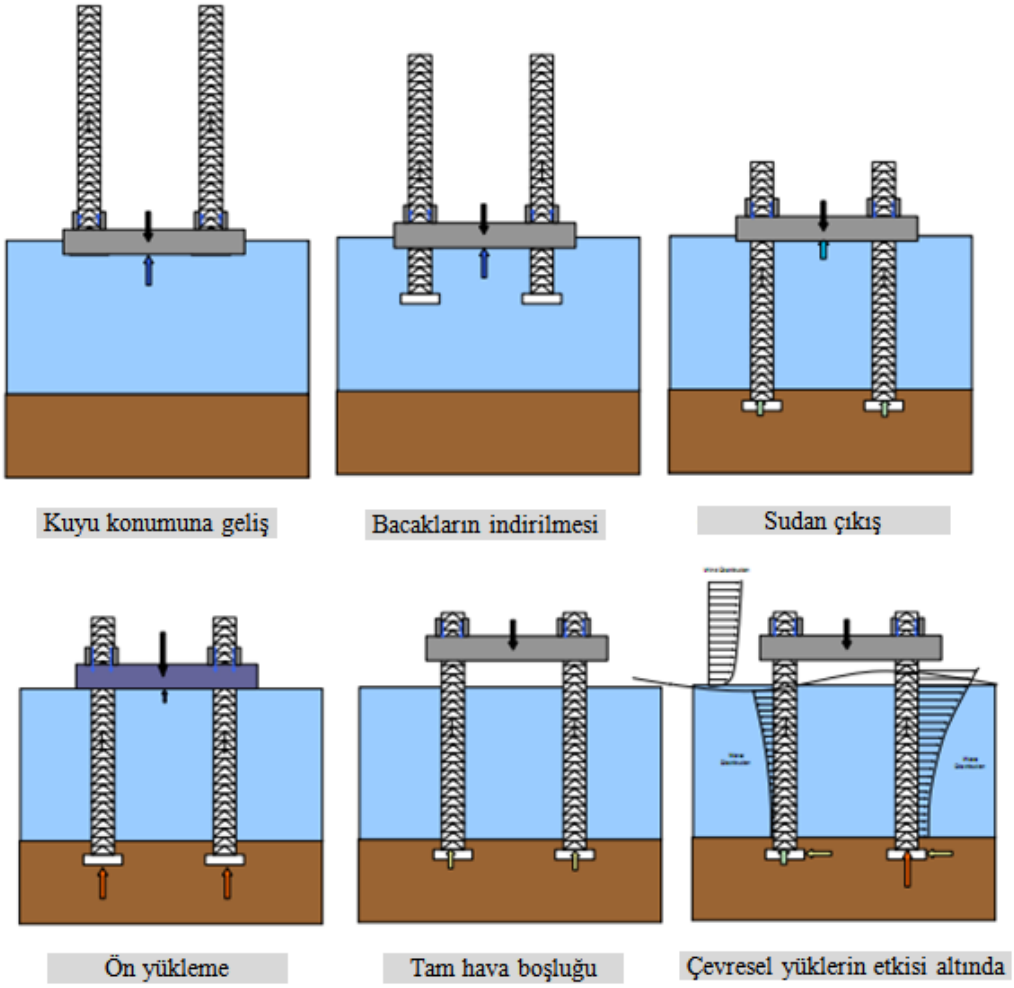
‘Jack-up’ platformlar, diğer türlerdeki açık deniz sondaj platformlarıyla karşılaştırıldıklarında, çok sabit/dengeli bir sondaj ortamı sağlayarak yaklaşık 100 – 110 m derinliğe kadar olan sularda sondaj yapabilmektedir. Bir ‘jack-up’ platformun kapasitesinden daha derin olan sularda sondaj yapılması gerektiğinde, arama ve geliştirme çalışmaları için ‘semi-submersible’ veya ‘drillship’ler kullanılmaktadır.

‘Jack-up’lar, ayakları tabana sabitlenmediği zaman yüzerler ve bu özellik bu tür platformların bir sondaj konumundan diğerine oldukça kolay taşınmasını sağlar. Bazıları kendi kendine hareket etme yeteneğine sahipken ve bir dış hareket kaynağına ihtiyaç duymazken, çoğu ‘jack-up’ römorkörler veya yarı yüzer mavnalar vasıtasıyla taşınır. Römorkörlerle çekme yöntemi kolaylıkla gerçekleştirilse de, ‘jack-up’un hızla taşınması veya daha uzun bir mesafeye taşınması gerektiğinde taşıma aracı olarak mavnalar (barge) tercih edilmektedir.



Şekil 3.3 : Jack-up [19].

Genel olarak ‘jack-up’ platformlar 3 veya 4 ayaklıdırlar ve kullanılan ayakların şekli bakımından, elektrik direğine benzeyen açık üçgen iskeletli ayakları olan ‘jack-up’lar, silindirik sütun şeklindeki ayakları olanlarla kıyaslandığında, dış güçlere karşı daha dayanıklıdır. Bir ‘jack-up’ platform, hedefe konumlandırıldığında, ayaklar deniz tabanına indirilir, gövde ve sondaj donanımı su yüzeyinden yukarı kaldırılır ve bu sayede gövde, olası dalgalardan korumuş olur (Şekil 3.4). Diğer türlere göre daha sabit bir çalışma zemini sağlasa da, göreli olarak daha sığ sularda kullanılır. [20]



Şekil 3.4 : Jack-up çalışma prensibi [21].

3.2.2 Semi-submersible (Semisub)

Açık denizde kuyu açılacak noktadaki su derinliği 100 – 110 metreyi geçtiğinde, 'jack-up' platformlar kullanılamamakta, derin deniz sondaj yetenekleri olan platformlar kullanılmaktadır. 'Semi-submersible' türü platformlar, yaklaşık 3000 metre derinliğe kadar sondaj yapabilme yeteneğine sahiptir. Bir 'semi-submersible' platform, suyun içine yarı batmış olan duba türü kolonlarla desteklenen sondaj donanımı ve diğer makinelerin yer aldığı bir güverte şeklinde tasarlanmış, yani birbiri üstüne yerleştirilmiş iki adet gövdeden oluşan bir mobil açık deniz sondaj birimidir (Şekil 3.5). Üst kısım, hem personel için yaşama alanlarını hem de kuyu açma kulesini barındırır. Diğer gövde ise, bir denizaltının dış gövdesine benzer biçimde çalışır ve tüm platformu yüzer hale getirir (platform bir yerden diğerine taşınırken alt gövde hava ile doldurulur). Platform sondaj yapılacak noktaya konumlandırıldığında, alt gövdenin içindeki hava boşaltılır ve platform yarı yüzer

hale getirilir. Sondaj sırasında, alt gövde su ile doldurularak platforma stabilite sağlanır. Derin ve akıntılı sularda sondaj operasyonlarının stabil biçimde yapılabilmesini sağlamak için, platformun yarı yüzer kısmının sağladığı stabilitenin yanında, bazı 'semi-submersible' türlerinde her biri on tondan daha ağır olan büyük çapalar deniz dibine yayılır. Bu platform türünün daha modern olanlarında, platformun sondaj çalışmaları sırasında istenen konumda kalıp kalmadığı, Dinamik Konumlandırma (Dynamic Positioning-DP) sistemleri ile izlenir. Bu platformlarda Güç Sistemi, İtici Sistem ve Dinamik Konumlandırma Kontrol Sistemi bulunur. Bazı 'semi-submersible' platformlarda hem çapalama hem de dinamik konumlandırma birlikte uygulanır.



Şekil 3.5 : Semisub, Leiv Eiriksson (OceanRig ASA).

Günümüzde 'semisub' platformlar, yüzen platformlar içerisinde zorlu koşullara karşı en stabil olan platform türüdür. Sahip oldukları bu yetenekler sayesinde bu gibi çevrelerde çoğu kez tercih edilmektedirler. Ultra derin sularda sondaj yapabilen diğer sondaj platformu türü olan 'drillship', daha fazla donanımı barındırma kapasitesine sahip olsa da, 'semi-submersible' platformlar sağladıkları stabilite nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Sondaj platformunun kısmen suya gömülmesini sağlayan tasarım özelliği, 'semisub'daki hem yalpalanmayı (rolling) hem de baş-kıç vurmayı

(pitching) azaltmaktadır. ‘Semisub’lar su üzerinde yüzebildiklerinden, bu tür platformları bir konumdan diğerine taşımak kolaydır. Bazı ‘semisub’ türleri römorkör veya mavna gibi çekiciler yardımıyla taşınırken, bazıları kendi itici güç düzenleri sayesinde hareket ederler. [22]

Semisub türleri

Suda yarı yarıya gömülme yöntemine bağlı olarak, **silindirik (bottle-type)** (Şekil 3.6 a) ve **kolon sabit (column-stabilized)** (Şekil 3.6 b) şeklinde iki temel ‘semi-submersible’ platform türü vardır. Daha yaygın olan tasarım, kolon sabit ‘semisub’dır. Burada, iki yatay gövde, su üzerinde silindirik veya dikdörtgen kolonlarla sondaj güvertesine bağlanır. Daha küçük köşegen kolonlar yapıyı desteklemek için kullanılır.



a) b)

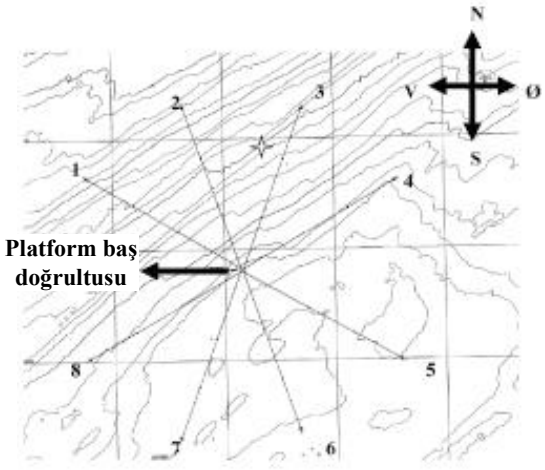
Şekil 3.6 : Semisub: a) Silindirik tip. b) Kolon sabit tip. [22,23].

Yarı yüzer özelliğiyle bu tür platformlar, sondaj operasyonları için olağanüstü bir denge sağlar ve dalgalardan ve rüzgârdan kaynaklanan yalpalanma ve sallanma büyük oranda azalır. Fırtına, siklon veya kasırga gibi nadiren gerçekleşen olayların yanında, sondaj yapılan bazı bölgeler, süreklilik arz eden hırçın sular nedeniyle sürekli sert koşullara sahiptir. Daha derin ve çetin sularda sondaj yapabilme özellikleri nedeniyle ‘semisub’lar, arama ve geliştirme çalışmalarında yeni bir çığır açmıştır. ‘Semisub türü platformların çalışma sırasında stabil kalmaları gerekmektedir. Bunu sağlamak için uygulanan yöntemlerden biri çapalamadır.

Çapalama için geliştirilmiş farklı modeller bulunmaktadır. Bu çapalama modellerine aşağıda kısaca değinilmektedir. [22]

Semisub çapalama (mooring) modelleri

'Semisub'lar ve diğer mobil açık deniz platformları, stabilite sağlanması amacıyla farklı durumlara göre çeşitli sistematik yöntemlerle çapalanırlar. Çapalama çoklu demirlemeye benzer ve suda yüzer durumda olan platformu bulunduğu yerde tutmak için simetrik altı, sekiz, on iki hat vb. gibi, çeşitli çapalama kalıpları kullanılır (Şekil 3.7). Bu çapalama kalıplarının yayılımı, çapalanacak platformun şekline ve çalışacağı deniz koşullarına bağlı olarak seçilir.



Şekil 3.7 : Örnek çapalama planı [24].

Kuyubaşındaki donanım oldukça hassas olduğundan, 'semisub'un kendisini hareket ettirmeye çalışan dalgalara ve rüzgârlara rağmen konumunu koruması oldukça önemlidir. Ayrıca, ultra-derin sularda çalışırken sondaj takımının borularının uzunluğu, 'semisub'un tabanından deniz tabanında konumlanmış olan kuyubaşına kadar binlerce metreyi bulabilir. Sondaj donanımı, rüzgâr ve dalgalar nedeniyle oluşabilecek hafif hareketleri tolere edebilecek kadar esnektir; ancak, sondaj donanımının boruları kapasitesinin taşıyabileceğinden daha fazla bükülmemelidir. Aksi taktirde bu borular kopma durumuyla karşı karşıya kalacaktır.

Bunların yanında, platformu yerinde tutmak için çapalama hatlarından başka dinamik konumlandırmadan da yararlanılabilir. Dinamik konumlandırmada, suyun neden olduğu hareketlerin aksi yönünde hareket sağlayan, belli sayıdaki motorlar ve itici güçler kullanılır. Dinamik konumlandırma sistemleri genellikle, deniz tabanındaki

işaretçilerden (beacon), uydu bilgilerinden ve bu amaçla kullanılan bir kablonun açısal hareketlerinden gelen telemetri sinyalleri ile yönlendirilir. Bölüm 4.1'de dinamik konumlandırma ile ilgili daha detaylı bilgi verilecektir.

3.2.3 Drillship

'Drillship'ler ilk olarak 1940'ların sonunda geliştirilmiştir. Adından da anlaşılacağı gibi 'drillship', petrol ve gaz kuyuları açmak amacıyla yeniden yapılandırılmış bir gemi türüdür (Şekil 3.8). Aynı zamanda, bilimsel amaçlı sondajlarda da kullanılırlar. Tanker veya yük gemilerine benzeseler de 'drillship'ler, bir sondaj güvertesi ve ay havuzu (moon pool) ile donatılmışlardır. Bunun dışında 'drillship'lerde, kıyıdan uzakta faaliyet gösteren diğer büyük sondaj platformlarına benzer şekilde ikmal yapılmasına ve personelin ulaşımına olanak sağlayan bir helikopter pisti ve bunun yanında kapsamlı çapalama ve konumlandırma donanımları da bulunur.



Şekil 3.8 : Drillship, Deepwater Champion (Transocean Ltd.) [26].

Genel olarak derin ve ultra derin sularda kullanılan 'drillship'ler 600 – 3000 metre aralığında hizmet verebilirler. Bu tip platformlarda sondaj donanımı, geminin ay havuzundan geçer ve belli bir dereceye kadar esnek bir yapısı olan sondaj takım boruları aracılığıyla deniz tabanındaki kuyu donanımına bağlanır.

Kolay hareket edebilme yetenekleri nedeniyle 'drillship'ler diğer açık deniz sondaj ünitelerinden ayrılırlar. Derin sularda sondaj yapabilen diğer platform türü olan ve

bir konumdan diğerine taşınması için bazı durumlarda ayrı bir çekiciye ihtiyaç duyan ‘semisub’ platformların aksine ‘drillship’ler, kendilerini bir kuyudan diğer kuyuya veya bir konumdan diğer konuma taşıyabilirler.

Derin ve ultra derin sularda sondaj yapabilme yeteneklerine rağmen, ‘drillship’leri kullanmanın dezavantajlarından biri dalgalardan, rüzgarlardan ve akıntılardan daha fazla etkileniyor olmalarıdır. Bu durum, özellikle gemi sondaj yaparken sorun olabilmektedir; çünkü bu sırada ‘drillship’e suyun altında uzanan birkaç bin metreyi aşabilen uzunluktaki sondaj donanımı bağlıdır.

‘Drillship’teki iyi bir çapalama sistemi, başarılı kuyular açmak için vazgeçilmez bir unsurdur. Sığ sularda ‘drillship’ler 6 – 12 çapayla deniz tabanına demirlenirler. Su derinliği arttıkça, sondaj sırasında ‘drillship’leri yerinde tutabilmek için DP sistemi kullanılır. DP, oluşabilecek hareketlerin telafi edilebilmesi için rüzgarları ve dalgaları sürekli olarak izleyen, gemide kurulu bir bilgisayar tarafından etkinleştirilen ve geminin baş, kıç ve orta bölümlerinde yer alan belli sayıdaki iticiye dayanan bir sistemdir. Bazan her iki sabitleme sistemi de kullanılır. [25]

3.3 Platform İstatistikleri

Dünya üzerinde, açık denizlerde ya da iç sulardaki birçok bölgede petrol/doğal gaz arama/geliştirme ya da diğer amaçlar için sondaj platformları kullanılmaktadır (Çizelge 3.1, 3.2 ve 3.3). Kullanılan bu sondaj platformlarını elinde bulunduran ve sondaj yüklenicisi durumunda olan belli başlı büyük firmalar bulunmaktadır (Transocean Ltd., ENSCO, Maersk Drilling, OceanRig ASA, GSP vb. gibi). Açık denizlerde kuyu açarak petrol/doğal gaz aramacılığı yapacak olan operatör firmalar/ortaklıklar, deniz sondajlarında kullanılan açık deniz sondaj platformlarını genellikle, sondaj müteahhidi olan bu firmalardan kiralamaktadırlar. Bu platformlardan, ‘jack-up’ platformların günlük kiraları özelliklerine göre ortalama 35 – 140 bin Amerikan Doları, ‘semi-sub’larınki 300 – 400 bin Amerikan Doları, ‘drillship’lerinki 260 – 430 bin Amerikan Doları, diğer türlerinki de 45 – 125 bin Amerikan Doları arasında değişmektedir. Sondaj dışındaki diğer destek hizmetleri de eklenince bu miktarlar daha da artmaktadır. Bu nedenle, denizlerde yapılan arama/geliştirme çalışmaları, önemli oldukları kadar oldukça maliyetli çalışmalardır. [27]

Çizelge 3.1 : Türlerine ve faaliyet durumlarına göre platformlar [27].

Platform Türü	Kiralanmış Platformlar	Platform Filosu	Kullanım (%)
Drill Barge	24	48	50
Drillship	47	89	53
Inland Barge	40	75	53
Jackup	309	523	59
Platform Rig	144	250	58
Semisub	157	221	71
Submersible	0	6	0
Tender	22	35	63
Toplam	**743**	**1247**	**60**

Çizelge 3.2 : Yaygın olarak kullanılan platformlar ve faaliyet durumları [27].

Platform Türü	Kiralanmış Platformlar	Platform Filosu	Kullanım (%)
Jackup	309	523	59
Semisub	157	221	71
Drillship	47	89	53
TOPLAM	**513**	**833**	**62**

Çizelge 3.3 : Bölgelere ve faaliyet durumlarına göre platformlar [27].

Bölge Adı	Kiralanmış Platformlar	Platform Filosu	Kullanım (%)
Afrika – Diğer Bölgeler	2	3	67
Afrika – Batı	52	78	67
Asya – Hazar	18	25	72
Asya – Uzak Doğu	30	90	33
Asya – Güney	42	51	82
Asya – Güneydoğu	78	151	52
Avustralya	12	15	80
Karadeniz	10	14	71
Avrupa – Doğu	2	7	29
Avrupa – Kuzey Denizi	147	162	91
Akdeniz	21	29	72
Ortadoğu – İran Körfezi	76	117	65
Ortadoğu – Kızıldeniz	13	19	68
K. Amerika – Kanada Atlantik	4	5	80
K. Amerika – Kanada Pasifik	0	1	0
K. Amerika – Meksika	31	61	51
K. Amerika – ABD Alaska	0	4	0
K. Amerika – ABD Meksika Körfezi	101	245	41
K. Amerika – ABD Diğer	1	28	4
G. Amerika – Brezilya	72	80	90
G. Amerika – Diğer & Karayipler	5	12	42
G. Amerika – Venezuela	26	47	55
Tüm Dünya (Bölge olmaksızın)	0	3	0

Örneğin ExxonMobil, Karadeniz'deki hidrokarbon arama çalışmalarında sondaj yapmak üzere; G. Kore'de yeni imal edilmiş olan son nesil 'drillship' türü platformu

(Deepwater Champion) günlük yaklaşık 700 bin Amerikan Dolarına, halen dünya üzerindeki yaklaşık 2200 m'den daha derin sularda sondaj yapabilen 'semi-submersible' ve 'drillship' türü 72 adet platformun %36'sına sahip olan, dünyanın en büyük deniz sondaj müteahhidi durumundaki Transocean Ltd. sondaj şirketinden kiralamıştır. Bu çerçevede, 2011 yılının ilk yarısında ilk kuyunun kazılmasına başlandığı basına açıklanmıştır. [2,28]



Şekil 3.9 : Deepwater Horizon (Transocean Ltd.) [29,30].

Tez çalışması sürecinde, petrol tarihindeki en büyük felaketlerden birisi gerçekleşmiş; Transocean Ltd.'ye ait olup BP operatörlüğünde çalışan ve 3000 m su derinliğinde sondaj yapabilen 5. nesil, DP class-3 dinamik konumlandırma özellikli Deepwater Horizon 'semi-submersible' sondaj platformu, Meksika Körfezinde 1522 metre derinliğindeki açık denizde sondaj yaparken 20 Nisan 2010 tarihinde basınçtan kaynaklanan sorunların emniyet vanası (Blowout Preventer-BOP) veya diğer önlemlerle aşılamaması nedeniyle petrol/gazın platforma ulaşması ve yangın çıkması sonucunda 36 saat süren çalışmalara rağmen kurtarılamamış ve tamamen batmıştır (Şekil 3.9). 11 can kaybının yaşandığı bu kaza, derin deniz sondaj faaliyetlerinin ne derece riskli ve tehlikeli olduğunu, deniz sondajlarında çalışacak ekibin eğitimlerinin önemini, güvenlik prosedürlerinin gerekliliğini ve operasyonlar sırasında yapılan güvenlik talimlerinin yararlarını ortaya koymakta; şu günlerde Karadeniz'de yapılmakta olan derin deniz sondaj çalışmalarında ne derece dikkatli olunması gerektiğini göstermektedir. Zira sondaj platformu arzının birkaç sondaj müteahhidi ile sınırlı olduğu Karadeniz'de yaşanacak bu tip bir kazada, açılması gereken

kurtarma kuyusunun gecikmesinin, can kayıplarının yanı sıra çevresel olarak bölgeye geri dönüşü olmayacak zararlar verebileceği de açıktır. [2]

3.4 Konum Belirleme Sistemleri

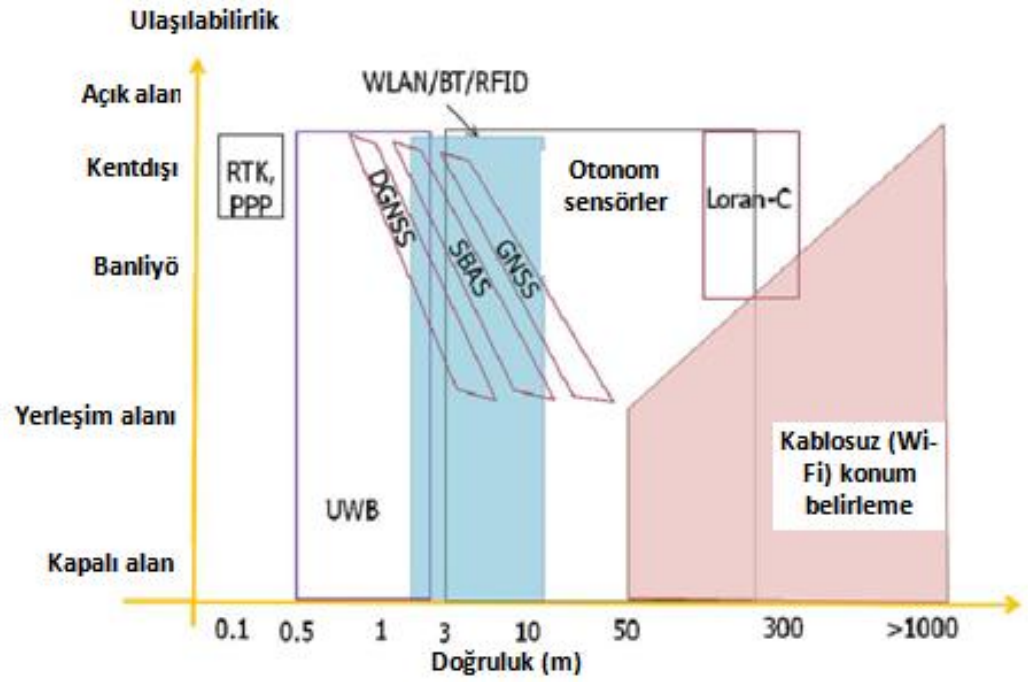
Navigasyon, keşif/arama ve batimetrik uygulamalar nedeniyle denizlerde konum belirlemeye, her zaman ihtiyaç duyulmaktadır. Başlangıçta 2D olan konum belirleme sistemleri, daha sonraki uygulamaların gerekli kılmasıyla 3D sistemlere doğru gelişmiştir. [3]

2. Dünya Savaşından beri geleneksel radyo bazlı konum belirleme sistemleri, karalarda olduğu gibi açık deniz çalışmalarında da başarıyla kullanılmıştır. Bu sistemler, başlangıçta belirli bölgelere hizmet vermiştir. Teknolojideki ilerlemelerle daha da gelişen bu sistemlerin sayıları artmış ve kapsama alanları da genişlemiştir. Konum belirleme teknolojilerindeki ilerlemeler, yapılan ölçme çalışmalarında yeni beklentiler doğurmuştur. Örneğin, açık denizlerde yapılan sismik çalışmalarda ve diğer ölçme çalışmalarında, deniz aracının referans noktası ve bu noktanın konumunun hassas ve güvenilir olarak belirlenmesi önemli bir rol oynamaktadır. Bu noktanın konumu, yersel veya uydu tabanlı konum belirleme sistemleriyle belirlenebilmektedir. Bu beklentilerden hareketle, hem yersel ve hem de uydu tabanlı konum belirleme sistemlerinde, özellikle de GPS teknolojisinde gelişmeler yaşanmıştır [3]. Önceleri bu amaçlara yönelik çalışmalar için karalarda, havada ve denizlerde INS (Inertial Navigation Systems) sistemleri ve yersel radyo bazlı sistemler gibi çeşitli konum belirleme sistem ve yöntemleri kullanılmıştır. Günümüzde ise, teknolojideki ilerlemelere paralel olarak GPS, genel adıyla GNSS, konum belirleme ve navigasyon uygulamalarında en çok kullanılan araç haline gelmiştir.

Diğer sistemlerin tümü, gerek GNSS sistemlerinin tüm dünyaya hizmet vermesi ve bu hizmeti elde etmenin oldukça ucuz alıcılarla ve uydu görüş koşullarında fiziki bir engel olmadığı sürece dünyanın herhangi bir noktasında günün herhangi bir anında konum belirleme çözümü sağlaması, gerekse sunduğu hassasiyet ve doğruluk derecesi bakımından GNSS'den daha düşük performanslıdır. Bu nedenle dünya çapında karada, havada ve denizdeki birçok farklı uygulamada GNSS'ye dayalı konum belirleme sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Halen GNSS harici sistem ve yöntemlerden, hedeflenen konum doğruluğunun sağlandığı birtakım uygulamalarda yararlanılmakta; ayrıca bunlardan, GNSS sistemlerinde herhangi bir aksama olması durumuna karşı, alternatif ya da yedek oluşturması amacıyla da faydalanılmaktadır (örneğin eLORAN). Bazı navigasyon uygulamaları, kullanıcının sürekli olarak konumunu sağlayabilmek için farklı sensörlerin entegrasyonuna ihtiyaç duymaktadır. Günümüzde, GNSS'den başka Wi-Fi (Wireless Fidelity), UWB (Ultra-wideband), RFID (Radio Frequency Identification) ve MEMS (Micro Electro-Mechanical Systems) ivmeölçerler, manyetometre ve gyropusulalar vb. yardımcı sensörler gibi alternatif teknolojiler, çoklu bir sensör sisteminde entegre edilebilmektedir [31].

Şekil 3.10'da görüldüğü gibi, farklı konum belirleme çevreleri ve uygulamalarında konum belirleme çözümleri sağlamak için, doğruluk ve ulaşılabilirlik koşullarına göre farklılık gösteren RTK, PPP (Precise Point Positioning), UWB konum belirleme, DGNSS ve SBAS (Space Based Augmentation Systems) gibi farklı teknolojiler kullanılmaktadır. Ayrıca, doğruluk düzeyleri bu araçlara göre daha düşük olsa da bazı uygulamalarda rölatif değerler sağlayan ivmeölçer, manyetometre, gyro, basınçölçer, odometre gibi otonom sensörlerden (self-contained sensors) veya kablosuz konum belirlemeden (Wi-Fi) yararlanılmaktadır. Herhangi bir zamanda herhangi bir yerde tek başına bir konum belirleme çözümü sağlayan tek başına bir



Şekil 3.10 : Konum belirleme teknolojilerinin ulaşılabilirlikleri ve doğrulukları [32].

teknoloji (tek başına bir sistem ya da tek bir sensör) henüz yoktur. Bu nedenle tek bir sisteme bağlı kalmadan, çoklu teknolojilerin entegrasyonu ve kullanılması önem kazanmaktadır [32].

Denizlerde yapılan konumlandırma çalışmalarında, yüzey konumlandırması için genellikle GNSS kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda, yüzey konumlandırmasının yanında, yüzey koordinatlarının tabanda da uygulanması, yani tabanda da kuyubaşı yerleştirilecek kuyu konumuna bu amaçla kullanılacak aracın konumlandırılması gerekmektedir. Bu gibi uygulamalarda, genel olarak akustik konum belirleme sistemlerinden ve su altı robotlarından yararlanılmaktadır.

Bu bölümde, açık denizlerde ölçme ve konum belirleme amaçlı olarak kullanılan yersel radyo bazlı konum belirleme sistemleri, uydu tabanlı konum belirleme sistemleri (GNSS), INS ve akustik konum belirleme sistemleri hakkında bilgiler verilmektedir. Özellikle, artık diğer birçok sistemin yerini almış olan ve birincil sistem olarak yararlanılan uydu tabanlı global konum belirleme sistemleri (GPS/GNSS) daha detaylı olarak ele alınmaktadır.

3.4.1 Yersel radyo bazlı konum belirleme sistemleri

Yersel radyo bazlı konum belirleme, üç veya daha fazla sabit istasyondan gelen radyo frekansları kullanılarak geriden kestirme yapmak suretiyle bulunulan noktanın konumunun belirlenmesi temeline dayanır. Bu yöntemle konum belirleme, RF (Radio Frequency) dalgaları seyrettiği ortamlarda bozulmaya daha müsait olduğundan, radyo dalgalarının bozulmasına neden olan engellerin daha az olduğu hava ve denizlerde daha çok tercih edilmektedir. [33] Yersel radyo bazlı konum belirleme sistemleri, geometrik yapılarına (hiperbolik, parabolik gibi) veya kullandıkları frekanslara göre (LF, MF, HF ve VHF gibi) sınıflandırılırlar. Örneğin, HF kullanan ve açık deniz uygulamalarında bir dönem yaygın olan SYLEDIS gibi sistemler, 300 km'ye kadar çalışabilir ve 40 m düzeyinde doğruluk sağlar. SYLEDIS, uzunluk ölçme/belirleme ilkesine dayalı dairesel bir uzunluk ölçme/konum belirleme sistemidir. LORAN-C ise, uzunluk farkı ilkesine dayalı hiperbolik bir sistemdir. [3]

Aşağıda, denizlerde yapılan konum belirleme çalışmalarında bir dönem yoğun olarak kullanılan bazı sistemlere ilişkin bilgiler verilmektedir.

DECCA navigasyon sistemi, ilk olarak 2. Dünya Savaşında, daha sonra da balıkçı gemileri tarafından kullanılmış olan, hiperbolik düşük frekanslı radyonavigasyon sistemidir. Bu sistem petrol platformlarına hizmet veren helikopterler tarafından kullanılmak üzere Kuzey Denizinde yoğun olarak yerleştirilmiştir. GPS/GNSS'nin yaygın olduğu günümüzde 460 – 740 km'lik menzili ve uzak mesafelerde doğruluğu yetersiz kalsa da, DECCA sistemi birçok denizci için önemli bir konum belirleme sistemidir. [34]

Hiperbolik radyonavigasyon tekniklerini kullanan düşük frekanslı OMEGA (ABD), uçaklar için gerçek anlamda global radyo navigasyonu sağlayan ilk sistemdir. GPS'nin sağladığı başarı nedeniyle 1990'ların sonuna doğru tamamen işlevini yitirmiştir. OMEGA sistemine paralel olan ALFA ise uzun menzilli Rus radyonavigasyon sistemidir. Menzili 10000 km olan bu sistemler uçakların, gemilerin ve denizaltıların konumlarının belirlenmesinde kullanılmıştır. [35]

LORAN-C/eLORAN, alıcının konumunu ve hızını belirlemek amacıyla düşük frekanslı radyo vericilerini kullanan karasal bir radyonavigasyon sistemidir. Bu sistemi ABD, Japonya, Avrupa ülkeleri gibi birçok ülke kullanmaktadır. LORAN navigasyon sisteminin kullanımı, GPS'nin yaygınlaşması ve birinci sırayı almasıyla azalsa da, diğer GNSS sistemlerinin bazı zayıf yönleri ve sinyal yayınlama-alma konusundaki sınırlamaları nedeniyle yedeği olacak şekilde ve bu gibi uydu temelli sistemlerin karasal temelli bir alternatifi olarak LORAN'ı iyileştirmek ve yeniden yaygınlaştırmak için çalışmalar yapılmaktadır. eLORAN (Enhanced LORAN), geleneksel LORAN sisteminin kullanışlılığını ve doğruluğunu arttırmak için alıcı tasarımında ve veri iletiminde yapılan iyileştirmelerle sağlanan ± 8 m doğruluk sayesinde, yalın GPS'yle rekabet edecek düzeydedir. eLORAN aynı zamanda, DGPS düzeltmeleri gibi yardımcı verileri de yayınlayabilen ilave sinyallere sahiptir. eLORAN alıcıları, etki alanındaki tüm sinyallerin alınması prensibine göre çalışmaktadır. Sistemin konum belirleme özelliğinde yapılan bu iyileştirme, sistemi; GPS'nin kullanılamadığı ya da yetersiz kaldığı durumlarda bir alternatif haline getirmektedir. [36]

GNSS sistemleri, 1.5 GHz frekanslarının duvar ve benzer yapılardan yeterince geçememesi nedeniyle kapalı alanlarda sinyal kesiklikleri yaşamaktadır. Tek başına LORAN sistemi de, yer veya deniz yüzeyleri üzerinde, yüzeyden veya iklimsel koşullardan kaynaklı olarak değişik hızlarda sinyal iletimi nedeniyle kilometre

düzeyinde hatalar doğurmaktadır. GNSS sistemi ve LORAN sistemleri, sinyal alınamayan alanlarda birbirini tamamlayıcı olabilirler. Yüksek performanslı olan GNSS alıcısının işlemcisi, basit ve düşük maliyetli RF LORAN alıcısını tamamlayabilecek, onun daha düşük doğruluğunu kalibre edecebilecek; böylece binalar ve tüneller gibi yerlerde de konum çözümü sunulabilecektir. GNSS ve LORAN'ın birlikte kullanımıyla, sürekli olarak iki sonuç arasında karşılaştırma yapılması sağlanarak, LORAN'ın birkaç yüz metre civarındaki doğruluk düzeyine rağmen hatalı olan uydu ölçüleri belirlenebilir ve bu ölçüler devre dışı bırakılabilir [37]. Bu nedenle, uydu sistemlerinin tamamlayıcısı olarak LORAN-C, günümüzde yeri doldurulamaz alternatif bir sistemdir [38]. eLORAN kapsamında birçok Avrupa ülkesi LORAN zincirlerini yeniden aktif hale getirmekte, Kuzey Amerika, Japonya ve Kore hem karada hem de kıyılarında tam olarak kapsama alanına sahip bulunmaktadır [37].

CHAYKA, Rusya'nın LORAN-C benzeri karasal radyonavigasyon sistemidir. CHAYKA istasyonlarındaki donanım, entegre CHAYKA/GNSS radyonavigasyon sisteminin yer tabanlı kısmının iyileştirilmesi kapsamında modernize edilmektedir. Ayrıca, kombine CHAYKA/LORAN-C sistemleri üzerinde geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Deneysel sonuçlar, CHAYKA istasyonlarının LORAN-C ile birlikte zincirde yer almasının yararlarını ortaya koymuştur. Sistemdeki iyileştirmeler eLORAN'a benzer şekilde yürütülmektedir. Yeni donanımın özelliklerinden biri de Eurofix veya CHAYKA/GNSS formatındaki DGNSS düzeltmelerinin yayınlanmasıdır. 2011 yılı sonuna kadar modernizasyonun tamamlanması öngörülmektedir. Yenilenen sisteme uyumlu olacak şekilde, LORAN-C/CHAYKA/GNSS alıcıları geliştirilecektir [39].

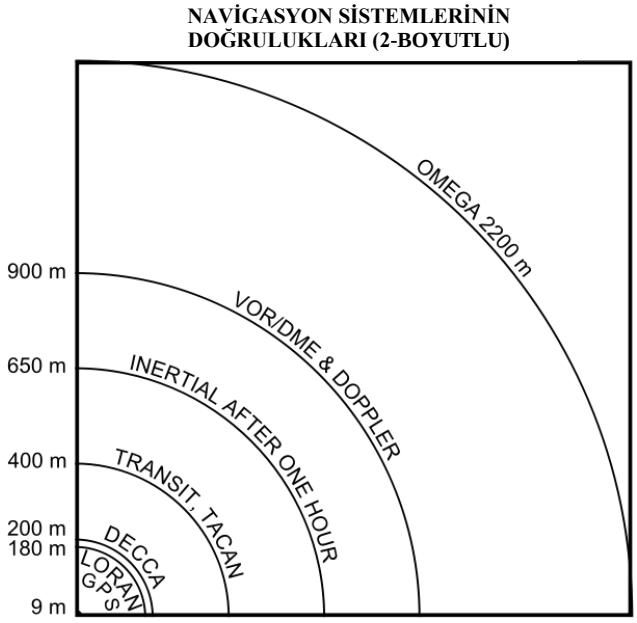
SYLEDIS, radyo bazlı bir karasal navigasyon ve konum belirleme sistemidir. 1980'lerde aktif olan ve 1995'e kadar faaliyet gösteren sistem, Kuzey Denizinde petrol sektörüne konum belirleme ve navigasyon desteği sağlamış, ancak daha sonra yerini GPS'ye bırakmıştır. [3,40]

VOR/DME (VHF Omnidirectional Radio Range/Distance Measuring Equipment), kullanıcılarına bir yer veya deniz istasyonundan olan açıklık açılarını ve uzaklıklarını ileten bir radyonavigasyon sistemidir. GPS gibi uydu sistemleri giderek bu sistemlerin yerini almaktadır. [41]

SHORAN (SHOrt RAnge Navigation): Hassas bir radar işaretini (beacon) kullanan bir elektronik navigasyon sistemidir. SHORAN sistemleri 1970'lerde, petrol ve doğal gaz sektöründe hassas navigasyon elde etmek için yaygın bir şekilde kullanılmıştır. Navigasyon, kıyı ölçmeleri ve jeofizik hizmetler sağlayan şirketler, sismik ölçmeler ve sondaj platformlarını konumlandırmak amacıyla dünya çapında SHORAN alıcıları tesis etmişlerdir. Bu amaçla, kıyıda yer alan jeodezik noktaların çok yakınına taşınabilir SHORAN alıcı-vericileri ve antenleri yerleştirilmiştir. Üç veya dört kıyı istasyonundan oluşan SHORAN zincirleri, kıyıdan 200 mil kadar uzaktaki petrol arama alanlarında hassas navigasyon sağlamak için kullanılmıştır. [42]

Bu bölümde sözü edilen konum belirleme sistemleri, petrol/doğal gaz arama ve geliştirme çalışmaları için, özellikle de denizlerde kuyu açmak üzere kullanılan açık deniz platformlarının konumlandırılması ve izlenmesi için gerekli olan doğrulukları sağlamaktan uzak sistemlerdir. GNSS teknolojisinin gelişmesinden ve yaygınlaşmasından önce yoğun olarak yararlanılan bu sistemlerin yerini, GNSS teknolojileri büyük ölçüde almıştır. Ancak, bu sistemlerden bazıları, GNSS'ye bir alternatif ve yedek oluşturmak amacıyla iyileştirilmektedir (örneğin eLORAN).

Şekil 3.11'de, yersel radyo bazlı bazı konum belirleme sistemlerinin ve yalın GPS'nin konum belirleme doğrulukları görülmektedir.



Şekil 3.11 : Yersel radyo bazlı konum belirleme – GPS karşılaştırması [43].

3.4.2 Global/Bölgesel konum belirleme sistemleri

Uydu navigasyonu dünya çapında öyle bir öncelik haline gelmiştir ki, çoğu ülke aktif olarak kendi sistemlerini kurmakta veya mevcut olanları modernize etmektedir [44]. İlk işlevsel uydu navigasyon sistemi TRANSIT/NAVSAT'tır (Navy Navigation Satellite System). Temel olarak ABD Deniz Kuvvetleri tarafından kullanılmak üzere geliştirilmiş, aynı zamanda hidrografik ve jeodezik ölçmeler için de navigasyon sistemi olarak kullanılmıştır. GPS'nin yaygın olarak kullanılmaya başlandığı 1990'lı yıllara kadar tüm dünyada kullanılmış olan sistemin navigasyon hizmeti 1996 yılında durdurulmuştur.

Bu kısımda, halihazırda kullanılmakta olan ve yakın zamanda hizmete girecek olan global uydu navigasyon sistemlerine ilişkin bilgiler verilmektedir. Burada özellikle GNSS'nin daha iyi anlaşılması için GNSS'yi oluşturan her bir sistemle ilgili, öncelikle ayrı ayrı bilgi verilecek, sonrasında GNSS başlığı altında bu sistemlerin entegrasyonu konusu işlenecektir.

GPS

GPS, yeryüzü üzerinde veya yeryüzüne yakın, görüş engeli bulunmayan herhangi bir noktada dört veya daha fazla uydudan sinyallerin alınmasıyla, herhangi bir zamanda, tüm hava koşullarında konum ve zaman bilgisi sağlayan ilk fonksiyonel global uydu navigasyon sistemidir. 1960'lı yıllara dayanan tarihsel geçmişiyle GPS teknolojisi bugünkü anlamıyla 1973 yılında ABD tarafından geliştirilmiştir ve sivil kullanıcılara da açıktır. Orijinalinde 21+3 adet uydusu olan sistemin 2011 yılı Ocak ayı itibariyle yörüngede faal olan 32 uydusu bulunmaktadır [45,46]. Günümüzde GPS, 30'dan fazla uydusuyla dünya genelinde kullanılan güvenilir ve yüksek doğruluklu bir sistem haline gelmiştir. Son yıllarda teknolojide ve maliyetlerde büyük ilerlemeler kaydedilmiş ve yıllar geçtikçe GPS kullanıcılarının sayısı yüz milyonlardan neredeyse milyarlara ulaşmıştır [47]. GPS'nin tasarımı kısmen LORAN ve DECCA sistemlerine benzer ve uydu atomik saatlerinin düzeltilmesi için Genel Görelilik Teorisinin kuralları uygulanır. 2 Mayıs 2000 tarihine kadar sivillerin kullandığı sinyallere uygulanan SA (Selective Availability) etkisinin kaldırılmasıyla sivil kullanım hassasiyeti daha da yükselmiştir. Uydular tarafından sağlanan veriler birçok uygulama için son derece hassastır; bununla beraber, bazı etkenler, daha hassas uygulamalar için gereken hassasiyeti düşürmektedir. Yüksek doğruluğun gerekli

olduğu bu gibi uygulamalarda, hata kaynaklarının belirlenmesi ve etkilerinin giderilmesi gereklidir. [48,49] GPS'nin modernizasyon çalışmaları devam etmektedir. Bu kapsamda, Blok IIF ve Blok III uydularının gönderilmesi ile sistemde toplam 36 uydunun yer alması planlanmaktadır. [50]

GPS hata kaynakları ve konum belirleme doğrulukları

Her ne kadar GPS tüm dünyada şimdiye kadar geliştirilmiş en hassas ve işlevsel global navigasyon sistemi olsa da yine de doğal ve yapay hata kaynaklarının etkisi altında olan bir sistemdir. Sivil amaçlı tek bir GPS alıcısının sağladığı doğruluk, yaklaşık 15 m düzeyindedir. Günümüzde, teknolojinin ilerlemesiyle açık gökyüzü şartlarında sivil amaçlı GPS alıcısı ile elde edilen konumlarda yaklaşık 5 m yatay konum doğruluğu sağlanabilmektedir. GPS'de hata analizleri, ulaşılan konum doğruluğunun belirlenmesi ve hataların düzeltilmesi bakımından önemlidir. GPS hataları, parazit/gürültü (noise), yanlılık (bias) ve kaba hataların (blunders) bir kombinasyonudur. Hatalar, atmosferik bozulmalar (özellikle iyonosfer), uydu saat hataları ve uydu sinyallerindeki gecikmelerden kaynaklanır. Navigasyon sistemlerinde bu hataların bir kısmı ihmal edilirken, hassas çalışmalarda bunlar ayrıntılı olarak modellenmektedir. [51,52]

Sinyal varış zamanı ölçmesi: Bir GPS alıcısının hesaplayacağı konum için mevcut zamanın, uydu konumunun ve alınan sinyalin gecikmesinin ölçülmesi gerekir. Alıcı, gecikmeyi ölçmek için alınan sinyalle kendi ürettiği sinyali karşılaştırır. Bu işlem C/A-Kodda 3 m, P (Y)-Kodda 30 cm kadar hataya neden olabilir.

Atmosferik etkiler: Atmosferik koşullardaki, özellikle de iyonosferdeki düzensizlikler, atmosferik tabakalardan geçen GPS sinyallerini etkiler. İyonosfer, atmosferin 50 ila 500 – 1000 km'leri arasında yer alan, en yoğun yeri 250 – 400 km'ler arası olan ve serbest elektronlarla ve iyonlarla dolu olan bir tabakasıdır. Modellenmemiş iyonosfer gecikmesi, 5 – 15 m hataya neden olabilir. Bununla birlikte, olağanüstü güneş aktiviteleri olduğunda, gün ortasında ve ufka yakın olarak 150 m'lik bir etkiye de ulaşabilmektedir. İyonosfer ayırgan bir ortam olduğundan, taşıyıcı dalga (carrier phase) ölçmelerinde frekans bağımlı ilerlemelere, kod ölçmelerinde de gecikmelere neden olur. Bir mikrodalganın iyonosferik gecikmesi, frekansına bağlıdır. Bu iyonosferik gecikmenin %99.9'una kadarı iki veya daha fazla frekans bandındaki (örneğin L1 ve L2) GPS ölçmelerinin doğrusal kombinasyonuyla

giderilebilmektedir. Alıcının yaklaşık konumu biliniyorsa, bu hataları tahmin etmek ve etkilerini gidermek için matematik modeller kullanılabilir. İyonosferik etki genellikle yavaş değişir ve zamana göre ortalaması alınabilir. Belirli bir coğrafi alandaki değerler, koordinatları hassas olarak bilinen bir noktanın GPS ile ölçülen koordinatlarıyla karşılaştırılarak kolayca hesaplanabilir. Bu fark (düzeltme) aynı bölgedeki alıcılar için de geçerlidir. Birçok yardımcı sistem, yalnızca L1 sinyal özellikli alıcıların iyonosferik düzeltme yapmaları için bu bilgileri radyo veya diğer bağlantılarla iletmektedir.

GPS-IIF uydularının fırlatılmasıyla, L5 sivil navigasyon sinyali GNSS kullanıcılarının hizmetine sunulmuş olacak, böylece tek başına L1 sinyalini etkileyen iyonosfer gecikmesinin etkisi giderilecektir.

Troposfer ise, yer ile 8 – 13 km arasındaki atmosfer tabakasıdır ve burada hava olayları gerçekleşir. Troposfer, ölçülerde 1 m hataya neden olabilmektedir. [49,53,54]

Multipath etkisi: GPS sinyalleri, çevredeki arazi, yapılar, duvarlar, sert zeminler, su yüzeyleri vb. etkilenebilir. Etkisi, çeşitli yöntemlerle ve uygun donanımların kullanımıyla (örneğin "choke ring" antenlerle) azaltılmaya çalışılır. Hareketli araçlarda GPS kullanımında multipath etkisi daha azdır.

Efemeris ve saat hataları: Uydulardan gelen navigasyon mesajları, uydu saat hatalarını ve bunlara ilişkin doğruluk tahminlerini içerir. Bu etkenler, birkaç m etki edebilir ve DGPS ile elimine edilebilir.

GDOP (Geometric Dilution of Precision): Uyduların, ölçme anındaki geometrisinin konuma olan etkisini ifade eder. Yüksek GDOP değerleri uygun olmayan uydu geometrisini gösterir ve ölçülere olumsuz yönde tesir eder. Düşük değerleri de açısal olarak ayrık uydu geometrisini yansıtır ve ölçmelerde arzu edilen bir durumdur. Geometrik DOP değerlerinden farklı olarak PDOP (Position Dilution of Precision), HDOP (Horizontal Dilution of Precision), TDOP (Time Dilution of Precision) gibi DOP değerleri sırasıyla hesaplanarak 3D, 2D konum ve zaman parametrelerinin doğrulukları hakkında bilgi verir.

SA: GPS'de sivil kullanıcıların erişebildiği sinyaller, bilinçli biçimde zamanın bir fonksiyonu şeklinde bozularak ölçmelerde 100 m'ye kadar hata getirebilir. SA etkisi 2000 yılının 2 Mayıs gününe kadar uygulanmıştır. SA'nın 2 Mayıs 2000'de

kaldırılmasından önce GPS ile yapılan ölçmelerde, yatayda ortalama 50 m, düşeyde de 100 m hata söz konusu olmaktaydı.

Anti-Spoofing: Askeri amaçlı olan P-Kodun başkaları tarafından taklit edilememesi için şifrelenmesi işlemidir. DGPS'yle doğruluğu arttırılan C/A-Kodu kullanan sivil kullanıcılar üzerinde pek etkisi yoktur.

Doğal girişim (interference) kaynakları: Alıcıya gelen GPS sinyalleri zayıfladıkça, doğal radyo sinyalleri veya saçılmış GPS sinyalleri alıcıdaki sinyalleri daha çok etkiler.

Yapay girişim (interference) kaynakları: Yapay elektromanyetik dalgalar, GPS tekrarlayıcıları ve radyo frekans aralığında yer alan güçlü sinyaller de GPS sinyallerine olumsuz etki yapar.

Göreliliğin etkileri de, düzeltilmesi gereken bileşenlerdendir. [43,55]

Alıcı hataları: Alıcıda meydana gelen hatalar, saat hataları ve alıcı gürültüsüdür (noise). Saat hatası, uydu saatlerinin hassasiyetinin alıcıdaki saatlerden daha yüksek olmasından kaynaklanır ve hesaplamalarda bilinmeyen olarak çözülür. Gürültü ise, alıcının elektronik bileşenlerinden kaynaklanır. Ayrıca, alıcı anteninde anten faz merkezi değişim hatası söz konusudur; cm-altı düzeyde olan bu hata açık deniz ölçmelerinde göz ardı edilebilecek bir hata bileşenidir. Multipath ve alıcı hataları DGPS yöntemiyle giderilemezler. [3,33,56,57,58]

GLONASS

GLONASS, 1970'li yıllarda Sovyet Rusya tarafından öncelikle askeri amaçlar için, global anlamda gerçek zamanlı konum ve hız bilgisi ile seyrüsefer sağlamak üzere kurulmaya başlanan ve 1995'te tamamlanan radyo bazlı uydu navigasyon sistemidir. GPS'nin, GALILEO'nun ve COMPASS'ın bir alternatifi ve tamamlayıcısıdır. 1988 yılında ABD ile yapılan ikili bir anlaşma sonucu, GPS ile GLONASS sistemini ortak kullanacak sivil havacılık uygulamalarını ve iki sistemde de çalışan alıcıları üretecek sektörün gelişmesini desteklemek maksadıyla, uluslararası kullanıma açılmıştır. 2012 yılı Şubat ayı itibariyle sistem 24 uyduyla hizmet vermektedir [59]; bu da, neredeyse 7/24 zaman aralığına yakın bir periyotta hizmet sağlayan (bazı zaman aralıklarında 10 taneye kadar uydu aynı anda görülebilmektedir) ve bir günlük zaman diliminin tüm zaman epoklarının %98'inde konum hesaplayabilen başlı başına bir sistem

anlamına gelmektedir [60]. Uydu tasarımlarının son versiyonu olan üçüncü nesil GLONASS-K'ların yörüngede yer almasıyla uydu sayısının 30'a ulaşacağı açıklanmıştır. Bu uyduların sağlayacağı ilave navigasyon sinyallerinin, GLONASS'ın performansını GPS/GALILEO/COMPASS ile uyumlu hale getireceği ve basit tasarımlı alıcıların çoklu uydu sinyallerini kullanabileceği ifade edilmektedir. [61,33]

GALILEO

GALILEO konum belirleme sistemi, ABD'nin GPS ve Rusya Federasyonu'nun GLONASS sistemlerine alternatif olarak AB tarafından geliştirilmekte olan bir uydu navigasyon sistemidir. [62]

GALILEO programı, yaşanan sıkıntılardan sonra, kamu tarafından finanse edilen bir projeye dönüştürülerek çalışmalara devam edilmiştir. 2014 yılında faal olması planlanan sistemde, kurulum tamamlandığında aktif 30 uydu yer alacaktır. Halihazırda, GIOVE-A ve GIOVE-B test uyduları yörüngede bulunmaktadır. GPS, GLONASS, COMPASS ve Japonya tarafından geliştirilen QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) bölgesel sistemi, askeri kontrol altında olan sistemlerdir ve sivillere hizmet sunuyor olsalar da, askeri gerekliliklerden dolayı sivil kullanıma kapatılmaları ya da hassasiyetlerinin düşürülmesi söz konusu olabilir. Sivil kontrol altında konum belirleme hizmeti sağlayacağı belirtilen GALILEO'nun, bağımsız navigasyon ve konum belirleme hizmeti sağlayacağı ve aynı zamanda diğer iki GNSS sistemiyle de birlikte çalışabileceği ifade edilmektedir. Bu nedenle 2004'te, Galileo E1 sinyalinin GPS L1 sinyaliyle eşitlenmesine karar verilmiştir. GPS ve GALILEO sinyallerinin kombine alıcılarda birlikte kullanımı, tek başına GPS'nin sunamadığı düzeyde doğruluk gerektiren daha hassas uygulamaların önünü açacaktır. Deniz seviyesinden olan yükseklikler dahil, metre-altı düzeyde ücretsiz hizmet sağlaması planlanan GALILEO sisteminin, özellikle engellerin yoğun olduğu yoğun alanlarda GNSS sinyallerinin ulaşılabilirliğini arttıracağı; uydu konumları ve eğimleri sayesinde de yüksek enlemli bölgelerde diğer global uydu sistemlerine göre daha iyi kapsama alanına sahip olacağı belirtilmektedir. [63,64]

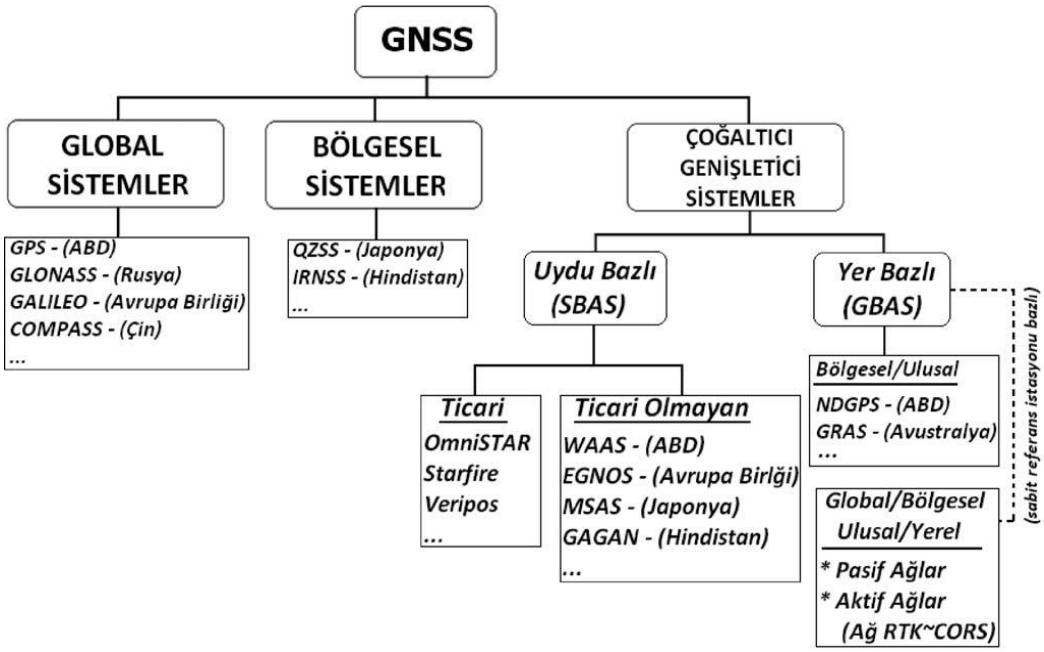
COMPASS (BeiDou-2, BD2)

Üç uydudan oluşan BeiDou veya Beidou-1 sistemi (BeiDou Satellite Navigation Experimental System), Çin tarafından geliştirilerek Çin ve Çin'e komşu ülkelerdeki

kullanıcılara navigasyon hizmeti sağlayan bölgesel bir sistemdi [65]. Halen yapım aşamasında olan ve COMPASS (BeiDou-2, BD2) olarak bilinen Çin'in ikinci nesil uydu navigasyon sistemi ise, 5 tanesi yer sabit (geostationary), 30 tanesi de orta yer yörüngesinde olmak üzere tüm dünyayı kapsayacak şekilde hizmet verecek 35 uydudan oluşması planlanan bağımsız global bir uydu navigasyon sistemidir. 2010 yılı itibariyle 6 uydusu olan sistemin 2020 yılında tüm dünyaya hizmet vermesi planlanmaktadır. Hâlihazırda planlanan tüm GNSS sistemlerinin tamamlanmasıyla kullanıcılar, uydu sinyallerine ulaşımın zor olduğu şehir kanyonları gibi alanlarda konum belirlemeye katkı sağlayacak toplamda 75+ uydudan yararlanabileceklerdir. COMPASS için tahsis edilen frekanslar, E1, E2, E5B ve E6'dır. Sivil kullanıcılara açık olacak olan hizmetin 10 m konum izleme doğruluğuna sahip olması, diğer lisanslı hizmetin de daha yüksek doğrulukta olması öngörülmektedir. [66]

GNSS

GNSS, global anlamda konum belirlemeye olanak sağlayan uydu navigasyon sistemlerinin standart jenerik terimi olarak kullanılmaktadır. GPS (ABD), GLONASS (Rusya), COMPASS (Çin) ve GALILEO (AB) sistemleri önümüzdeki birkaç yıl içinde global anlamda hizmet verecek olan uydu temelli sistemlerdir [67]. Bugün GPS ve GLONASS sistemlerinin faal kullanımının yanı sıra yakın bir gelecekte GALILEO ve COMPASS gibi diğer global sistemlerin devreye girmesiyle, bölgesel ve çoğaltıcı/genişletici (augmentation) diğer sistemleri de içeren GNSS konsepti (Şekil 3.12), günümüzde geniş bir kavramı ifade eden bir terim olmuştur [68]. Günümüzde faal durumda olan GPS ve GLONASS sistemlerinin her ikisi de, yerden yaklaşık 20000 km yükseklikte dönen uydulardan yararlanmaktadır. MEO (Medium-Earth Orbit) diye tabir edilen bu uydular L1 ve L2 frekans bantlarında sinyal yayınlarlar. Son 25 yılda iki sistemin de uzay altyapısı, yeni uydu nesilleriyle sürekli güncellenmektedir. GPS uydularının 5 nesli (Blok I, Blok II, Blok IIA, Blok IIR, Blok IIR-M) uzaya gönderilmiştir ve iki yeni nesilin de (Blok IIF, Blok III) gönderilme çalışmaları devam etmektedir. Blok IIF ve III uyduları, ilave L5 frekansında sinyaller yayınlayacağı için yüksek hassasiyet gerektiren çalışmalarda ayrı bir öneme sahiptir. GLONASS sistemi halihazırda yörüngede iki uydu tipine (GLONASS ve GLONASS-M) sahiptir ve 2010 yılından sonra, yeni L3 frekansında sinyal yayını yapacak yeni bir tipi (GLONASS-K) daha uzaya gönderilecektir. L3'ün tam frekansı belli olmasa da GPS L5'e benzer veya yakın olması muhtemeldir [50].



Şekil 3.12 : GNSS konsepti [68].

2015 yılı itibariyle, gökyüzünde 60 ila 90 arasında uydu olacağı, yer yüzeyinin herhangi bir noktasında belirli bir zamanda 40'tan fazla uydunun görünür olacağı ve aynı anda birçok navigasyon sinyalinin olduğu iki veya üç GNSS sisteminin tamamen faal durumda olacağı öngörülmektedir. Performans beklentileri ve önemli navigasyon uygulamaları da ulaşılabilen maksimum sayıda uydunun kullanımını gerektirmektedir. [69,70] Aralık 2008'de üç yeni Rus GLONASS uydusunun fırlatılmasıyla başlayan süreç sonunda GLONASS sistemi 24 faal uyduya sahip olmuştur. 2012 yılı başı itibariyle, GPS ve GLONASS'ı kapsayan GNSS sistemi, 56 (32 GPS ve 24 GLONASS) kullanılabilir uydu sayısına ulaşmıştır. GNSS kullanıcısı için bu, açık gökyüzü koşullarında, yalnız GPS'yle ulaşılan 12 adet uydu sayısıyla kıyaslandığında, yaklaşık 19 tane GPS+GLONASS uydusunun aynı anda görünür olduğu anlamına gelmektedir; yani %60 daha fazla uyduya ulaşılabildiği görülmektedir. Bu genişletilmiş GNSS sisteminin yararı, GNSS sinyallerini, görünür uydu sayısını doğru bir kullanıcı çözümüne olanak sağlayan en az uydu sayısının altına düşürebilecek yapıların yer aldığı büyük şehir alanlarında daha da fazladır [70]. Artık GNSS alıcısı üreten firmaların çoğu, global uydu konum belirleme alıcılarını GNSS sistemlerine uygun olarak üretmektedir.

Herhangi bir tekli sistemle karşılaştırıldığında çoklu GNSS sistemlerinin kombinasyonu, süreklilik, güvenirlik, hassasiyet ve verimlilik gibi birçok yönden

avantajlara sahiptir. GPS ve GLONASS iki bağımsız global uydu navigasyon konum belirleme sistemidir ve bunların kombinasyonu, uydu geometrisini sürekli ulaşılabilecek şekilde geliştirebilir ve otonom bütünlük ve hassasiyeti de artırabilir. [71]. GPS ve GLONASS gibi mevcut uydu navigasyon sistemlerinin modernizasyonu ve GALILEO veya COMPASS gibi yeni sistemlerin kurulması, bu navigasyon sistemleri arasında birlikte çalışabilirlik ve girişim (interference) gibi konuları gündeme getirmiş, bunların derinlemesine araştırılması gerekliliğini ortaya koymuştur [72,47].

Bölgesel uydu tabanlı konum belirleme sistemleri

Mevcut navigasyon uydu sistemleri, global sistemler (GNSS) ve bunları takviye eden EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), WAAS (Wide Area Augmentation System), MSAS (The Multi-functional Satellite Augmentation System) ve QZSS gibi sistemlerdir. GNSS sistemleri, navigasyon kullanıcılarına kabul edilebilir bir performans sağlamak için en az 24 uydudan oluşan bir kurulumu temel alırlar ve dünya üzerine dağılmış bir yeryüzü altyapısına ihtiyaç duyarlar. GNSS, tüm dünyada homojen bir performans sağlamak için tasarlanmıştır; nüfusun yoğun olduğu bölgelerde daha iyi bir performans vermesi için özelleştirilmemiştir. Uydu navigasyon teknolojisine ve uygulamalarına olan talebin arttığı bir ortamda, ülkelerin veya bölgelerin kendi navigasyon altyapılarını kurmalarında veya var olanları geliştirmelerinde birçok engeller bulunmaktadır. Bu durumu aşmak için alternatif veya tamamlayıcı yaklaşımlar gerekmektedir. Bunlardan biri de Düşük Maliyetli Navigasyon Uydu Sistemleri yani LCNSS (Low Cost Navigation Satellite System) kavramıdır. Bir LCNSS, ilgilenilen alan üzerindeki gözlem periyotlarını maksimize edecek şekilde en uygun hale getirilmiş az sayıdaki (5 – 10 uydu) uydu kurulumundan ve hedef kapsama alanına yayılmış sınırlı sayıdaki istasyonun bulunduğu yer bölümünden oluşur. Bu da, hedef kapsama alanında gerekli performans değerini sağlamak için, uyduların sabit konumda durmasını sağlayan uydu yörüngelerinin kullanılmasıyla ve kurulum parametrelerinin optimize edilmesiyle sağlanır. LCNSS otonom olarak veya diğer GNSS sistemleriyle kombine olarak, onların performansını iyileştirecek şekilde ve bütünlüğü arttıracak şekilde kullanılabilir. Otonom biçimde faaliyet gösteren bir LCNSS, bütün bir GNSS sistemini kurma, işletme ve bakım maliyetlerini karşılayamayacak ülke/bölgeler için GNSS'ye mantıklı bir alternatif oluşturmaktadır. [73]

Bu sistemlere örnek olarak, QZSS (Japonya), IRNSS (Hindistan) ve Beidou-1 (Çin) verilebilir. QZSS, modernize edilen GPS sistemini tamamlamak ve takviye etmek için tasarlanmış Doğu Asya ve Okyanusya bölgesine hizmet edecek bölgesel bir konum belirleme, navigasyon ve zaman (PNT) sistemidir. QZSS, uzay ve yer bölümlerinden oluşan ilk Japon uydu navigasyon sistemidir. Uzay bölümü üç uydudan oluşmaktadır ve daima en az bir uydu Japonya üzerinde zenite yakın bir yerde bulunacak şekilde tasarlanmıştır [74]. Sinyallerinin bir kısmı GALILEO ile çoğu da GPS ile uyumlu olan QZSS'nin ilk uydusu 2010 yılında yörüngedeki yerini almıştır. [75,76]

Tamamlayıcı (Augmentation) sistemler

GPS sisteminin tek başına konum belirleme doğruluğu, yörünge, zaman ve atmosferik hatalar nedeniyle 10 – 15 m düzeyindedir. İçinde birçok hata kaynağını barındıran GPS ölçülerine çeşitli uygun tekniklerin uygulanması sayesinde, sistemin performansı onlarca metreden cm hatta mm seviyelerine yükselmiştir. Bir global uydu navigasyon sisteminin takviyesi (augmentation), hesaplama sürecine dış bilgilerin eklenmesiyle navigasyon sisteminin doğruluk, güvenirlik ve ulaşılabilirlik gibi özelliklerinin iyileştirilmesidir. Hataların düzeltilmesi için kullanılan popüler yöntemlerden biri, aralarında kısa baz uzunluğu olan iki GPS alıcısından gelen eş zamanlı ölçmelerde çiftli farklar uygulayarak ölçme hatalarını elimine etmektedir. Bu yöntem DGPS sistemleri tarafından yoğun olarak kullanılan bir yöntemdir. Uzay yaklaşımı olarak da bilinen diğer yöntem, hata kaynaklarını ayrı ayrı tahmin etmekte ve bunları kullanıcılara, hatalarını azaltmaları için yayınlamaktadır. Bu uygulama, SBAS, GBAS (Ground Based Augmentation Systems) ve PPP gibi çeşitli takviye sistemlerini de kapsayan sistemleri doğurmuştur [77]. Birçok takviye sistemi mevcuttur ve genellikle bu sistemler, GNSS sensörünün dış bilgileri alış şekline göre isimlendirilir ve tanımlanırlar. Bazı sistemler hata kaynaklarına ilişkin ilave bilgiler (saat sapması, efemeris veya iyonosferik gecikme gibi) yayınlarken, bazıları sinyalin çıkışından itibaren ne kadar zaman geçtiğinin bilgisini sağlar, diğer bir kısmı da hesaplama sürecine katılacak ilave bilgileri sağlar. Karasal temelli DGPS sistemleri ve kamuya açık kullanımda olan takviye sistemleri, mesafe ve veri iletiminde yaşanan parazitler nedeniyle konum doğruluğunu ancak 3 – 10 m düzeylerinde iyileştirebilmektedir [78].

Günümüzde birçok takviye sistemi hizmet vermektedir. DGPS sistemlerine benzer şekilde, bu sistemler de kod temelli ve baz temelli takviye sistemleridir. SBAS gibi tipik bir kod temelli takviye sistemi, hassas uygulamalar için yeterli olmayan metre altı konum belirleme doğruluğu sağlar. Klasik faz temelli takviye sistemleri, dm düzeyinde doğruluk sunan ancak halihazırda yalnızca abonelik hizmetleriyle sağlanabilen ve yüksek doğruluklu yörünge ve saat düzeltmeleri gerektiren gerçek zamanlı PPP sistemleridir. İlave donanım gerektiren bu veri abonelik hizmetlerinin ücretleri, birçok uygulama için endişe kaynağı olmuştur. [77]

GPS uydularını izleyen ve doğruluğu arttırmak için diferansiyel düzeltmeler sağlayan ilk uydu bazlı takviye sistemi WAAS'dir. Japonya'nın MSAS sitemi 2007 yılında hizmete girmiş, Avrupa'nın EGNOS sistemi, Hindistan'ın GAGAN sistemi ve Rusya'nın SDCM sistemleri de etkin hizmet sunma anlamında çalışamalarını tamamlamaktadır. EGNOS halihazırda ilk çalışma aşamalarında bulunmaktadır. Sistemin, 28'i Avrupa'da, biri Türkiye'de, 3'ü Afrika'da, biri Kuzey Amerika'da, biri de Güney Amerika'da olmak üzere toplam 34 istasyonu bulunmaktadır. Bununla birlikte, İzlanda, İskandinavya, Batı Avrupa, Akdeniz ve Güney Atlantik bölgelerini de kapsayacak şekilde daha geniş ve güvenli olacak şekilde kapsama alanını genişletme hedefi bulunmaktadır. [79]

Anlık çalışmalarda DGPS düzeltmeleri çeşitli kaynaklardan alınabilir. Bunlar:

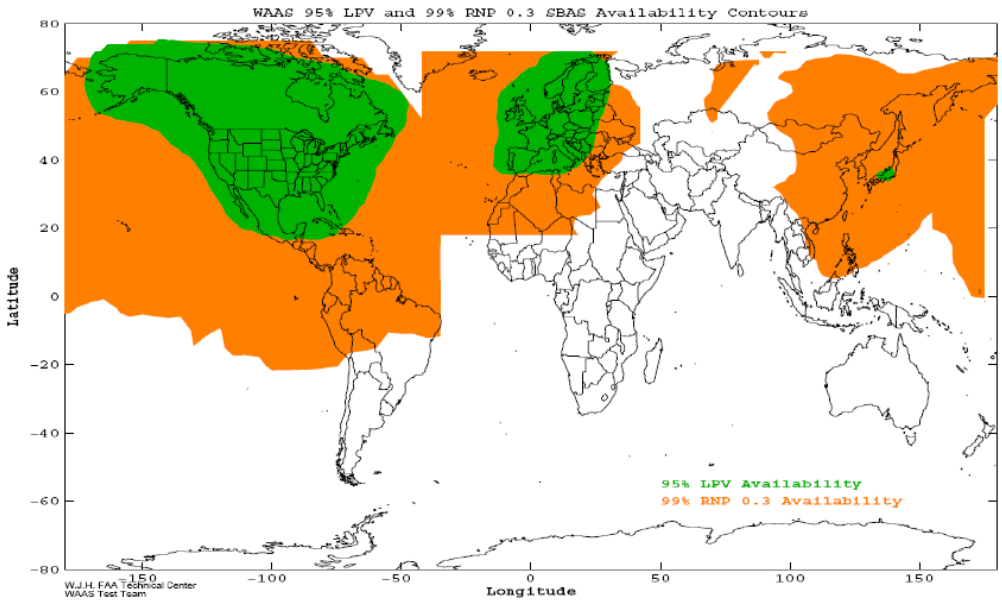
1. **Lokal Real Time olarak bilinen Referans İstasyonu Yöntemi:** Gerçek zamanlı olarak koordinat üretebilen yöntemlerdendir. Düzeltme verisi gerçek zamanda modem gibi donanımlar aracılığıyla yerel bir sabit istasyondan alınır. Bu yöntemde düzeltme verisinin iletiminde erişim kısıtlıdır. Referans istasyonlarının sıklığı, bu yöntemin verimliliği üzerindeki en önemli etkenlerdendir.

2. **Uydu Bazlı Real Time Diferansiyel GPS Yöntemi:** Bu yöntemde koordinat düzeltme işlemi, bu amaçla kullanılan uydulardan alınan düzeltmelerle gerçekleştirilir. Böylelikle hareket ve bölge kısıtlaması ortadan kalkar, hızlı ve pratik bir şekilde sonuç elde edilir. Uydu bazlı yöntemde iki farklı tipte uydudan düzeltme alınabilir:

- Ücretli abonelik sistemi ile çalışan uydular (örneğin OmniSTAR): GPS alıcısı, ürettiği koordinata uygulayacağı düzeltme verisini bu tip abonelik sistemli ilave

uydulardan alır. Abonelik işlemi 1 ila 5 yıl arası süreler için geçerlidir. Bu süre sonunda abonelik yenilenmezse elde edilecek hassasiyet birkaç metre dolaylarında kalmaktadır.

- Ücretsiz yayın yapan SBAS uyduları (örneğin WAAS, EGNOS, MSAS): Bu uyduların kapsama alanında olan ülkelerde kullanılabilmektedir (Şekil 3.13). Türkiye'nin bir kısmı, 3 adet EGNOS uydusunun kapsama alanındadır. Uygun donanımlar bu düzeltmelerden ücretsiz olarak yararlanabilmektedir.



Şekil 3.13 : Kamu yararına hizmet veren SBAS sistemlerinin kapsama alanı [80].

Yer tabanlı sistemler (GBAS)

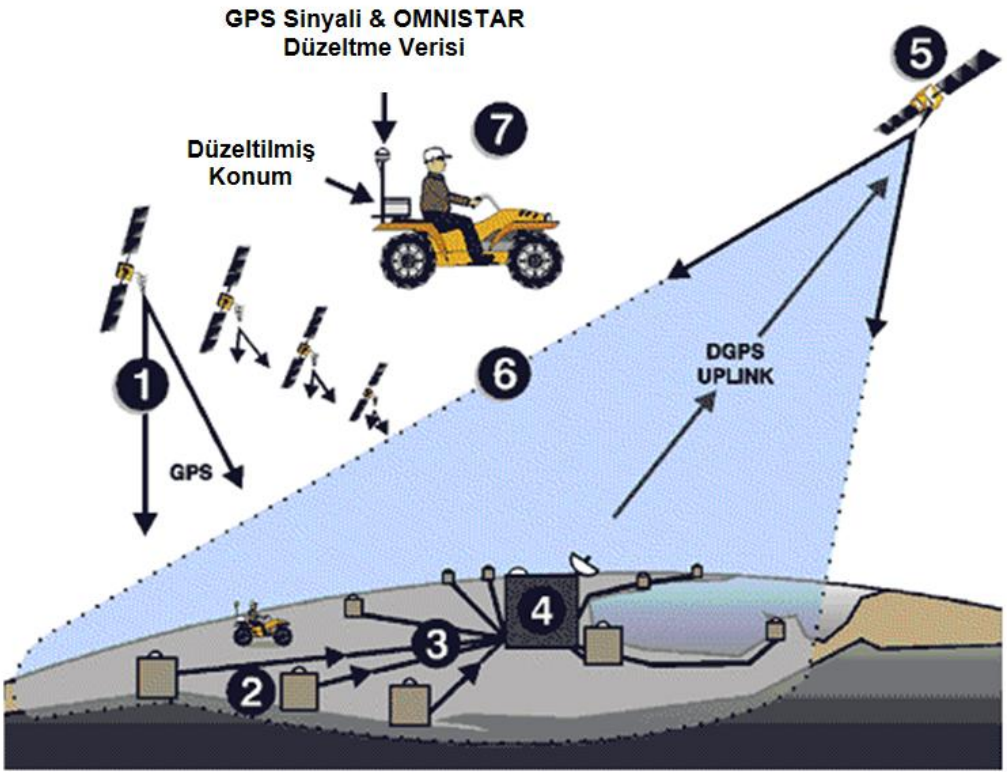
Yer tabanlı takviye sistemi veya yer tabanlı bölgesel takviye sistemi terimleri, yersel radyo mesajlarının kullanımıyla takviye sağlayan bir sistemi tanımlamaktadır. Uydu tabanlı takviye sistemlerine benzer şekilde yer tabanlı sistemler de genellikle, GNSS ölçüleri yapan ve hesapladığı düzeltmeleri son kullanıcılara doğrudan ileten, hassas bir biçimde ölçülmüş bir veya daha fazla yer istasyonundan oluşur. Genel olarak GBAS ağları, 20 km içerisindeki alıcılara hizmet verdiğinden ve VHF ve UHF bantlarında yayın yaptığından, yerel olarak bilinirler. LAAS (Local Area Augmentation System, ABD) sistemi GBAS sistemlerine bir örnektir. USCG'nin (United States Coast Guard) LF 'beacon'ları da DGPS düzeltmesi yayınlayan yersel bir sistemdir.

Uydu tabanlı sistemler (SBAS)

Uydu tabanlı bir takviye sistemi, bu amaçla gönderilen uyduların yayınladığı mesajları kullanarak geniş bir alanda veya bölgesel anlamda takviye sağlar. Bu gibi sistemler hassas biçimde ölçülmüş noktalara yerleştirilen çoklu yer istasyonlarından oluşur. Çift frekanslı alıcılarla donatılmış ve hassas biçimde ölçülmüş yer istasyonları ağı, ülke/bölge boyunca GPS uydu verilerini toplamak amacıyla stratejik olarak konumlandırılmıştır. Yer istasyonları, uyduların sinyallerini ve kullanıcılar tarafından alınan sinyalleri etkileyebilecek diğer çevresel faktörleri ölçer. Bu referans istasyonları tarafından ölçülen eğik iyonosfer gecikmeleri, kapsama alanındaki belirli enlem/boylam noktaları için düşey iyonosfer gecikme tahminleri oluşturmak amacıyla merkezi işlem birimi tarafından iyonosfer modelleri ile birlikte kullanılır. Bu düşey gecikme tahminleri, kapsama alanındaki kullanıcılara yayınlanır. Kullanıcı donanımı, görünür her bir GPS sinyali için bir düşey iyonosfer gecikmesi oluşturmak üzere bu noktalar arasında enterpolasyon yapar [69]. Bu veriler kullanılarak bilgi mesajları üretilir ve son kullanıcılara yayınlanması için bir veya daha fazla sayıdaki sistem uydusuna gönderilir. SBAS sistemlerinin tasarımı ve uygulaması farklılıklar gösterse de bu isim, bu gibi uydu bazlı takviye sistemlerinin genel adı olarak bilinmektedir. Bu sistemlere örnek olarak, WAAS ve WAGE (The Wide Area GPS Enhancement, ABD), EGNOS (AB), MSAS (Japonya), SNAS (The Satellite Navigation Augmentation System, Çin), GAGAN (Hindistan), StarFire (John Deere) ve OmniSTAR/ StarFix/SeaSTAR (Fugro) verilebilir.

Bu kısımda, ücretli abonelik sistemine göre hizmet veren takviye sistemlerine ilişkin kısa bilgiler verilecektir.

OmniSTAR, dünya üzerinde herhangi bir konumdaki kullanıcıya, herhangi bir zamanda, tüm dünyaya uygun biçimde yayılmış istasyonlarında hesaplanarak yer sabit uydulara aktarılan gerçek zamanlı konum belirleme amaçlı diferansiyel düzeltme verisi sağlamaktadır. Şekil 3.14'te kullanıcının bulunduğu bölgedeki DGPS düzeltme verisi sağlayan kuruluşun yer istasyonları GPS uydularından konum verilerini almakta ve merkez istasyona iletmektedir. Merkez istasyon da o alanda geçerli olacak düzeltme verilerini hesaplayarak sistemin bir bileşeni olan ve düzeltme verilerini kullanıcılara iletme amacıyla kullanılan uydulara göndermektedir. Kullanıcı, GPS uydularından gelen konum verileri ile birlikte bu uydulardan gelen düzeltme verilerini alarak düzeltilmiş konumunu elde etmektedir.



Şekil 3.14 : DGPS çalışma prensibi [81].

OmniSTAR VBS teknolojisi kullanıcılara, metre-altı düzeyde doğruluk sağlar. OmniSTAR HP/XP ve G2 çözümü ise, çift frekanslı taşıyıcı faz düzeltmeleri sağlayan bir takviye sistemidir ve dm düzeyinde (yatayda 10 cm, düşeyde 15 cm) sağlam ve güvenilir yüksek performanslı konum belirleme sağlar. [81,82]

Denizlerde yapılan konumlandırma çalışmalarında OmniSTAR düzeltme verileri kullanılamamakta, denizler için diğer takviye hizmet seçenekleri kullanışlı olmaktadır. Bunlar, Fugro firmasının sahip olduğu StarFix sistemi ya da VERIPOS'un takviye sistemleri gibi sistemlerdir.

Fugro'nun StarFix G2 hizmeti, GPS ve GLONASS konum belirleme sistemlerine ilişkin referans istasyonları tarafından üretilen yörünge ve saat düzeltmelerini temel alan bir GNSS takviye sistemidir. Bir PPP teknolojisi olan bu hizmet, uydu hatalarını toplu olarak değil de kaynak, yani uydu başına tahmin ettiğinden, geleneksel diferansiyel yöntemlerden ayrılır. PPP, bir referans istasyonuna ihtiyaç duymadan bir noktanın konumunu elde etmek için hassas efemeris ve saat bilgilerini kullanarak pseudorange ve taşıyıcı faz ölçmelerini işlemeyi kapsayan bir yöntemdir. Son on yılda PPP yöntemleri önemli ölçüde gelişmiştir ve günümüzde, hassas IGS

(International GNSS Service) ürünlerinin kullanımıyla birlikte, statik konum belirlemede 7/24, cm düzeyinde doğruluk sağlanmaktadır [83]. SkyFix-XP sistemi de bir PPP teknolojisidir ve çift frekanslı GPS alıcısı ve anteni ile yatayda 10 cm, düşeyde 20 cm (%95) doğruluk sağlar. Starfix.Plus sistemi, 1500 km mesafede 1.5 m'den (%95) daha iyi yatay konum doğruluğu sağlarken, Starfix.L1 ve Starfix.HF sistemleri 500 km mesafede 1.5 m'den (%95) daha iyi yatay konum doğruluğu sağlamaktadır [82,84].

Eğer konumlandırılacak deniz aracı bu amaçla kullanılan uydu terminaline sahip değilse yani düzeltme verilerini alacak demodülatör yoksa, çözüm olarak NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol) iletim protokolünü kullanan ve internet bağlantısı gerektiren bir internet bazlı düzeltme hizmetinden yararlanılabilmektedir (örneğin V-Sat).

VERIPOS, yüksek güçteki uydu sinyalleri vasıtasıyla GPS düzeltme verileri sunan, abonelik sistemiyle çalışan bir GNSS takviye hizmetidir. VERIPOS'un kendi ağında, 80 adet yersel GNSS referans istasyonu bulunmakta ve 7 tane yer sabit uyduyla yayın yapılmaktadır.

VERIPOS Apex ve Ultra, dm düzeyinde konum doğruluğu sağlayan, açık denizlerdeki tüm konum belirleme ve navigasyon gereksinimlerini karşılayabilecek şekilde tasarlanmış güncel bir hassas konum belirleme hizmetidir. Apex, GPS uydu yörünge ve saat hataları, troposferik ve iyonosferik hatalar ve mulipath hataları gibi tüm GNSS hata kaynaklarını modelleyen ve gideren bir mutlak konum belirleme tekniği olan PPP'yi kullanmaktadır. Normal yatay doğruluk 10 cm, düşey doğruluk 20 cm'dir (%95). Koordinat referans çerçevesi, ITRF05'tir. Bu hizmet, ilave donanım ve yazılımlarla kullanılabilmektedir. Veri formatı da markaya özeldir.

VERIPOS Standard Plus, normal doğruluğu, 2000 km'ye kadar 1 m (%95) olan ve koordinat referans çerçevesi ITRF05 olan, çift frekanslı bir düzeltme veri hizmetidir. RTCM SC-104 (The Radio Technical Commission for Maritime Services Special Committee-104) uyumlu herhangi bir GPS alıcısı ile kullanılabilir (1,3, 15 ve 16. Mesajlar). VERIPOS Standard ise, L1 taşıyıcı ve C/A-Kod ölçmelerini temel alan ve metre düzeyinde konum doğruluğu sağlayan ve normal doğruluğu 2000 km'ye kadar 2 m'den az (%95) olan bir GPS takviye hizmetidir. RTCM SC-104 uyumlu herhangi bir GPS alıcısı ile kullanılabilir (1,3 ve 16. Mesajlar).

VERIPOS GLONASS, yerel maskeleme, iyonosferik ışıma veya zayıf GPS geometrisi gibi durumlarda, ulaşılabilirliği arttıran ve kombine çözümün konum doğruluğu m düzeyinde olan, normal doğruluğu da 2000 km'ye kadar 2 m'den az (%95) olan bir GNSS takviye hizmetidir. Standart RTCM formatında kodlanan düzeltmeler, uyumlu GNSS alıcı donanımlarıyla doğrudan kullanılabilmektedir. (31 ve 32. Mesajlar). [85]

Açık denizlerde, zaman zaman kıyıdan oldukça uzakta gerçekleştirilen platform konumlandırma gibi uygulamalarda, hedeflenen doğruluk düzeyine ulaşmak için genellikle abonelik sistemine göre çalışan uydu tabanlı düzeltme (takviye) sistemleri kullanılmaktadır.

3.4.3 Atalet Seyir Sistemleri – INS

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan navigasyon teknolojisi GNSS'dir. Ancak, tek başına GNSS navigasyonu, özellikle kara araçlarında bazen zayıf kalabilmektedir ve bu nedenle navigasyon hizmetinin istenen doğrulukta, bütünlükte ve erişilebilirlikte olabilmesi için diğer bilgi kaynaklarıyla desteklenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, GNSS alıcılarının yanında, Atalet Seyir sistemi (INS) ve sayısal haritalar gibi bilgi kaynakları da kullanılmaktadır. INS tek başına yüksek veri oranıyla bütünsel navigasyon çözümleri sağlayabilmektedir; ancak, bu yöntemin dezavantajı, yeni konumlar yalnızca bir önceki konumdan hesaplandığı için, süreçteki hatalar toplamda etki etmekte ve konumdaki hata zamana göre artmaktadır [86]. Navigasyon doğruluğunun artırılması hala birçok araştırmanın konusudur ve cevap genelde, ilave sensörlerin kullanılmasıdır. Genellikle GNSS ile birlikte kullanılan atalet ölçme sensörleri, GNSS sinyallerinin olmadığı veya yüksek multipath veya sinyal karıştırma ortamlarında bile navigasyon yeteneği sağlamaktadır [87].

INS, hareket eden bir nesnenin konum, yönelim ve hızını, herhangi bir dış referansa ihtiyaç duymadan DR (Dead Reckoning) yöntemiyle sürekli olarak hesaplamak için bilgisayar, hareket sensörü (ivmeölçer) ve dönme sensörlerini (gyroskop) kullanan navigasyon destek sistemidir. DR, bir nesnenin mevcut konumunu, belirlenmiş bir önceki konumu temel alıp, geçen süre ve açıya göre bilinen veya tahmin edilen hızı yardımıyla hesaplayarak belirleme işlemidir.

Bu sistemler deniz araçları, hava araçları, denizaltılar, güdümlü füzeler ve uzay araçları gibi araçlarda kullanılmaktadır. Bazı INS sistemleri, mutlak bir açısal referansı korumak için gyroskopik bir bileşene sahiptir. Açısal ivmeölçerler aracın 3 boyutlu uzayda nasıl döndüğünü ölçerler. Genellikle, üç eksenden her biri için en az bir sensör vardır (pitch, roll ve yaw). Örneğin, Şekil 3.2 b'de, bir deniz aracının 3 ana eksene göre yaptığı açısal ve doğrusal hareketler görülmektedir.

Bilgisayarlar olmadan INS sistemlerinin verimli biçimde kullanımı zordur. INS sistemleri, uydu navigasyon sistemleriyle birlikte kullanıldığında, uydu sistemi atalet sisteminde biriken hataları düzeltir. INS ve GPS teknolojileri çeşitli konumlandırma ve navigasyon uygulamalarında ayrı ayrı ya da birlikte yaygın olarak kullanılmaktadır. GPS ve INS'nin entegrasyonu, tek başına her bir sistemin eksikliklerini ortadan kaldırmakta ve genel performansı geliştirmektedir [88].

3.4.4 Deniz tabanında kullanılan akustik konum belirleme sistemleri

Akustik konum belirleme ve su altında konumlandırma, tez çalışmasının kapsamında yer almasa da, tezin başlıca konusu olan yüzey konumlandırmasından sonra, sondajdan önceki en önemli adım olduğu için (derin denizlerde) ve yine bir konum belirleme türü olduğu için, bu başlıkta konuyla ilgili genel bilgiler verilecektir.

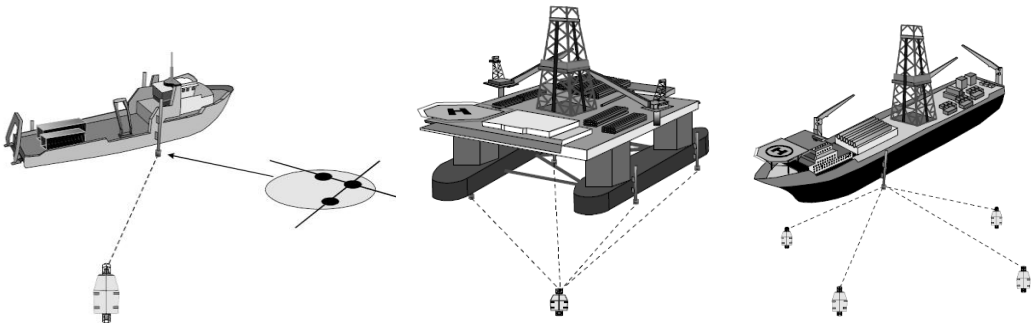
Su altında ses, gemilerin suda nagivasyonuna yardımcı olarak ve ayrıca, insanlı/insansız su altı araçlarının navigasyonunda kullanılmaktadır. [89] Suyun dibine dalan araçların deniz tabanındaki seyirleri-navigasyonları sırasında konumlarının belirlenmesi için, akustik 'transponder' (yanıtlayıcı cihaz) diye adlandırılan donanımlar kullanılarak akustik navigasyondan yararlanılır. Bu teknik, uydu navigasyonuna oldukça benzemektedir. Burada, yörüngede dolaşan uyduların yerinde gemiden denize gönderilerek deniz tabanına sabitlenen ses yayıcı 'transponder'lar vardır. Bu 'transponder'ların konumları, geminin GPS'si kullanılarak ve bunların suya bırakıldığı yerde bu cihazlara olan mesafenin akustik olarak ölçülmesiyle belirlenir. 'Transponder'ların, zamanı hassas biçimde ölçebilecek saatleri vardır. Her bir 'transponder' belirli bir frekansta ses sinyalleri yayan, yine tabanda gezen aracı veya gemiyi dinlemek için ayarlanır. Gezici araçta/gemide ve 'transponder'da yer alan saatler senkronize edilmiştir. Her bir 'transponder' gemiden gelen belirli bir frekanstaki (örn 9 kHz) ses sinyalini aldığında yani "duyduğunda", araca veya gemiye bir ses sinyali yayınlayacak, yani

"konuşacak" şekilde programlanmıştır. Her bir 'transponder' farklı bir frekansta konuşmaktadır; bu nedenle araçta veya gemide bu sinyaller alındığında, hangi 'transponder' tarafından gönderildiği bilinmektedir. Aracın konumunun hesaplanması için basit geometri ve temel matematik bilgilerinden yararlanılmaktadır. Sesin sudaki hızı (tuzlu suda ortalama 1500 m/s, tatlı suda 1435 m/s) ve 'transponder'dan çıkan sinyallerin araç veya gemiye ulaşması için geçen süre bilinmektedir. Sesin sudaki hızıyla sinyalin seyahat süresi çarpıldığında, her bir 'transponder' ile tabandaki araç veya gemi arasındaki uzaklıklar bulunmaktadır. İzlemenin yapıldığı gemideki bilgisayarlar, gemiden ve 'transponder'lardan olan mesafe ölçülerini kullanarak (üçgenleme ile), üç boyutlu uzayda, tüm 'transponder'lar ve gemi arasında ölçülmüş tüm mesafelerin kesiştiği tek bir noktayı hesaplayabilirler ve hareketli araç, gemide kurulu sistem ekranından anlık olarak izlenebilir. Böylelikle, geminin global sistemde belirlenen konumundan, su altındaki aracın/gezici geminin konumu akustik yöntemle belirlenmiş olur. [89,90]

Su altında akustik konum belirlemede uygulanan çeşitli yöntemler vardır. USBL/SSBL (Ultra/Super Short BaseLine Positioning System) bu yöntemlerden biridir. Bütünsel bir USBL sistemi, geminin tabanından aşağı doğru bir çıkıntıya yerleştirilen 'transceiver' (alıcı-verici) ve deniz tabanında bulunan bir 'transponder' veya bir ROV'den (Remotely Operated Underwater Vehicle) oluşur. 'Transceiver' başlığı normalde 10 cm veya daha az mesafeli (SBL'de baz uzunluğu: 20 m – 50 m iken, USBL/SSBL'de baz uzunluğu: < 10 cm'dir) bir baz çizgisiyle ayrılan üç veya daha fazla 'transducer'den oluşur. Faz farklılaştırma (phase-differencing) diye adlandırılan bir yöntem, bu dönüştürücü dizisinde, sualtı yanıtlayıcılarının açılarını hesaplamada kullanılır (Şekil 3.15 a ve b).

Bir su altı konumunu hesaplamak için 'transceiver', 'transponder'a bir akustik dalga gönderir; bu sayede 'transceiver'den su altı işaretine olan hem mesafe hem de açı hesaplanır. USBL sisteminde yer alan bir bilgisayar da, 'transceiver' tarafından ölçülen mesafelerden ve açıklık açılarından konumları hesaplar. [91]

Diğer bir yöntem olan LBL (Long BaseLine Acoustic Positioning System), genellikle derin sularda (su derinliği > 1000 m) kullanılan bir akustik konum belirleme yöntemidir (Şekil 3.15 c). LBL'de baz uzunluğu: 100 m – 6000+ m'dir. Tipik bir LBL su altı konum belirleme sistemi bir 'transceiver' ve su altında dizi



a) b) c)

Şekil 3.15 : Su altında akustik konum belirleme sistemleri: a) USBL/SSBL. b) SBL. c) LBL. [91,92].

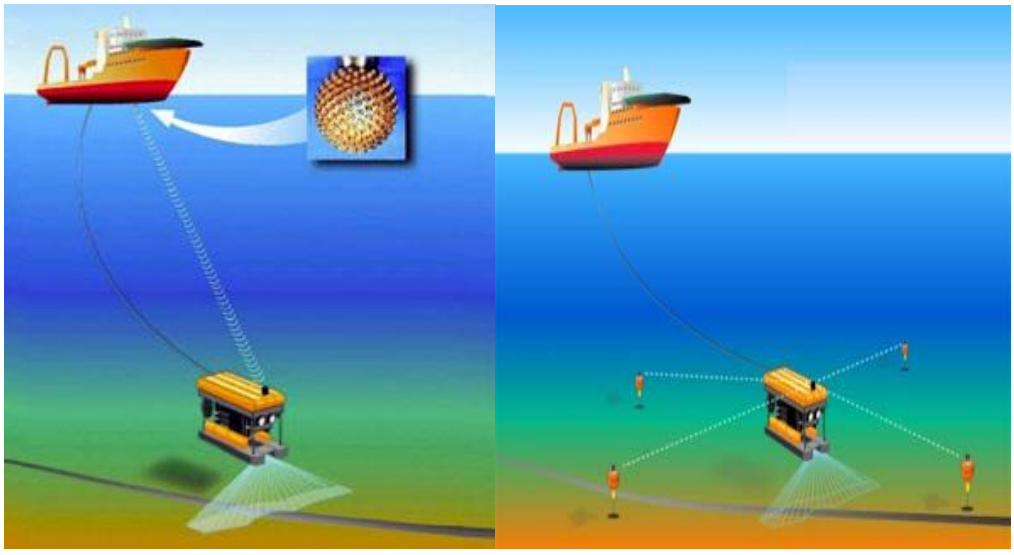
oluşturacak şekilde düzenlenmiş çok sayıda işaretten (beacon) oluşur. LBL 'transceiver'i her bir işarete sinyal (ping) gönderir ve dizi içindeki konumunu hesaplamak için sinyalin iki yönlü seyahat süresini kullanır. Genel olarak, 5 – 25 adet işaret deniz tabanına yerleştirilir. Her bir işaretin konumu hassas bir biçimde belirlendikten sonra (kalibre edildikten sonra), dizi navigasyon için hazırdır. Dizi kalibre edildikten sonra, bir su altı aracı (örn. ROV), dizideki her bir işarete olan mesafeleri ölçecek ve işlenmesi için bu verileri yüzeydeki bir bilgisayara gönderecek bir alıcı-vericiyle donatılır. Bilgisayar da bilinen noktalardan olan bu mesafeleri, aracın son konumunu belirlemek ve onu izlemek için kullanır. LBL konum belirleme, USBL veya SSBL yüzey bazlı konum belirlemeden daha yüksek doğruluktadır.

1000 m veya daha derin sularda, yüzeyden yapılan akustik konum belirleme, büyük miktarlarda gürültüye ve sesin katetmesi gereken çok uzun mesafeler nedeniyle bazen uzun cevap sürelerine maruz kalır. Derin sularda deniz tabanına yakın derinliklerde gürültü düzeyleri yüzeye yakın yerlerdekinden çok daha azdır; bu nedenle LBL genellikle, su derinliğine bakmaksızın konumları 30 cm'den daha az hatayla belirler. LBL, çoklu kaynaklardan gelen mesafe bilgilerini birleştirmektedir. Bu fazla ölçüler de gürültüleri elimine etmeye yarar. [93]

Günümüzde derin deniz sondajları gibi deniz tabanında konumlandırma çalışmalarında binlerce metre derinlikte metre-altı veya buna yakın doğruluk sağlayan akustik tabanlı çeşitli sistemler (Hydroacoustic Aided Inertial Navigation-HAIN, High Precision Acoustic Positioning-HIPAP vb.) kullanılmaktadır.

Akustik konum belirlemede kullanılan önemli bileşenlerden biri de, yüzeydeki gemiyle bağlantısı olup, yüzeyden kontrol edilebilen ve su altı robotu olarak da bilinen ROV'dir (Şekil 3.16 a ve b). Teknolojideki ilerlemeler ve yeteneklerinin gelişmesi sayesinde, elektrik gücüyle ve hidrolik özelliklerle donatılan ve 3000 m su derinliğinde çalışabilen ROV'ler, tüm dünyada açık deniz petrol ve gaz endüstrisinin derin deniz hidrokarbon arama, geliştirme, üretim ve tamirat gibi çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. ROV'lerin içinde insan yoktur, yüksek manevra kabiliyetine sahiptirler ve yüzeydeki gemide yer alan bir personel tarafından yönlendirilirler. Gemiye, elektrik gücü, video ve operatör-araç arasında veri sinyalleri taşıyan iletişim kabloları ile bağlanırlar. Çoğu ROV en azından bir video kamera ve ışıklandırma ile donatılmıştır. ROV'lerin görevleri askeri ve bilimsel amaçlı çalışmalardan, deniz altı yapılarının kurulması, boru hatlarının ve su altı yapılarının incelenmesi, boru hatlarının bağlanması ve su altı birleşme yerlerinin (manifold) yerleştirilmesi, su altı kablo hatlarının döşenmesi ve sondaj ekipmanının deniz tabanında konumlandırılmasına destek olmaya kadar uzanır. [94,95]

ROV'nin konumu, geminin tabanında yer alan 'transducer' ve ROV'nin üzerinde yer alan ve 'beacon' diye tabir edilen işaretten yararlanılarak hesaplanır (Şekil 3.16 a). Bu sayede su altı 'transponder' ağından yararlanarak seyreden bir ROV (Şekil 3.16 b), yüzeydeki ekran üzerinden izlenebilmektedir. [89]



a) b)

Şekil 3.16 : ROV: a) ROV'nin konumunun belirlenmesi. b) Su altında seyreden bir ROV. [89].

4. PETROL PLATFORMLARININ KONUMLANDIRILMASI ve İZLENMESİ

4.1 Konumlandırma

Açık denizlerde petrol arama ya da geliştirme amaçlı olarak kullanılan platformların konumlandırılması, sondaj öncesindeki en önemli aşamadır. Konumlandırmada amaç, platformun sondaj kulesi orta ekseninin, sensörlerden gelen dinamik/gerçek zamanlı konum bilgilerinden yararlanılarak hedeflenen noktaya ulaştırılmasıdır. Konumlandırmada yapılan işlem özetle, lokal (platform) koordinat sisteminde koordinatları bilinen noktaların (özellikle sondaj kulesi orta ekseni, yani 'rotary' noktasının), global koordinat sistemindeki koordinatlarının hesaplanması, bu koordinatların da hedeflenen koordinatlara, belirlenen konum toleransı içerisinde kalacak şekilde getirilmesidir. Günümüzde, petrol platformlarının bir konumdan diğerine navigasyonu için genellikle, geçici olarak platforma kurulan DGPS alıcıları ve gyropusuladan yararlanılır. Bu sensörlerden gelen ölçüler ayrı ayrı kullanılır. Yaygın olarak, bu iki sistemin tek bir işleme sisteminde birleştirilmesi yerine, bunların ayrı ayrı birincil ve ikincil sistemler olarak kullanımı söz konusudur. [3] Platform koordinat sisteminden global koordinat sistemine dönüşümün sağlanması için, hem platform koordinat sisteminde hem de global koordinat sisteminde koordinatları bilinen noktalar (GNSS alıcı anten konumları) kullanılır. Bunun için platformun ölçekli planından da yararlanılarak, platform üzerindeki GNSS alıcı anten konumlarının, global koordinat sisteminde koordinatlarının hesaplanması istenen noktaların ve gerekli diğer noktaların offset (kayıklık) değerleri, diğer bir deyişle lokal koordinatları, ölçme araçlarından biriyle (total station+prizma, metre, telemetre vb.) ölçülür ve platform planı üzerine çizilir. Bu işlemlerden sonra, alıcıların ve kontrol bilgisayarının kurulması (genellikle radyo odasına veya kontrol odasına), alıcı antenlerinin görüş şartları elverişli olan, elektromanyetik alanlardan uzak ve platform rutin çalışmalarını etkilemeyecek yerelere yerleştirilmesi, yeteri miktarda çevresel etkenlere karşı korumalı kablolarla alıcılara bağlantısının yapılması ve gyropusulanın yerleştirilmesi gerçekleştirilir. Gyropusulanın ana eksen üzerine

oturtulup oturtulmadığının belirlenmesi için kalibrasyonu yapılır. Bunlar gerçekleştirildikten sonra sistem çalıştırılır ve kontroller yapılır. GPS/GNSS ile hassas konum belirlemede "konumun çözümlenmiş olduğu" anlamına gelen, diğer bir ifadeyle faz belirsizliğinin giderildiğini ve konumun hassas olarak belirlendiğini gösteren ve ingilizcedeki 'fixed' kelimesinin telaffuzundan esinlenilerek günlük kullanımda 'fiks' diye tabir edilen ilk fiks gerçekleştirilir ve offset değerlerine göre ekranda GNSS sistemlerinin anten konumları görülür ve GNSS konum verilerinin alınmasıyla, global sisteme dönüşüm sağlanır. Bu şekilde, sondaj kulesi orta ekseninin koordinatı da istenen sisteme taşınmış olur. Bu süreç, koordinatlar istenen konum tolerans sınırları içinde kalana kadar devam eder.

Konumlandırma çalışmalarında, platform türlerine göre ölçme prosedürleri uygulanmaktadır. Derin denizlerde kullanılan platformların konumlandırıldığı yerde sabitlenmesi için çapalama (mooring) ve Dinamik Konumlandırma (DP) gibi alternatifler mevcuttur; bazı durumlarda bu iki yöntem birlikte uygulanmakta, prosedürler de bu yöntemlere göre farklılaşmaktadır. DP sistemi olan platformlarda DP sistemi verileri ve konumlandırma sistemi verilerinin karşılaştırması gerçekleştirilir. Çapalama sisteminin kullanıldığı 'semisub/drillship' türü platformların konumlandırmasında, platforma kurulan konumlandırma sisteminin yanında çapalama yapan gemilere de (Anchor Handling Vessel-AHV) konumlandırma sisteminin aynısı kurulmakta ve anlık konum bilgileri merkezdeki bilgisayara iletilmekte, çapaların koordinatları da, platform merkezine olan uzaklıkları ve platforma göre açıklık açıları (bearing) ile birlikte belirlenmektedir. Derin deniz sondajlarında, yüzey konumlandırmasının yanında, deniz tabanında bu koordinatlara karşılık gelen kuyubaşının yerleştirildiği ve sondajın başlayacağı noktanın konumunun belirlenmesi de oldukça önemlidir. Tez çalışmasının kapsamı dışında olan, bununla beraber 3.4.4 başlığı altında özet olarak verilen bu işleme de **su altı konumlandırması (sub-surface positioning)** adı verilmektedir. Bu işlem, LBL/USBL gibi akustik konum belirleme yöntemlerinden biriyle, ROV robotları ve deniz tabanına yerleştirilen işaretler (beacon) kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Tüm bu işlemlerden sonra ise, 1 – 3 saatlik ölçmeyle, sondaj kulesi orta ekseninin son koordinatları belirlenmektedir.

Platform konumlandırmada, platforma geçici olarak kurulan ve çalışma bittikten sonra kaldırılan (demobilization) sistemler veya platformda sabit olarak yerleştirilmiş

DP sistemleri kullanılmaktadır. Uygulamada genellikle, bağımsız dış bir kaynaktan (örneğin bu konuda uzmanlaşmış bir firma) sağlanan, geçici olarak platforma kurulacak sistemlerle konumlandırma yapılması tercih edilmektedir.

Dinamik Konumlandırma (DP)

Dinamik Konumlandırma (DP), sabitlenmiş bir konumda veya önceden belirlenmiş bir rotada, yalnızca itici güç kullanılarak platformun konumunun otomatik olarak korunması anlamına gelmektedir. Açık denizlerdeki rüzgarlar ve dalgalar zaman zaman, petrol/doğal gaz arama ve geliştirme/üretim çalışmalarını olumsuz etkileyecek düzeye ulaşır. İster sondaj faaliyetleri yürüten bir 'drillship' olsun, isterse üretim tesisi olarak hizmet veren bir yüzer platform olsun, açık deniz araçları, rüzgar, dalga ve akıntılardaki değişimlere rağmen konumunu mutlaka korumalıdır. Sığ sulardaki açık deniz sondaj işlemi, 'jack-up' platformların kuyu konumu üzerinde deniz tabanına yerleşen ayaklarıyla kendilerini sabitlemelerine olanak sağlar; ancak derin sularda sondaj işlemi bir 'semisub' veya 'drillship'in kuyu konumu üzerinde yüzer halde bulunmasını gerektirmektedir. Bazı çalışmalarda sondaj donanımının daha okyanus tabanına bile ulaşmadan su içerisinde binlerce metre katetmesi gerektiği dikkate alındığında, su yüzeyi üzerindeki hafif hareketlerin bile sondaj çalışmaları üzerinde oldukça önemli etkileri olabilmektedir. Sondaj yapan veya üretim faaliyeti gerçekleştiren yüzer aracı konumunda tutmak, tüm süreçlerin önemli bir lojistik bileşenidir. Sondaj ve üretim boruları okyanus akıntılarının neden olduğu sınırlı hareketleri tolere edebilecek kadar esnek olsa da, daha büyük hareketlerde zarar görebilir ve sonuçta sondaj veya üretim durdurularak maliyetli tamiratlar yapılması gerekebilir.

Son yıllarda dinamik konumlandırma, deniz aracının konumunda sabit kalmasını temin etme konusunda öne çıkan yöntemlerden biridir. Dinamik konumlandırmada deniz aracının belli yerlerinde belli sayıda itici ve güçlendirilmiş pervaneler vardır. Bu iticiler konumu her yönden korumak için, aracın her iki yanı ile ön ve arka kısımlarına yerleştirilmiştir. Platformun konumuna ilişkin bilgiler, okyanus tabanındaki özel algılayıcılarla kurulan iletişimle ve platform üzerinde yer alan belli sayıdaki DGPS alıcılarıyla sağlanır. Ayrıca, deniz aracının kendi hareketlerini kontrol edebilmesi için, uydu iletişim bilgileriyle birlikte hava ve rüzgar durumu bilgileri DP sistemine iletilir. Bilgisayar, aracın konumundaki değişiklikleri telafi etmek için, gelen bu bilgileri kullanarak otomatik biçimde iticileri yönlendirir. [96]

Dinamik Konumlandırma Sistemleri

DP sistemlerinde genellikle başlıca dört bileşen vardır: güç sistemi, itici sistem, kontrol sistemi ve DP personeli. DP sistemi temel olarak dinamik konum belirleme yazılımı, bilgisayarlar, sensörler, referans sistemleri ve operatör istasyonlarından oluşur.

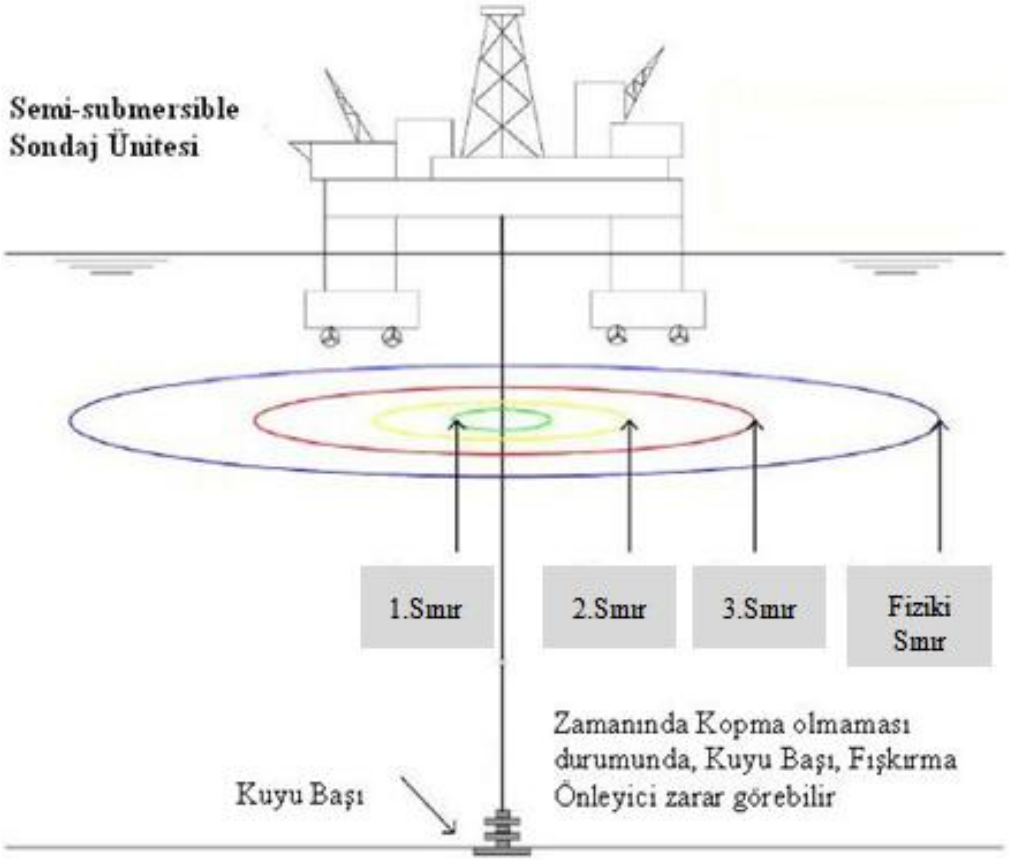
Normal operasyonlarda, bir mobil açık deniz sondaj ünitesi (MODU), Şekil 4.1'de görülen 2. sınırın içindeki 1. sınırla çevrili bölgede konumlandırılmalıdır. Platform, itici güçten kaynaklı olarak, konumunu koruma yeteneğini yitirdiğinde, Şekil 4.1'de görülen 2. ve hatta 3. sınır çizgisinin ötesine sürüklenebilir. Dinamik konumlandırma sistemi olan tüm platformlarda bu durum, platformun aşırı itici güç nedeniyle hedef konumdan uzaklaşması (drive-off) veya çevresel güçlerin neden olduğu yetersiz itici güç sebebiyle istenen konumda kalamaması (drift-off) durumları olarak adlandırılır. Eğer platform, Şekil 4.1'de gösterilen 2. sınırı geçerse, sondaj operasyonu durdurulmalı ve kuyuyla olan bağlantı kesilmeye başlanmalıdır. Platform, 3. sınırı geçecek olursa, sondaj yapan ekipmanın ayrılması ve kuyunun geri kapanmasını sağlamak için emniyet vanasının (BOP) devreye girmesi gerekir. Bu bağlantı kesme işlemi gerçekleştirilemezse, delici, kuyu başı veya kuyunun içindeki malzemenin fışkırmasını önleyici ekipman zarar görebilir ve sonuç olarak bu durum, önemli finansal kayıplara, platformun çalışmasının aksamasına ve deniz tabanına kuyunun içindeki malzemenin fışkırmasına neden olabilir. [97]

Konum kaybının DP destekli sondaj operasyonları için kritik olduğu durumlardan biri de, iki farklı DGPS sisteminden gelen hatalı konum verilerinin neden olduğu aşırı itici güç nedeniyle geminin hedef konumdan uzaklaşmasıdır. Norveç kıta sahanlığında petrol arama amaçlı olarak yapılan çalışmalarda DP vakalarından alınan verilerde 1994 – 2004 yılları arasında meydana gelen 10 olaydan 5 tanesinin DGPS'den gelen hatalı konum verisinden kaynaklandığı saptanmıştır. Bu vakalar şu şekilde gerçekleşmektedir:

1. DGPS'ler eş zamanlı olarak ya da eş zamanlıya yakın biçimde hatalı konum verisi üretmekte ve bu hatalı veriler DP yazılımına gönderilmektedir,
2. DP yazılımı, konumları hesaplamak için bu hatalı konum verilerini kullanmakta ve aşırı itici güç nedeniyle platformun hedef konumdan uzaklaşması gerçekleşmektedir (drive-off),

3. Sondaj platformu yanlış bir hedef konuma itilmekte ve Şekil 4.1'de gösterilen 2. sınırı geçmektedir.

Bu konum kaybı senaryolarını önlemek için, DGPS'nin hatalı konum verisi üretmesine engel olmak, hatalı DGPS konum verisinin dinamik konum belirleme yazılımı tarafından kullanılmasını engellemek ve platformun hareketini, Şekil 4.1'de gösterilen 2. sınırı geçmeden önce durdurmak gibi bariyer fonksiyonları tanımlanabilir ve uygulanabilir. [98]



Şekil 4.1 : Dinamik konumlandırma destekli sondaj işlemi [97].

IMO MSC Circ 645 kılavuzunda [14], çalışma ilkelerini belirlemek ve çevreye karşı oluşabilecek riskleri azaltmak amacıyla, DP kontrolü altında gerçekleştirilen operasyonlarda yer alacak personel, deniz aracı veya diğer yapılar ve deniz altında kurulan tesisler için tanımlamalar verilmekte ve DP sistemleri için tasarım kriterleri, gerekli donanım, işletme gereksinimleri, test ve dokümantasyon kriterleri belirlenmektir. Buna göre bir DP sistemi, yeterince güvenilir konum koruma yeteneğini sağlamak için çalışan bileşen ve sistemlerden oluşur. Bu sistemlerden beklenen güvenirlik düzeyi, konum kaybının sonuç üzerinde ne derecede önemli

olduğuna bağlıdır. Buradan hareketle, konum kaybının doğuracağı sonuçlara göre risk analizleri yapılmalıdır. Bunu gerçekleştirmek için de, donanım sınıflarına göre gereksinimler belirlenmektedir. Güvenirliği en yüksek donanım sınıfında, hem tüm bileşenlerin yedekleri olmalı, hem de bu bileşenler fiziken birbirinden ayrılmalıdır. Gerek duyulduğunda bu yedeklerin devreye girmesi otomatik olarak sağlanmalı, operatör müdahalesi en az düzeyde tutulmalıdır. DP kontrol sisteminde oluşacak bir hata durumunda, itici sistemin elle (manuel) kontrolü de yapılabilmelidir. DP yazılımı, uluslararası bir kalite standardına uygun olarak üretilmelidir.

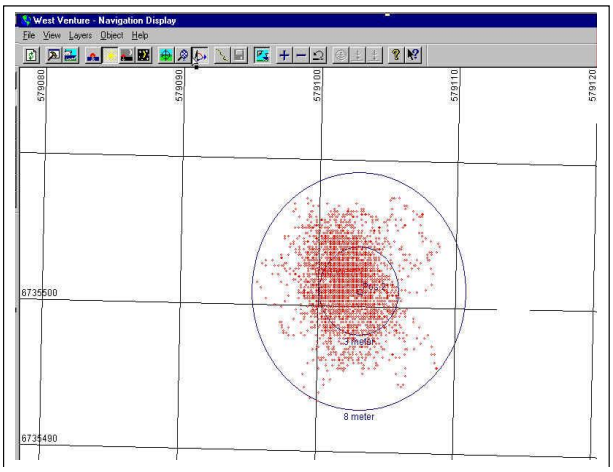
Donanımların güvenirlik sınıflandırmasına göre, en güvenli olan araçlarda, aynı anda çalışabilecek durumda olan en az 3 tane konum referans sistemi deniz aracında bulunmalıdır. İki veya daha fazla konum referans sistemi gerekli olduğu zaman, bunların hepsi de aynı türde olmamalı, farklı prensiplere dayanmalı ve çalışma koşullarına uygun olmalıdır. Konum referans sistemi, amaçlanan DP çalışması için yeterli doğruluğu sağlayan veriler üretmelidir. Konum referans sistemlerinin performansı izlenmeli ve bu konum referans sistemlerinden gelen sinyaller hatalıysa veya bu veriler ciddi anlamda azaldıysa, uyarılar vermelidir. En azından bir konum referans sistemi yedekleme kontrol sistemine doğrudan bağlı olmalı ve diğer konum referans sistemlerinden ayrılmalıdır. [14]

Norveç Petrol Endüstrisi Birliği, DP sistemini kullanacak olan platformların IMO MSC Circ.645 [14]'e göre tasarlanması, donatılması ve buna göre faaliyet göstermesini şart koşmaktadır. Konuyla ilgili daha detaylı bilgi [99]'dan edinilebilir.

Dünyanın en büyük petrol şirketlerinden biri olan ve açık denizlerde yoğun olarak faaliyet gösteren Statoil'in (Norveç) sondaj ve kuyu operasyonlarında dinamik olarak konumlandırılan deniz araçlarının taşımaları gereken en az özellikleri belirleyen teknik dökümanına göre [100], deniz araçlarının gerçek zamanlı olarak konumlandırılmasında şunlar sağlanmalıdır:

- Belirtilen doğrulukla, belirtilen su derinliğinde konumlandırmanın yapılması,
- Kuyu konumuna, belirlenen zaman sınırı ve doğruluk sınırı içerisinde konumlandırmanın yapılması,
- İstisnasız bir biçimde, hem kuyunun hem de sondaj ünitesinin konumunun izlenmesi (Şekil 4.2),

- Çalışma sırasındaki verilerin elektronik olarak kaydı.



Şekil 4.2 : DP sisteminde sondaj kulesi orta noktasının konumunun izlenmesi [97].

DP kontrol sisteminde 2 farklı DGPS girdi birimi bulunmalıdır. DGPS için 2 girdi çevrimiçi kullanıldığında, kullanımdaki diferansiyel düzeltmeler ayrı ayrı sağlanmalıdır. Herhangi bir zamandaki referans sistemi gereksiniminin yeterince karşılandığından emin olunmalı ve olası bir düşüş rapor edilmelidir. Birincil ve ikincil DGPS sistemleri diferansiyel düzeltmeleri en az üç farklı yoldan alabilmelidir. Eğer kaynaklar uydu tabanlıysa, ayrı iletişim sistemleri kullanılmalıdır. Radyo bazlı bir diferansiyel bağlantı aynı zamanda Inmarsat'a veya diğer uydu tabanlı diferansiyel bağlantılara takviye sağlamalıdır. [100]

4.2 Konumlandırmada Kullanılan Bileşenler ve Yöntemler

4.2.1 GNSS/DGNSS alıcı setleri

GPS alıcıları, içinde zaman, uydu konumu ve atmosferik bilgiler bulunan uydu sinyallerini kaydederek konum, hız ve zaman belirlemeye yarayan, çeşitli amaçlara göre tasarlanmış cihazlardır. Hareketli platformların izlenmesinde de kullanılan seyrüsefer amaçlı GPS alıcıları, C/A kodlu ve/veya P-kodlu, çok kanallı alıcılardır. Jeodezik amaçlı olarak üretilmiş GPS alıcılarında faz ölçülerine de ulaşılabilmekte olup, bunlardan özellikle düzeltme verileri almaya yetenekli olanları hareketli platform izleme maksadıyla kullanılmaktadır. [33]

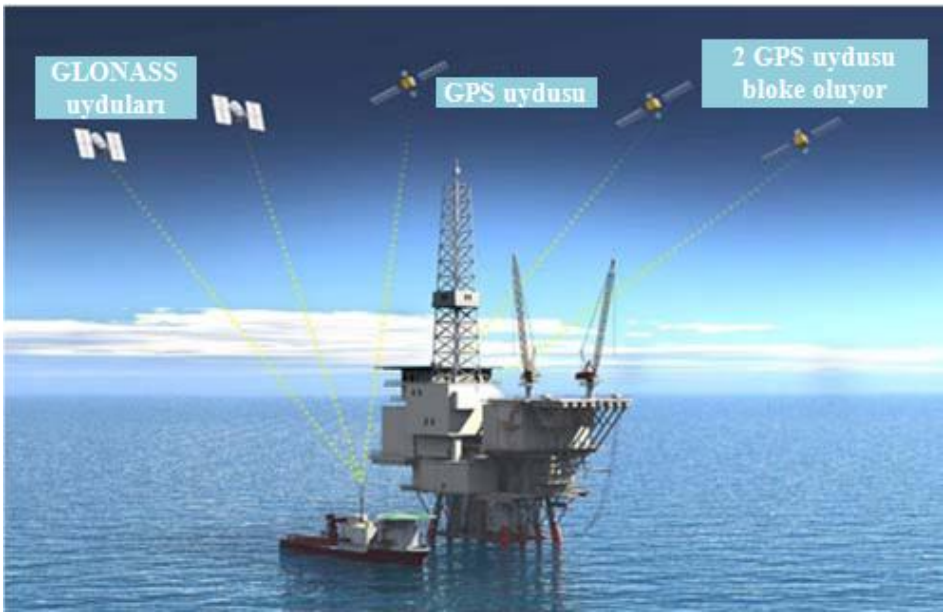
Son yıllarda DGPS, açık denizlerde ölçme konusunda geleneksel konum belirleme sistemlerinin yerini alarak çoğu uygulamada birincil sistem haline gelmiştir ve halen anlık konum belirleme konusunda önemli bir rol oynamaktadır. Açık denizlerde

ölçme ve konum belirleme çalışmaları oldukça pahalı ve zaman alıcı işlerdir. Gemiler ve diğer deniz araçlarıyla ve konum belirleme sistemleriyle ilişkili olan ve harita üretim çalışmalarını kapsayan açık deniz ölçmeleri için dünya pazarının hacmi, milyar Amerikan Dolarına yaklaşmaktadır. Bunun içerisinde petrol/doğal gaz çalışmalarının payı, önemli bir oranla kamu ve savunma harcamalarından sonra gelmektedir. Denizlerde konum belirleme çalışmaları riske atılamayacak kadar önemlidir. Bu nedenle, tüm ölçme gemileri temel ve ikincil sistemler olmak üzere en az iki konum belirleme sistemine sahiptirler [3]. Açık denizlerde platform konumlandırma uygulamalarında genellikle birincil ve ikincil konum belirleme bileşeni olarak GPS alıcıları kullanılmaktadır. Temel amacı, özellikle sismik ölçmeler ve platform konumlandırma konusunda rehberler yayınlayarak açık deniz endüstrisinde standartlar oluşturmak olan UKOOA'ya göre (United Kingdom Offshore Operators Association, 2007'den beri Oil&Gas UK), konumlandırmada sabit veya geçici olarak kullanılacak DGPS sisteminin seçimi, çalışmanın yapılacağı konum, proje süresi, zamanlama, ihtiyaç duyulan doğruluk gibi proje gereksinimlerine bağlıdır [101].

GPS sisteminde günümüzde mevcut olan aktif 30 uydudan daha fazla sayıda uydu ile bile uydu geometrisinin zayıf olduğu durumlar ortaya çıkmaktadır. Birçok örnek göstermektedir ki, tek başına GPS ile kıyaslandığında GPS+GLONASS kombine sistemi, erişilebilirliği, sağlamlığı ve ilk konum çözüm zamanını iyileştirmektedir. Şekil 4.3'te de görüldüğü gibi kombine sistemler, gökyüzünün bir kısmının (açık deniz yapıları, fiyordlar, şehir kanyonları gibi) bloke olduğu durumlarda uydu ulaşılabilirliğini arttırmaktadır. [102]

Gelecekte navigasyon uydu alıcılarının birçoğunun farklı birçok sistemden sinyaller alması ve bunları bir araya getirmesi oldukça muhtemeldir. Bu durum, özellikle kısıtlı çevrelerde performansın gelişmesine olanak sağlayacak ve ayrıca, bir sistemde hata ortaya çıktığında ya da sistemlerden birine ulaşılamadığında hem operasyonel yedekleme (back-up) hem de bağımsızlık sağlayacaktır. [47]

Açık denizlerde kullanılan dinamik konum belirleme sistemlerindeki yazılımlarda birden fazla DGPS alıcısının girdilerinin kullanılması için temel koşul, bu iki DGPS'nin bağımsız olmasıdır. İki DGPS arasındaki bağımsızlığı bozabilecek farklı nedenler ortaya çıkabilir. Örneğin, yazılım ve/veya insan hatası, atmosferik bozukluklar gibi olası dış etkiler ve GPS sinyali alınamaması da iki DGPS'yi eş



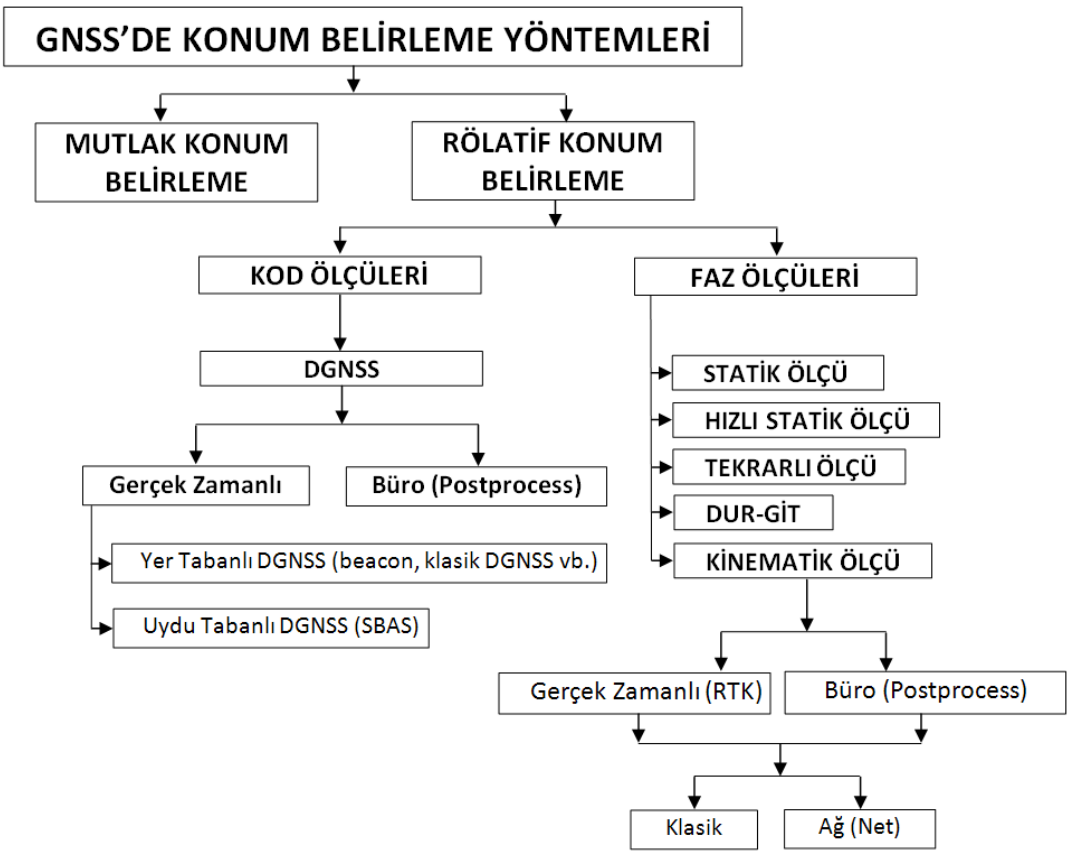
Şekil 4.3 : Açık denizde fiziki engel nedeniyle görüş alanındaki GPS uydularınınbloke olması [102].

zamanlı olarak etkileyebilir. Eğer iki diferansiyel düzeltme kaynağının ikisi de GPS'ye dayalı olursa, her iki DGPS düzeltme fonksiyonu da dış GPS uydu koşullarına bağımlı olacaktır. Diferansiyel düzeltme ile konum belirlemede GPS, GLONASS ve GALILEO'nun birlikte kullanımı, ulaşılabilen konum belirleme uyduları sayısını arttırabilir ve bu sayede sistemin sadece GPS uydu koşullarına bağımlılığını azaltabilir. Tercihen GPS, GLONASS ve GALILEO'nun oluşturduğu kombine bir DGNSS sistemi ve bir de GPS tabanlı DGPS sistemi gibi iki farklı sistemin kullanımı, iki DGNSS'de farklı donanım ve yazılım kullanmanın avantajıyla bağımsızlığı sağlayabilir. [97]

DGNSS ile gerçek zamanlı konum belirlemede diferansiyel düzeltme kaynağı olarak SBAS, GBAS veya bölgesel CORS (Continuously Operating Reference Stations) ağları veya istasyonları kullanılmaktadır. Birincil sistemlerde genellikle yüksek performanslı, desimetre-altı düzeyde doğruluk sağlayan kaynaklar (VERIPOS Ultra, StarFix HP/XP vd gibi), ikincil sistemlerde ise metre-altı doğruluk sağlayan standart kaynaklar kullanılmaktadır. Bazı uygulamalarda, üçüncül düzeltme kaynağı olarak da, çoğunluğu Kuzeybatı Avrupa'da olmak üzere toplam 39 ülkede faaliyet gösteren IALA (International Association of marine aids to navigation and Lighthouse Authorities) Radyoişaret (Radiobeacon) Servisinin radyo bazlı navigasyon sistemi olan Denizcilik DGPS sistemi (Marine DGPS) istasyonları kullanılmaktadır. [103]

4.2.2 Konum belirleme yöntemleri

GNSS sistemleriyle konum belirlemede çok çeşitli yöntemler geliştirilmiş ve uygulanmaktadır (Şekil 4.4). GNSS ölçülerindeki sinyal, birçok hata kaynağına maruz kalır ve bu hataların toplam etkisi, konum belirleme hassasiyetinde düşüşe neden olmaktadır. Bununla birlikte, kod ölçülerini kullanarak yapılan konum belirlemeye kıyasla faz ölçülerini kullanmak, konum belirleme hatasını 100 kez daha azaltmaktadır [104]. GNSS ile konum belirleme çalışmalarında kullanılacak yöntemin belirlenmesinde, yapılacak çalışmanın amacı, çalışma alanının deniz veya kara oluşu, coğrafi konumu ve büyüklüğü, beklenen doğruluk, maliyet vb. gibi etkenler rol oynamaktadır. Açık denizlerde yapılan dinamik konum belirleme çalışmalarında kullanılan uydu tabanlı konum belirleme sistemlerinde de bunların bazılarından yararlanılmaktadır. Örneğin, birincil sistem olarak kullanılan bir sistem, kıyıdan yüzlerce kilometre uzakta desimetre-altı konum bilgisi sağlayabilmek için PPP tekniğini kullanmakta, ikincil sistem de metre-altı doğruluk yeterli olduğundan, uydu tabanlı takviye sistemine dayalı DGNSS yöntemini kullanmaktadır.



Şekil 4.4 : GNSS konum belirleme yöntemleri [105].

Kıyıdan belli mesafe açıkta yapılan çalışmalarda, veri iletim araçlarının kapsama alanında kalındığında GBAS sistemleri ve tekli sabit istasyonlar kullanılabilmekte ve ayrıca, ağ yapısı elverdiği sürece ağ RTK çözümleri uygulanarak, uygun alıcıların kullanımıyla desimetre-altı doğruluklar elde edilebilmektedir. Benzer şekilde, yersel radyo bazlı konum belirleme yöntemleri de, hedeflenen doğruluğun sağlandığı kapsama alanındaki açık deniz çalışmalarında kullanılabilmektedir.

PPP (Hassas Nokta Konum Belirleme), hassas uydu yörünge (efemeris) ve saat düzeltme verisi ürünlerinin çift frekanslı bir GNSS alıcısının verileriyle bir araya getirilmesiyle cm düzeyinde doğruluk sağladığı ve son yıllarda GNSS kullanıcılarının giderek artan ilgi duyduğu başlı başına bir konum belirleme tekniğidir. Son yıllarda PPP tekniğinin, statik uygulamalar için cm düzeyinde, kinematik uygulamalar için de dm düzeyinde konum doğruluğu sağladığı ortaya konmuştur [106]. IGS, gerçek zamanlı olarak uydu yörünge ve saat düzeltmelerini RTCM ve RTIGS (Real Time IGS)/SOC formatlarında NTRIP Streams aracılığıyla yayınlayarak gerçek zamanlı hassas mutlak konum belirlemeye (real-time PPP) olanak sağlamaktadır. [68]

DGPS

DGPS, hem konumu bilinen bir referans istasyonunda hem de gezici alıcıda ortak olan bazı yanlılık hatalarını (multipath veya alıcı gürültüsü hariç) ortadan kaldıran bir GPS ile konum belirleme yöntemidir. Hatalar genellikle alıcılar birbirine yeterince yakınken ortaktır. Bu yöntemde sabit istasyon/istasyonlardan elde edilen diferansiyel/fark düzeltmeleri, gezici alıcıların konum doğruluklarını geliştirmek için kullanılır. Referans istasyonunda bulunan alıcıda hesaplanan anlık konum bilgileri, o istasyonun daha önceden hesaplanan kesin koordinatları ile karşılaştırılarak o anda o bölgedeki uydulardan gelen sinyaller ve bozucu etkiler nedeniyle herhangi bir alıcının ölçtüğü koordinatlara veya ölçülerine ne kadar düzeltme verilmesi gerektiği bulunur. Her bir uydu için hesaplanan düzeltme miktarları, kullanıcılara yayınlanır; bu düzeltmeleri alacak donanıma sahip alıcılar ise hesapladıkları koordinatlara veya ölçülerine, yayınlanan düzeltmeleri uygulayarak daha hassas konum bilgileri elde ederler [33].

Diferansiyel düzeltmeler gerçek zamanlı olarak veya daha sonra işleme teknikleriyle kullanılabilir. Gerçek zamanlı düzeltmeler, radyo bağlantısı ile iletilebilir. DGPS

düzeltmeleri genellikle, RTCM tarafından belirlenen standart bir formatla iletilir. Özel DGPS servisleri, gerçek zamanlı uygulamalar için kendilerine tahsis edilmiş FM alt taşıyıcı yayınlarını, uydu bağlantılarını veya özel radyo işaretlerini kullanmaktadır. DGPS düzeltmeleri, mümkün olan en kısa zamanda iletilmelidir; aksi halde konum belirleme kalitesi düşmektedir. Tercih edilen güncelleme oranı (update rate) düzeyi, UHF/VHF bant için < 5 sn, HF ve MF için < 5 – 10 sn ve LF için de < 20 sn olmalıdır. [3]

Diferansiyel teknik, çoğu GPS hatasını ortadan kaldırır; ancak, düzeltmeler gecikme nedeniyle ve referans istasyonuyla kullanıcı arasındaki uzaklık/yer değiştirme nedeniyle geçerliliklerini yitirebilirler [107]. İki alıcı arasında 25 km uzaklık varsa, diferansiyel iyonosferik gecikme 10 – 20 cm'dir. 100 km'lik bir mesafede bu fark 1 m olabilir. Eğer kullanıcı düzeltmeleri belli bir gecikme ile alırsa, zamanla ortak olmaktan çıkan (eşzamanlı olmayan) 4 farklı GPS hatası söz konusu olur. Bunlar uydu saat hataları, efemeris hataları, troposferik hatalar ve iyonosferik hatalardır. Uydu saat hataları, uydu saati zamanı ve uydu tarafından yayınlanan saat parametreleri kullanılarak yapılan tahmin arasındaki farklılıklardan kaynaklanır. Referans istasyonu ve kullanıcı alıcısının ikisi de aynı navigasyon mesaj verilerini kullandığı sürece diferansiyel teknikle uydu saat hataları tamamen elimine edilir. Yayınlanma zamanı çok geçmemiş düzeltmeler için uydu saat hataları, DGPS ile tamamen giderilir. Uydu efemeris hataları, gerçek uydu konumu ve uydu yörünge verileri kullanılarak elde edilen tahmini uydu konumu arasındaki farklılıklardan kaynaklanır. Efemeris hataları, referans istasyonu ve kullanıcı alıcıları aynı uydu verilerini kullandıkları sürece diferansiyel teknikle neredeyse tamamen ortadan kaldırılır. Troposferik ve iyonosferik hatalar çok yavaş değiştiğinden, diferansiyel teknikle hemen hemen tümüyle ortadan kaldırılır. Tek frekanslı alıcıları kullanan birçok kullanıcı için iyonosfer, en kritik hata kaynağını oluşturmaktadır. Yapılan bazı çalışmalar, tek frekanslı alıcılarla, en uygun multipath koşullarında uygun iyonosfer etkisi azaltma yöntemleri kullanılarak metre altı konum belirleme doğruluğu elde edilebildiğini göstermektedir [106].

DGPS referans istasyonlarının ve veri yayınlama ortamlarının, bölgesel ve daha geniş çaplı alanlarda, çok değişik doğruluk ve amaçlarla hizmetler vermek üzere, değişik şekillerde organizasyonu mümkün olmaktadır. Hatta 40 – 70 km aralıkla dağılmış olan referans istasyonlarıyla kaplı bir ülke veya kıtada LADGPS (Local

Area DGPS) ölçü yöntemi, aralarında 500 km'den fazla mesafe bulunan noktalarda WADGPS (Wide Area DGPS) veya WAAS ölçü yöntemleri kullanılması suretiyle gerçek zamanlı konum belirlenebilmektedir. [33]

DGPS sisteminde konum belirleme doğruluğu; referans istasyonlarının sayısına, referans istasyonlarının koordinatlarının doğruluğuna, gezen alıcının referans istasyonuna uzaklığına, düzeltmelerin yayınlandığı ortama ve yayınlanma hızına, kod ve/veya faz ölçüsü kullanılmasına, düzeltmelerin anlık veya sonradan getirilmesine bağlı olarak değişmektedir. Kısa ve orta mesafelerde kod ölçüleri ile 0,5 m ile 3 m arasında doğruluklara, faz ölçüleri ile DGPS uygulandığında ise cm düzeyinde doğruluklara ulaşılabilmektedir. [33]

DGPS, öncelikle kod ölçüleri kullanılarak seyrüsefer yapılabilmesi maksadıyla yapılan araştırmalar sonucunda ortaya çıkmış, yüksek duyarlık isteyen jeodezik ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) tabanlı uygulamalarda kullanılabilmesi amacıyla faz ölçüleri de kullanılabilecek şekilde geliştirilmiştir [33]. Faz ölçüleri ile uygulanan DGPS yönteminin nispeten pahalı olması nedeniyle sadece kod ölçüsü yapan alıcılarla yapılan DGPS çalışmaları navigasyon uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır. [51]

Gerçek Zamanlı Kinematik – RTK

RTK, beş veya daha fazla sayıda uydunun gözlenmesiyle kullanıcı istasyonu ve referans istasyonundan gelen taşıyıcı faz ve pseudorange ölçmelerinden, gerçek zamanlı olarak kullanıcı konumunu hesaplayan en hassas göreli GNSS konum belirleme yöntemlerinden biridir. Uydulardan gelen sinyaller neredeyse aynı yayılma yolunu izlediğinden, kısa bazlarda atmosferik gecikme ve uydu yörünge hataları çiftli farklar tekniğiyle ortadan kaldırılmaktadır. RTK yöntemiyle hareketli bir uzak alıcının konumu cm düzeyinde doğrulukla belirlenebilmektedir. [108,49]

RTK, 1990'ların başında ortaya çıktığından beri, ölçme, harita yapımı, makine kontrolü gibi yüksek doğruluk isteyen uygulamalarda geniş çaplı olarak kullanılmaktadır. Göreli bir konum belirleme tekniği, bir referans alıcısıyla gezici alıcı arasında veri iletişim bağlantılarına ihtiyaç duyar. Geleneksel olarak, GPS düzeltmelerinin aktarımı için, MF, HF, VHF ve UHF gibi radyo frekans (RF) veri iletişim kanalları kullanılmaktadır. Ancak, sinyal gücü ve lisans kısıtlamaları gibi nedenlerle, 10 km'den daha fazla bazlarda düzeltmeler yayınlamak için RF

bağlantıları pratik olmadığından, bu gibi radyo yayınları uzaklık kısıtlamalarından olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca, tek bazlı RTK'nın konum belirleme doğruluğu ve güvenirliği, baz uzunlukları arttıkça azalmaktadır. Tek bazlı RTK, 20 km'ye kadar olan baz uzunluklarına sahip uygulamalarda, doğruluk beklentisini (örneğin 5 – 10 mm ± 1 ppm) karşılayabilmektedir. [109]

Hızlı bir biçimde gelişen bilgi ve iletişim teknolojileri artık RTK düzeltmelerinin, GSM, GPRS (General Packet Radio Service), 3G, UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) vb. gibi kablosuz iletişim bağlantıları kullanılarak internet aracılığıyla yayınlanmasını mümkün kılmaktadır. Yüksek hızlı internete kolayca giriş ve çeşitli kablosuz bağlantı seçenekleri, sahadayken gerçek zamanlı GNSS veri ürünlerine erişim konusundaki iletişim maliyetlerini önemli ölçüde azaltmakta ve TCP (Transmission Control Protocol) ve IP'yi (Internet Protocol) her yerden ulaşılabilen bir yapıya kavuşturmaktadır. Bunun sonucunda kamu kuruluşları ve özel ağ operatörleri gibi gerçek zamanlı GNSS veri hizmeti sağlayıcılar, interneti alternatif bir düzeltme hizmeti iletim kanalı olarak benimsemişlerdir. Buna rağmen, tek bazlı RTK düzeltmelerinin internet temelli olarak iletimi yine de baz uzunluğu sorununu çözmemektedir [109]. Standart/klasik RTK (single-base RTK) uygulamalarının mesafe bağımlı etkilerinin olması, bugün birçok ülke, kurum ve kuruluş tarafından ulusal ve yerel ölçekte kurulan ve işletilen ağ RTK (Network RTK-NRTK) yapısındaki CORS sistemlerini etkin hale getirmiştir. Kullanıcılar açısından, farklı nitelikteki birçok çalışma için zaman, maliyet, doğruluk ve işgücü anlamında önemli katkılar sağlayan bu sistemler, dünya üzerindeki sabit ya da hareketli objelerin gerçek zamanda konumlarının belirlenmesi ve navigasyonunun sağlanması amacıyla kullanılmaktadır [68]. NRTK'nın temel prensibi, ağ kapsama alanında ölçme yapan gezici alıcılar için troposferik ve iyonosferik gecikmeleri enterpole etmek ve modellemek amacıyla çoklu GPS referans istasyonlarının kullanılmasıdır. Böylece yüksek konum doğruluğu sağlanırken, uzaklık kısıtı ortadan kalkmaktadır. Günümüzde NRTK'nın VRS (Virtual Reference Station), iMAX (Individualised Master-Auxilliary Corrections) ve FKP (Flächenkorrekturparameter) gibi uygulama teknikleri mevcuttur. VRS, geziciye yakın bir noktadaki bir konumda yapay ölçmeler sağlar. Bunun için gezicinin yaklaşık konumunu VRS sunucusuna göndermesi gerekir. FKP ise geziciye, ağ kapsama alanındaki tüm gezicilerce kullanılabilecek ağ düzeltme parametreleri sağlar [109,110,111].

Modellenen NRTK verilerini internet aracılığıyla yayınlamak için, bir ağ protokolü ve bir veri formatı gereklidir. RTCM standartları, bir GNSS veri formatı olarak geniş ölçüde kullanılmaktadır. Hâlihazırda, birçok GNSS alıcısı üreticisi RTCM SC-104 standart RTK mesaj tiplerini, kendi gerçek zamanlı hassas konum belirleme ürünleriyle birleştirmektedir. Bu da, farklı üreticilerin alıcıları arasında birlikte çalışılabilirliği kolaylaştırmaktadır. TCP/IP'yi temel alan HTTP'nin gelişiminden ortaya çıkmış yeni bir protokol olan ve Almanya Federal Kartografya ve Jeodezi Ajansı BKG (Bundesamt für Kartographie und Geodäsie) tarafından geliştirilen NTRIP, gerçek zamanlı GNSS verilerinin iletimi için kullanılmaktadır. NTRIP, dünyanın herhangi bir yerinde gerçek zamanlı olarak CORS'a sorunsuz bir ulaşım yeteneği sağlar. [109,68]

RTK'da, kullanıcı ve referans istasyonları arasındaki uzun bazlar, atmosferik gecikme ve uydu yörünge hatalarının etkilerini artırır. Uzun bazlı çalışmalarda GPS ve GLONASS'ın kombinasyonu, daha iyi uydu geometrisi ve daha çok ölçme verisi sağladığından, güvenirliği, ulaşılabilirliği ve bütünlüğü iyileştirmektedir. [108]

4.2.3 Gyropusula

Gyropusula, bir deniz aracının ana ekseninin kuzeyle olan azimutunu ölçen ve eskiden beri açık deniz ölçmelerinde kullanılan, günümüzde neredeyse bütün ölçme gemilerinde bulunması zorunlu olan bir araçtır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : Gyropusula.

Gyropusula cihazı, deniz aracının ana ekseni referans alınarak araca yerleştirilmektedir. Konum belirlemeden ziyade, geminin ölçme hattında seyretmesi için ya da seyrettiği hattın bilinmesi için kullanılan yararlı bir sensördür [3]. Mekanik anlamda bir gyropusula, dönme ekseni meridyen eksenine oturması için gravite veya elektrikle kontrol edilen ve elektrikli olarak dönen bir gyroskopu temel alır. Gyroskop, açısal momentumun korunumu prensibini esas alan, yönelimi ölçmek ya da korumak için kullanılan bir cihazdır. Mekanik bir gyroskop temel olarak, ekseni herhangi bir yönelimi almakta serbest olan dönen çark veya disktir. Cihaz kardanlar üzerine oturtularak dış tork en aza indirildiğinden, kurulduğu platformun herhangi bir hareketine bakmaksızın cihazın yönelimi neredeyse sabit kalır [112]. Gyropusula, temel fizik yasalarından yararlanarak bir doğrunun azimutunu verir.

Gyropusula hataları, sabitleme hataları ve değişken hatalar şeklinde ikiye ayrılır. Sabitleme hataları, gyropusulanın bir hat üzerine kurulması istendiği halde bu hattan olan sapmasıdır ve çeşitli yöntemlerle cihazın kalibrasyonu sağlanır. Değişken hatalar ise, dinamik sapmalar ve hız/enlem hatalarıdır ve hava koşulları ile geminin manevra ve yeryüzü üzerindeki hareketi nedeniyle oluşur. [3]

Denizcilik gyropusulaları, manyetik pusulalara göre iki temel avantaja sahiptir:

- Manyetik kuzey yerine, navigasyonda çok önemli olan anlık kuzeyi yani yer yüzeyinde yerin dönme eksenini bulurlar
- Normal pusulalar gibi, örneğin bir geminin gövdesindeki metallere benzer harici manyetik alanlardan etkilenmezler. [113]

Konumlandırma çalışmalarında azimut açısı, yönlü sondaj, geliştirme ve üretim faaliyetleri, ikmal gemilerinin ve helikopterlerin yanaşması, rüzgârı karşılama, uydu/internet erişimi vb. gibi nedenlerle önemli bir bilgidir. Platformun ana eksen doğrultusunun azimutunun, GNSS alıcılarının ürettiği konum verileri için belirlenen zaman aralıklarına göre belirlenmesi gerekmektedir. Bunun için, amaca uygun özellikleri taşıyan, genellikle denizlerdeki uygulamalar için yeterli olarak kabul edilen en az ± 1º ölçme hassasiyetindeki gyropusula cihazları kullanılmaktadır. Bu cihazların ölçtüğü veriler de navigasyon yazılımına aktarılmakta ve konumlandırma sırasında sürekli olarak izlenmekte; konumlandırma işlemi tamamlanırken de, hedeflenen azimut değerine göre platformun yönlendirilmesi sağlanmaktadır.

Gyropusula, birincil ve ikincil konum belirleme sistemlerinden ayrı, ilave bir sensördür. Gerçek zamanlı navigasyon uygulamalarında navigasyon bilgisi sağlar. Konumlandırma sisteminde yer alan gyropusulanın kalibrasyonu, güneşe gözlem yapılıp almanaklardan yararlanarak azimut hesaplama veya ikili GNSS antenlerinden azimut hesaplama gibi yöntemlerle yapılabilir. Güneşe gözlem ile gyropusula kalibrasyonunda, en azından dakika hassasiyetinde doğrultu okuyabilen klasik açı ölçme aletine filtre takılarak, alet aracın ana ekseni üzerinde etrafı açık bir noktaya kurulmakta ve açı dairesi bu eksene sıfırlanarak en az 10 dakika süreyle yarım dakikada bir güneşe gözlem yapılmaktadır. Bu değerler ve güneşin her bir gözlem zamanına karşılık gelen konumu için almanaklarda yer alan azimut değerleri kullanılarak gyropusula ölçmelerine düzeltme getirilmektedir. İkili anten konumları ile yapılan kalibrasyon, platformun dinamik hareketinden etkilenmeyeceği için daha doğru sonuç sağlasa da güneşe gözlem yöntemi çoğu çalışma için yeterli doğruluğu sağlamaktadır. Gyropusula kalibrasyonu için daha pahalı fakat daha etkili bir yöntem, platformda bir kıyas baz hattı oluşturabilen bir azimut ünitesini barındıran taşıyıcı faz GPS donanımının kullanılmasıdır.

4.2.4 Navigasyon yazılımı

Platform, çekiciler tarafından çekilirken ya da kendi gücüyle hareket ederken, platformun uygun konumlarına antenleri yerleştirilmiş olan ve alıcıya bağlanan GNSS alıcı setleri GNSS sinyallerini ve referans istasyonlarından veya bu amaçla kullanılan uydulardan DGNSS düzeltmelerini almakta ve hesaplanan konum verilerini NMEA (National Marine Electronics Association) formatında bir konumlandırma sisteminin en önemli bileşenlerinden biri olan konumlandırma (navigasyon) yazılımına iletmektedir. Gyropusula da ölçtüğü azimut değerini iletişim portları yardımıyla yine NMEA formatında yazılıma aktarmaktadır. Bu yazılım, gelen verileri işleyerek platformun istenen güzergâhta ilerleyip ilerlemediğini ortaya koymakta, rotadan sapmalar oluyorsa, buna göre deniz aracını idare edenleri uyarmakta ve hedefe varıldığında platformun hedefe oturması/sabitlenmesi için yönlendirmeler yapmaktadır.

Sondaj yapılacak hedef konumlar genellikle, bölgesel datum olan ED50'de (Türkiye ve çevresi için) yer almakta, GPS sistemi ise temelde konumları WGS84 datumunda belirlemektedir. Navigasyon yazılımı, sondaj donanımının orta noktasının

koordinatını gerçek zamanlı olarak global koordinat sisteminde hesaplamak için GNSS konum verilerini, platform orta ekseninin azimutunu anlık olarak belirlemek için de gyropusuladan gelen azimut ölçülerini kullanmaktadır. GNSS alıcılarından NMEA formatında üretilen verilerin okunması, okunan bu verilerden konum ile ilgili olanlarının datum ve koordinat sistemi ile hedef konumun ve sayısal altlık haritaların datum ve koordinat sistemleri aynı değilse aynı olması için gerekli dönüşümlerin yapılması, gelen konum bilgilerinin sayısal altlık haritalar üzerinde dinamik olarak gösterilmesi, konumlandırma ve izleme amaçlı yazılımlarda bulunması gereken özelliklerdendir [33]. Nihai konuma ulaşılıp ulaşılmadığı, anlık olarak hesaplanan konumla hedefin karşılaştırılması ile kontrol edilmektedir. Belirlenen konum toleransına göre hedef konuma varılıp varılmadığı görsel olarak da arayüzlerde görülmektedir. Hedefe varıldıktan sonra, platform durdurulmakta, ayakları tabana sabitlenen türlerde tabana oturma işlemi gerçekleştirilmekte, diğer türlerde ise ya çapaların tabana yayılması ile sondaj öncesi sabitlik sağlanmakta ya da dinamik konumlandırma (DP) sistemi devreye girmektedir. Konumlandırmanın yanında platform, istenen açıklık açısına göre yönlendirilmektedir. Konumlandırma tamamlandıktan sonra, sondaj donanımı orta ekseninin hala konum tolerans dairesinin içinde yer alıp almadığının kontrolü için nihai konumlandırma yapılır ve daha sonra süreç tamamlanarak donanımlar sökülür. [114] Tüm bu süreç, navigasyon yazılımı ile kontrol edilmektedir.

Konumlandırma uygulamalarında kullanılan navigasyon yazılımlarından kimisi USBL, LBL gibi su altı konumlandırmasında kullanılan akustik sistemlerle, ROV ve/veya AHV'lerle kurulan bağlantılarla, gelen verileri görüntüleyen ve kaydeden bir arayüz oluşturabilmektedir. Konumlandırma yazılımı, yüzey konumlandırma verilerini, kalibrasyon amaçlı verileri, sondaja başlandığı sıradaki kuyubaşı koordinatlarını ya da deniz tabanındaki nihai koordinatları görselleştirme ve kaydetme özelliğine sahip olmalıdır.

4.3 Veri İletişimi ve Standartları

Teknolojinin başdöndürücü bir hızla gelişmesi, elektronik donanımlar arasında ya da elektronik donanımlar ile bilgisayarlar arasında veri transfer edilmesi konusunda sürekli bir ilerleme süreci yaşanmasına neden olmuştur. Konum belirlemede veri aktarımı ile ilgili araştırmalar, özellikle DGPS çalışmalarında düzeltmelerin

iletilmesi konusunda yoğunlaşmış, RTK uygulamaları ve araç izleme sistemlerinde konum bilgilerinin aktarılması ihtiyacı ile daha da önem kazanmıştır. Hareketli platform konumlandırma ve izleme uygulamalarında ise, GPS alıcısından veya diğer sensörlerden, hemen yakınındaki veya kilometrelerce uzağındaki sensörlere ve bilgisayarlara yoğun veri iletişimi söz konusu olmakta, bu amaçla kablolu veya kablosuz çeşitli iletişim araçları kullanılabilmektedir. Kuşkusuz veri aktarımı yönteminin/donanımının seçiminde, çalışma alanının büyüklüğü ve çalışma ortamının kara veya deniz oluşu, sinyalleri ve kapsama alanlarını etkileyen çevresel koşullar, maliyet, verilere anlık olarak gerek duyulup duyulmaması gibi bir çok husus önem kazanmaktadır [51,33]. Günümüzde GPS alıcılarına takılan GPRS veya 3G modemler sayesinde sabit GPS istasyonlarından alınan anlık düzeltmelerle nokta koordinatları yüksek doğruluklarla anlık olarak elde edilebilmektedir [115].

GPS/GNSS düzeltme verilerinin gerçek zamanlı gönderimi için NTRIP, RTIGS gibi veri iletim protokolleri, RTCM ve NMEA gibi veri formatları ile kablosuz veri iletişim araçları (VHF/UHF-radyo modem, GSM/GPRS/EDGE ya da UMTS, uydu iletişimi, internet) yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. [68]

Platform konumlandırma gibi gerçek zamanlı geniş alan uygulamalarında hem uzun mesafeli diferansiyel konum belirleme için bir veya daha çok istasyondan verilerin, hem de mutlak nokta konum belirleme için hassas yörünge ve saat düzeltmeleri gibi verilerin kullanıcıya yayınlanması gerekir. Bu amaçla, ihtiyaç duyulan veri bağlantısı için, kullanıcının çalıştığı coğrafi bölgeye ve radyo bağlantısının maliyetine bağlı olarak; cep telefonları, 200 km'ye kadar kullanışlı olan ve m düzeyinde doğruluk sağlayan radyo işaretleri (beacon), yersabit olarak yayın yapan uyduları kullanan geniş bantlı internet, INMARSAT uyduları gibi navigasyon desteği sağlamak için kullanılan yersabit uydular veya IRIDIUM sistemindeki uydular gibi düşük yer yörüngesinden yayın yapan sistemlerden biri seçilebilir. [116]

4.3.1 Veri iletişim medyaları

Verilerin uzak bir hedefe iletilmesi amacıyla kullanılan veri iletişim medyalarından bazıları kablolu bazıları da kablosuz araçlardır. Kablosuz sistemlere örnek olarak telsizler, uydu iletişimi, cep telefonları ve radyolar verilebilir. Uydu telefonları, dünya üzerindeki gönderici telefondaki modemden çıkan sinyallerin uydulardan yansıyarak alıcı telefonlardaki modemlere ulaşması suretiyle çalışan sistemlerdir.

Cep telefonları, gönderici telefondaki modemden çıkan sinyallerin yeryüzünde kurulmuş aktarma (baz) istasyonlarından yansıyarak alıcı telefonlardaki modeme ulaşması suretiyle çalışan GSM sistemleridir. GSM ve uydu telefonlarında veriler yayınlanmayıp, belirli bir adrese gönderilmektedir. Radyo-modemlerin çalışma ilkesi ise, belirli frekansta verilerin yayınlanması ve yayınlanan verilerin diğer tarafta bulunan radyo-modemler vasıtasıyla alınarak demodüle edilmesine dayanır. Bu nedenle diferansiyel düzeltme verileri gibi birden fazla kullanıcı tarafından ortak kullanılacak sistemler için uygundur. [33]

Kablosuz sistemlerde, gönderilen ses ve verilerin güvenilir biçimde alınabildiği coğrafi alanlar **kapsama alanı** olarak bilinir. Site veya istasyonların kapsama alanı; göndericinin gücü, anten karakteristikleri ile anten yükseklikleri, alıcı kalitesi, interferans, iletişim protokolü ve topografya olmak üzere çok sayıda faktöre bağlıdır.

Veriler fiziksel ortamlarda değil elektromanyetik dalgaların boşlukta yayılması suretiyle de iletilebilirler ki, bunun için kullanılacak medyalardan bir tanesi iletişim uydularıdır. Dünyanın hareketine bağlı olarak 24 saat dünyanın etrafında dönen bu iletişim uyduları ile dünyanın her noktasına iletişim sağlanabilmektedir. Uydular kullanılarak yapılan veri iletişimi, uydudan gönderilen sinyallerin modüle edilmesi suretiyle mümkün olmaktadır. Her uyduda, yer istasyonlarından gelen sinyalleri almaya yarayan bir ‘transponder’ vardır. Eğer yer istasyonundan veri geliyorsa bu bağlantıya ‘uplink’, uydudan yer istasyonuna veri gidiyorsa buna da ‘downlink’ adı verilmektedir. Uydu iletişimi, tüm dünyada neredeyse sınırsız bir kapsama alanı sağlar; ancak, maliyetleri de göreli olarak daha yüksek olabilmektedir. Uydu sistemlerine örnek olarak, Iridium, Globalstar ve Inmarsat verilebilir. Iridium, GSM standartlarına uygun olarak geliştirilmiş, cep telefonlarına benzer şekilde SMS yeteneği bulunan, internet aracılığıyla veya telefon numarası çevirmek suretiyle veri aktarılabilen bir sistemdir. Globalstar, hem uydu ile hem de karasal şebekelerde çalışabilen, Iridium’a göre daha ucuz ve daha yetenekli olan, hem ses, hem veri aktarma ve hem de SMS ile veri gönderimi mümkün olan bir uydu sistemidir. Inmarsat ise, denizcilik endüstrisi ve diğer sektörlerde telefon, teleks, veri ve faks hizmetleri sağlayan uluslararası bir uydu konsorsiyumudur. Kapsama alanı, okyanuslar ve dünyanın büyük bir bölümünü içermektedir. Dünya üzerinde global olarak telekom şebekelerine entegrasyonu sağlanmıştır. [33]

4.3.2 Bilgisayarla modemlere komuta etme ve veri transferi

Bilgisayarlar ile modemlere komuta etmek için 'ATtention' (AT) komutları kullanılır. Her bilgisayar, üzerinde en az bir veya birkaç arabirim (port) ile beraber üretilir. Bunlar, bilgisayarda başına "COM" getirilmesi suretiyle **COM1, COM2, COM3** gibi isimlerle tanımlanmaktadır. Herhangi bir modemin bilgisayara bağlantısının yapılabilmesi için RS232 bağlantı kablosu, PCMCIA kartı, kızılötesi ışın veya blueetooth kullanılabilir. Her modemin beraberinde RS232, standart donanım olarak bulunmaktadır. Modem, bu bağlantı kablosunun seri uçlu soketinin bilgisayarın seri arabirimine takılması suretiyle fiziksel olarak bilgisayara bağlanır.

AT komutlarını modeme göndermeye başlamadan önce, modem ile bilgisayar arasında iletişimi sağlayacak bir de arayüz olması gerekir ki bilgisayarların işletim sistemleri ile beraber yüklenen 'Hyper Terminal' isimli veri iletişim programları buna örnek olarak verilebilir. Bu arayüz marifeti ile veri transferi için kullanılacak parametreler ayarlanıp, modem ile bağlantı kurulur ve sonra AT komutları modeme gönderilir. [33]

4.3.3 Platform konumlandırma çalışmalarında kullanılan verilerin formatları

Navigasyon amaçlı alıcılardan elde edilen konum belirlemeye ilişkin veriler, kullanıcı arayüzünde gösterilmekte ya da alıcı tipine bağlı olarak bilgisayar ortamına aktarılarak, diğer görsel yazılımlarla kullanılmaktadır. Kuşkusuz GPS'nin navigasyon amacıyla en yoğun kullanıldığı alan deniz seyrüseferidir. Bu nedenle denizcilik hizmetlerinde kullanılan GPS sistemleri ile ilgili olarak girdi/çıktı ve diferansiyel düzeltme formatları, denizcilik alanındaki kurumlar tarafından ortaya atılmış ve genel kabul görmüştür. Bugün, GPS alıcısı üretim sektörü içerisinde, söz konusu kurumlar tarafından üretilen veri formatları ile uyumluluk vazgeçilmez özellikler arasında bulunmaktadır. [51]

Açık deniz platformlarının konumlandırılmasında; DGPS düzeltmelerinin elektromanyetik dalgalarla iletiminde veri standardı olarak RTCM SC-104 2.0, 2.1 vd. formatlardan, elektronik cihazların birbirine veri aktarımında NMEA 0183 formatından yararlanılmaktadır. Ayrıca, ham veya işlenmiş deniz verisi değişim ve/veya arşivleme formatı olarak, şimdiki adı Oil&Gas UK olan UKOOA'nın P1/90, P2/91, P2/94 gibi formatları çok kullanılan formatlardır [51]. İçerdikleri verilere, kullanım amaçlarına ve geliştirildikleri yıllara göre isimler alan UKOOA formatları,

açık deniz petrol sektöründe halen yoğun biçimde kullanılmaktadır. Çizelge 4.1'de UKOOA P1/90 formatındaki veri örneği yer almaktadır.

Çizelge 4.1 : UKOOA P1/90 veri örneği.

```
H0100SURVEY AREA ..............: Offshore Turchia
H0101GENERAL SURVEY DETAILS ...: RIG POSITIONING
H0102VESSEL DETAILS ...........: SATURN                    1
H0105OTHER DETAILS ............: RIG                       1               1
H0200DATE OF SURVEY ...........: 09.07.2006 DD.MM.YYYY
H0201DATE OF ISSUE OF TAPE ....: 11.07.2006 DD.MM.YYYY
H0202TAPE VERSION IDENTIFIER ..: UKOOA P1/90
H0300CLIENT NAME ..............: Toreador
H0400GEOPHYSICAL CONTRACTOR ...: Fugro
H0500POSITIONING CONTRACTOR ...: Fugro
H0600PROCESSING CONTRACTOR ....: Fugro
C0700LogUKOOAP190.dll .........: V4.01.02
H0700POS./ COMPUTER SYSTEM ....:  Starfix.Seis: 2.08.03
H0800COORDINATE LOCATION ......: Centre of Source
H0900VRP to RIG               :    1   2    0.00  -65.20
H1000CLOCK TIME RELATIVE GMT ..: GMT +  0 hours
H1400GEODETIC DATUM (SURVEY) ..: USER DEFINEDUSER DEFINED 6378388.000 297.0000000
H1401TRANSFORMATION TO WGS84 ..:  -89.0 -87.0-124.6 0.000 0.000 0.000 0.0000000
H1500GEODETIC DATUM (POSTPLOT): USER DEFINEDUSER DEFINED 6378388.000 297.0000000
H1501TRANSFORMATION TO WGS84 ..:  -89.0 -87.0-124.6 0.000 0.000 0.000 0.0000000
H1600DATUM TRANSFORMATIONS ....:    0.0   0.0   0.0 0.000 0.000 0.000 0.0000000
H1700VERTICAL DATUM ...........:
H1800PROJECTION TYPE ..........: 0001UTM Northern
H1900PROJECTION ZONE ..........: 36 UTM Northern
H2000DESCRIPTION GRID UNITS ...: 1INTERNATIONAL METRES     1.000000000000
H2001DESCRIPTION HEIGHT UNITS..: 1INTERNATIONAL METRES     1.000000000000
H2002DESCRIPTION ANGULAR UNITS: 1DEGREES
H2200LONG CENTRAL MERIDIAN ....:  33 000.000E
H2301GRID ORIGIN LAT/LON ......:   0 000.000N 33 000.000E
H2302GRID ORIGIN E/N ..........:   500000.00E       0.00N
H2401SCALE FACTOR .............: 0.9996000000
H2402SCALE FACTOR ORG LAT/LON..:   0 000.000N 33 000.000E
Z               1 1     1411018.28N 311143.65E 348619.64559472.0  -0.0192151702
Z               1 1     2411018.29N 311143.66E 348619.84559472.1  -0.0192151712
Z               1 1     3411018.29N 311143.65E 348619.74559472.0  -0.0192151722
Z               1 1     4411018.28N 311143.64E 348619.54559472.0  -0.0192151732
Z               1 1     5411018.28N 311143.64E 348619.44559471.9  -0.0192151742
Z               1 1     6411018.28N 311143.64E 348619.34559471.8  -0.0192151753
Z               1 1     7411018.28N 311143.64E 348619.34559471.8  -0.0192151803
Z               1 1     8411018.28N 311143.64E 348619.34559471.7  -0.0192151812
Z               1 1     9411018.27N 311143.64E 348619.34559471.7  -0.0192151822
Z               1 1    10411018.28N 311143.64E 348619.34559471.7  -0.0192151833
Z               1 1    11411018.28N 311143.64E 348619.34559471.8  -0.0192151843
Z               1 1    12411018.27N 311143.64E 348619.44559471.7  -0.0192151853
Z               1 1    13411018.27N 311143.64E 348619.44559471.7  -0.0192151902
Z               1 1    14411018.27N 311143.64E 348619.54559471.6  -0.0192151912
Z               1 1    15411018.27N 311143.64E 348619.54559471.6  -0.0192151922
Z               1 1    16411018.27N 311143.65E 348619.64559471.6  -0.0192151932
Z               1 1    17411018.27N 311143.65E 348619.64559471.6  -0.0192151943
Z               1 1    18411018.27N 311143.65E 348619.64559471.6  -0.0192151953
Z               1 1    19411018.27N 311143.65E 348619.74559471.6  -0.0192152003
Z               1 1    20411018.27N 311143.65E 348619.74559471.6  -0.0192152012
Z               1 1    21411018.27N 311143.65E 348619.74559471.6  -0.0192152023
Z               1 1    22411018.27N 311143.65E 348619.64559471.6  -0.0192152032
Z               1 1    23411018.27N 311143.65E 348619.64559471.7  -0.0192152043
Z               1 1    24411018.28N 311143.65E 348619.64559471.8  -0.0192152053
Z               1 1    25411018.28N 311143.65E 348619.64559471.9  -0.0192152102
Z               1 1    26411018.28N 311143.65E 348619.64559471.9  -0.0192152112
Z               1 1    27411018.28N 311143.65E 348619.64559471.8  -0.0192152122
Z               1 1    28411018.27N 311143.65E 348619.64559471.6  -0.0192152133
Z               1 1    29411018.27N 311143.65E 348619.64559471.5  -0.0192152142
Z               1 1    30411018.27N 311143.65E 348619.64559471.5  -0.0192152153
Z               1 1    31411018.27N 311143.65E 348619.64559471.5  -0.0192152202
```

Aşağıda, RTCM SC-104 protokolü ve NMEA 0183 formatı hakkında daha detaylı bilgiler açıklanmaktadır.

RTCM SC-104 Protokolü

Denizcilik Hizmetleri Radyo Teknik Kurulu–RTCM, kar amacı gütmeyen uluslararası bilimsel, mesleki ve eğitim örgütüdür. Üyeleri kamu kuruluşları ya da kamu dışı organizasyonlar olan bu bağımsız örgütü, tüm dünyadan üyeler desteklemektedir. Denizcilik radyonavigasyonu ve radyo iletişimi konularında

uluslararası standartların geliştirilmesinde aktif biçimde yer almaktadır. RTCM özel komiteleri üyelerinin ilgi alanlarına yönelik olarak, radyo iletişimi ve radyonavigasyonu konularında daha derinlemesine araştırmalar yapmak ve teknik standartlar geliştirmek ve öneriler yapmak üzere oluşturulmuştur. Bu komitelerin oluşturduğu RTCM öneri belgeleri hem gönüllü hem de zorunlu kullanımlarda bu konuda faaliyet gösteren kuruluşlar tarafından kabul görmektedir. Özel komiteler, teknolojide yaşanan gelişmelere göre önerilerini güncellemektedir. Bu özel komitelerden biri de SC-104'tür (Special Committee 104 on DGNSS).

RTCM SC-104 özel komitesi, GPS/GNSS için DGPS/RTK düzeltme mesajlarının standartlarını belirlemektedir. DGPS referans istasyonlarında hesaplanan düzeltmeler RTCM SC-104 protokolü veri formatında (binary olarak) yayınlanmakta ve yayınlanan bu düzeltmeler gezen alıcılar tarafından alınarak okunmaktadır. [33,51]. Bu veriler, kompakt yapısı nedeniyle gerçek zamanlı veri işleme için kullanışlıdır. RTCM SC-104 sürümlerine ilişkin özet bilgiler şu şekildedir:

RTCM 10402.3, RTCM'nin DGNSS hizmetleri için önerdiği v2.3 standardıdır ve v2.2'nin yerini almaktadır. Bu standart tüm dünyada, hem karada hem de denizcilikte diferansiyel uydu navigasyon sistemlerinde kullanılmaktadır. V2.3 sürümü, uydu sistemlerindeki son gelişmeleri de yansıtacak şekilde diferansiyel GNSS kullanımına ve gereksinimine ilişkin tanımlamalarda güncellemeler, RTK uygulamaları için yeni rehber materyal ve yeni mesajlar ile GLONASS faaliyetleri için rehberi içermektedir. Ayrıca bu sürümde, diferansiyel düzeltmelerin yayınlanması için LORAN-C'nin bir araç olarak kullanılmasına yönelik mesaj seti ve rehber ile çoklu referans istasyonlarını destekleyen radyo işaret almanak mesajı da eklenerek, tablo yapısının daha net olması için iyileştirmeler yapılmıştır.

RTCM 10403.1, RTCM'nin DGNSS hizmetleri için önerdiği bir standarttır ve 1, 2 ve 3. iyileştirmeleri (Haziran 2009) mevcuttur. Bu standart, RTCM v.2x versiyonlarına daha verimli bir alternatif oluşturmak amacıyla, RTCM SC-104 tarafından geliştirilmiştir. Daha verimli, kullanımı daha kolay olan, yeni durumlara daha kolay uyarlanabilen bir standarda duyulan gereksinim nedeniyle geliştirilmiştir.

Hem kod ölçmeleri hem de taşıyıcı faz ölçmeleri anlamında GPS ve GLONASS RTK çalışmalarını, GPS için Ağ RTK'yı, anten parametreleri ve yardımcı sistem parametrelerini desteklemektedir ve L2C ve L5 sinyallerine uygundur. Yeni GPS ve

GLONASS mesajları, yörünge parametreleri sağlamaktadır. Ayrıca, ürün satıcılarına, kendilerine özel mesajları yayınlamaları için alanlar da tahsis edilmiştir. Doğrulama ve birlikte çalışabilirlik anlamında yapılan test çalışmalarıyla elde edilecek geliştirmelerin sonraki versiyonlarda yayınlanacağı ifade edilmektedir.

Bu sürümde İyileştirme-1 ile, RTCM mesajlarına, koordinat referans sistemleri hakkında bilgi ve dönüşüm verileri eklenmiştir. Bir RTK hizmetini destekleyen RTCM verileri için koordinatlar ITRFxx veya onun bölgesel gerçekleştirmelerinde ölçülmektedir. Ölçmeciler veya RTK kullanıcıları normalde, kendi sonuçlarını yerel datumlarda ifade etmeye gerek duyarlar; bu nedenle koordinat dönüşümü gereklidir. Bu iyileştirme sayesinde dönüşüm verilerini ve koordinat sistemleri hakkında bilgileri alan RTK kullanıcılarının elle herhangi bir işlem yapmadan kendi datumlarındaki koordinatlara ulaşmaları sağlanmaktadır. İyileştirme-2 ile bir önceki iyileştirmeye, bir Ağ RTK çevresindeki fiziksel olmayan veya hesaplanmış referans istasyonlarının kullanımını destekleyen artık hata mesajları ilave edilmiştir. İyileştirme-3'te ise, farklı üreticilerin faz öteleme konusunu ne şekilde ele aldıkları belgelenmekte ve gelecekteki ürünler için değişmeyen ortak bir yapı ortaya konmaktadır.

V3 mesajlarının v.2.x mesajlarıyla uyumlu olmadığına dikkat edilmesi gerekir. Çoğu alıcı v.2x mesajlarının kullanılması için tasarlanıp programlandığı için, RTCM hem 10402.3 ve hem de 10403.1'i güncel standartlar olarak sürdürmektedir.

RTCM 10410.1, NTRIP v2.0, (Haziran 2009), GNSS verilerinin internet üzerinden akışını destekleyen, 'http/1.1'i temel alan uygulama düzeyindeki jenerik bir protokoldür. NTRIP, PC, laptop, PDA (Personal Digital Assistant) veya alıcıları olan sabit, veya gezici kullanıcıların bir sunucuya aynı anda internet üzerinden bağlanabilmesine olanak sağlayarak, diferansiyel düzeltme verilerini veya diğer GNSS verilerini iletmek üzere tasarlanmıştır. NTRIP, TCP/IP kullandığından, GSM, GPRS, EDGE, 3G veya UMTS gibi mobil IP ağları vasıtasıyla kablosuz internet erişimini desteklemektedir. [117,118]

RTCM versiyonları ve özellikleri özetle aşağıdaki gibidir:

RTCM 2.0 (Kod Ddüzeltmesi---DGPS)
RTCM 2.1 (Kod+Faz Düzeltmesi---RTK)
RTCM 2.2 (….+ GLONASS)

RTCM 2.3 (….+ GPS Anten Tanımı)

RTCM 3.0 (….+ RTK+ GNSS)

RTCM 3.1 (….+ Ağ RTK)

RTCM 10.1, NTRIP v2.0

RTCM 2.0 – 2.3 versiyonlarının veri yapısı:

Her bir veri kaydı, farklı içerikler için mesaj tiplerini içerir (Çizelge 4.2), bunlar: Message1, Message2,…, MessageN'dir. Her bir mesaj, başlık ve gövdeden oluşur.

Çizelge 4.2 : RTCM mesaj tipleri (2.0 – 2.3 versiyonları) [119,120,121].

RTCM Message Type	Description
1	Differential GPS Corrections
2	Delta Differential GPS Corrections
3	GPS Reference Station Parameters
4	Reference Station Datum
5	GPS Constellation Health
6	GPS Null Name
7	DGPS Beacon Almanac
8	Pseudolite Almanac
9	GPS Partial Correction Set
10	P-Code Differential Correction
11	C/A Code, L1, L2 Delta Corrections
12	Pseudolite Station Parameter
13	Ground Transmitter Parameter
14	GPS Time of Week
15	Ionospheric Delay Message
16	GPS Special Message
17	GPS Ephemerides
18	RTK Uncorrected Carrier Phases
19	RTK Uncorrected Pseudorange
20	RTK Carrier Phase Corrections
21	RTK Pseudorange Corrections
22	Extended Reference Station Parameters
23	Antenna Type Defination

Çizelge 4.2 : (devam) RTCM mesaj tipleri (2.0 – 2.3 versiyonları).

24	Reference Station: Antenna Reference Point (ARP) Parameter
25, 26	Undefined
27	Extended DGPS Radiobeacon Almanac
28…30	Undefined
31	Differential GLONASS Corrections
32	Differential GLONASS Reference Station
33	GLONASS Constellation Health
34	GLONASS Partial Differential Correction Set
35	GLONASS Radiobeacon Almanac
36	GLONASS Special Message
37	GNSS System Time Offset
38..58	Undefined
59	Proprietary Message
60..63	Multipurpose Usage

Başlıkta, mesaj tipi, zamanı ve mesaj uzunluğu, gövdede ise, her bir veri türü için bilgiler bulunur.

Çizelge 4.2'de:

18 – 21 arası mesajlar RTCM2.1'e eklenmiştir.
23 – 24 arası mesajlar RTCM2.3'e eklenmiştir.
31 – 36 arası mesajlar RTCM2.2'ye eklenmiştir.
RTCM 3.0'da, Çizelge 4.3'te yer alan 4 GNSS RTK mesaj grubu vardır.

Çizelge 4.3 : RTCM v3.1 mesaj tipleri [122].

Group Name	**Message Type**	**Message Description**
Observations	1001	L1-only GPS RTK Observables
	1002	Extended L1-Only GPS RTK Observables
	1003	L1 & L2 GPS RTK Observables
	1004	Extended L1 & L2 GPS RTK Observables

Çizelge 4.3 : (devam) RTCM v3.1 mesaj tipleri.

	1005	L1 Only GLONASS RTK Observables
	1006	ExtendedL1-Only GLONASS RTK Observables
	1007	L1 & L2 GLONASS RTK Observables
	1008	Extended L1 & L2 GPS RTK Observables
Station Coordinates	1009	Stationary RTK Reference Station ARP
	1010	Stationary RTK Reference ARP with Antenna Height
Antenna Description	1011	Antenna Descriptor
	1012	Antenna Descriptor & Serial Number
Auxiliary Operation Information	1013	System Parameters

Gerçek zamanlı RTCM verilerinin iletiminde, çeşitli araçlar kullanılabilir. Örneğin, GSM yönteminde GSM modem ve mevcut hizmetin SIM kartı gereklidir ve ücretlendirme bağlantı süresine göre yapılmaktadır. GPRS ise, mobil ağla IP ağı arasında köprü kuran, GSM için bir iyileştirme hizmetidir. Bağlantı zamanına göre değil de indirilen veri miktarına göre ücretlendirme yapılmaktadır ve GSM'den daha ucuzdur.

Statik baz ya da ağlara dayalı geleneksel RTK uygulamalarında kullanıcılar, farklı üreticiler arasında %100 uyumluluğu temin etmek için standart protokolleri (RTCM) kullanmayı tercih etmektedir. Ancak, hareketli baza dayalı RTK işlevi sağlayan çoğu alıcıların üreticileri de, hareketli bazın özelliğinden dolayı standart protokollerin halen bazı hataları içermesinden dolayı, kendilerine özgü protokolleri kullanmayı tercih etmektedir. Çünkü, hareket eden iki nesne arasındaki baz uzunluğunun tespitinin gerektiği kimi uygulamalarda, baz uzunluğunun en az gecikmeyle doğru ve hassas biçimde belirlenmesi daha önemlidir. [123]

Bu nedenle, RTCM standart formatlarından başka, alıcı üreticisi firmalara özgü çeşitli veri formatları da veri iletiminde kullanılmaktadır. Bunlar, alıcı bağımlı olduklarından, ancak belirli alıcılar tarafından kullanılabilmektedir [3,51]. Örneğin,

CMR/CMR+ (Compact Measurement Record, Trimble) formatı, hem bir mesaj protokolünü hem de ölçme verileri için bir sıkıştırma/açma algoritmasını kapsar [124]. Buna benzer bir diğer format olan ATOM (Adaptive Transmission of Optimized Messages, Magellan) formatı da, GNSS ölçülerinin ve düzeltmelerinin, alıcı konum sonuçlarının ve öznitelik bilgilerinin ve uydu bilgilerinin kombine olarak yer alabildiği bir formattır [123,125].

NMEA Formatı

Ulusal Denizcilik Elektroniği Birliği–NMEA, teknik denizcilik elektroniği konusunda eğitim, iletişim, sertifikasyon ve standardizasyon sağlayan bir örgüttür. NMEA, deniz elektronik cihazlarının çeşitli bileşenleri arasındaki arayüzü tanımlayan ve bu cihazların bilgisayarlara ve diğer deniz donanımlarına bilgiler göndermesine olanak sağlayan, genel olarak NMEA 0183 olarak ifade edilen standardı geliştirmiştir. Bu standardın, tek bir ileticiden bir veya daha fazla alıcıya tek yönlü seri veri aktarımını desteklemesi amaçlanmıştır.

NMEA standardı 1983 yılından beri vardır ve birçok revizyon geçirmiştir. Bu süre zarfında revize edilen sürüme bağlı olarak cümle sayısında ve cümle tiplerinde birçok değişiklikler olmuştur. Şu ana kadar NMEA 0183'ün, 2.00, 2.10, 2.30, 2.40, 3.00 ve 3.01 gibi versiyonları yayınlanmıştır. Çoğu GPS alıcısı, NMEA 0183 sürüm 2'yle uyumlu çalışmaktadır. Versiyon 4.00 ise, 2002 yılında yayınlanan NMEA 0183 V 3.01'in yerini almıştır ve teknik revizyon olarak yayınlanan son versiyondur. [126]

NMEA, basit ve ASCII karakterli olması nedeniyle hemen hemen bütün marka ve model GPS alıcıları tarafından desteklenen bir veri formatına sahiptir. Hem GPS hem de birleşik GNSS sisteminde kullanılabilmektedir. NMEA 0183 protokolü, elektronik bir cihazın seri (RS232) ara biriminden kodlu olarak gönderilen sözcüklerin, bu cihazın bağlı olduğu bir başka elektronik cihazın seri ara biriminden alınarak kodlarının çözülmesi ve böylece bu iki cihazın birbirleriyle konuşturulması maksadıyla kullanılmaktadır. Toplam 54 farklı standart NMEA cümlesi bulunmaktadır. Ancak, ne amaçla (örneğin sadece konum belirleme veya izlemeye ilişkin tüm uydu veya alıcı bilgilerinin izlenmesi), ne tip alıcı (örneğin GPS veya LORAN-C veya DECCA) ve ne yetenekte bir alıcı (basit standart el alıcıları veya çok gelişmiş DGPS referans istasyonu alıcıları) kullanıldığına bağlı olarak alıcıda bu cümlelerden bir kısmı üretilmektedir. [33]

GPS cihazları için donanım arayüzü NMEA gereksinimlerini karşılayacak şekilde tasarlanmaktadır. Bunlar genellikle, RS232 protokolleri kullanan birçok bilgisayar seri portuyla uyumludur. Donanım arayüzünü kullanabilmek için, kullanılan cihaza uygun bir kabloya veya bluetooth'a ihtiyaç duyulur. Güncel olarak üretilen bilgisayarların çoğunda artık seri port bulunmamakta, yalnızca USB girişi bulunmaktadır. Çoğu GPS alıcısı, seriden USB'ye dönüşüm sağlayan adaptörlerle veya PCMCI adaptörleriyle kullanılmaktadır. Arayüz hızı bazı modellerde dengelenebilmektedir; ancak, NMEA standardı 8 bitlik data, no parity ve bir stop bit ile 4800 bit/saniyedir. 4800 b/s oranıyla 1 saniyeyi kapsayacak veriden daha fazlasını kapsayacak yeterlilikte veri gönderilebilir. Bu nedenle, bazı cihazlar güncellemeleri yalnızca her iki saniyede bir gönderirler veya bazı verileri her bir saniyede gönderirler ve kalanını da daha az sıklıkta gönderilecek şekilde saklarlar.

4800 b/s ile saniyede yalnızca 480 karakter gönderilebilir. Bir NMEA cümlesi ancak 82 karakter olabildiğinden, 6 farklı cümleden daha azının gönderimi mümkün olur. Gerçek sınır kullanılan cümlelere bağlıdır ancak, eğer hızlı cümle yanıtı bekleniyorsa bu durum yeteneklerin önüne geçecektir. Verinin kullanımı için ihtiyaç duyulan zamana bağlı olarak, güncellenen verilere yanıtta 4 saniyelik bir gecikme olabilir. Bu durum bazı uygulamalarda sorun yaratmayabilir, ancak bazılarında kabul edilemez. Örneğin, 100 km hızla giden bir otomobil, saniyede yaklaşık 30 m yol alır. Birkaç saniyelik bir gecikme, sürücünün dönüşü kaçırmasına neden olabilir.

Gerçek zamanlı konum bilgisi alan çoğu bilgisayar programı, NMEA formatındaki verileri anlar. NMEA'nın mantığı, bütünüyle müstakil olan ve "cümle" diye adlandırılan veri satırlarının gönderilmesidir. Her bir aygıt kategorisi için standart cümleler vardır ve her bir firmanın kullanımı için kendilerine özel cümleleri tanımlama olanağı mevcuttur. Cümleler $ ile başlar; satırlardaki veriler virgüllerle ayrılır ve veri ASCII metindir. Standart cümlelerin tamamı, o cümle tipini kullanan aygıtı tanımlayan 2 harflik bir ön eke sahiptir. Daha sonraki 3 harf ise, cümle içeriğini belirler.

Her bir veri türü kendi tekil yorumuna sahiptir ve NMEA standardında tanımlanmaktadır. Örneğin GGA cümlesi, temel fiks verisine bir örnektir. Diğer cümleler bazı bilgileri tekrarlayabilirler ancak yeni bilgiler de sağlarlar. Bu cümleleri okuyan cihaz ya da program hangisi olursa olsun, ilgilendiği veri cümlesini arayabilir ve önemsemediği diğer cümleleri de göz ardı edebilir. NMEA standardında, GPS

alıcısının farklı bişeyler yapmasını söyleyen komutlar yer almaz. Bunun yerine, her bir alıcı tüm verileri yalnızca gönderir ve bunların çoğunun göz ardı edileceği aşikardır. Bazı alıcılar, cihazın içinde tüm cümlelerin bir alt kümesinin veya özellikle cümlelerden birinin gönderilmesini sağlayacak komutlara sahiptir. Okunamayan ya da alınamayan verilerin tekrar gönderilmesini sağlayacak bir yol yoktur. Bunun yerine alıcı cihaz, kontroller yapar (checksum) ve bozuk olan veriyi göz ardı eder. NMEA standardında, deniz çevrelerinde kullanılabilecek tüm cihaz türleri için birçok cümle vardır. GPS alıcılarına uygun olan bazı cümle kodları ve bunlara ilişkin açıklamalar aşağıda listelenmektedir (bu mesajlar $GP ile başlar):

$GPDCN – Decca Position
$GPDPT – Depth
$GPGGA – Global Positioning System Fix Data
$GPGLC – Geographic Position, Loran-C
$GPGLL – Geographic Position, Latitude/Longitude
$GPGSA – GPS DOP and Active Satellites
$GPGSV – GPS Satellites in View
$GPHDT – Heading, True
$GPOLN – Omega Lane Numbers
$GPRMC – Recommended Minimum Specific GPS/TRANSIT Data
$GPVTG – Track Made Good and Ground Speed
$GPZDA – Time & Date [127]

Bu cümlelerle ilgili daha detaylı bilgiye [127] kaynağından ulaşılabilir.

Bu NMEA cümlelerinden, navigasyon ve konumlandırma uygulamalarında yoğun olarak kullanılan GGA, GLL, GSA, VTG ve RMC cümlelerine ilişkin daha detaylı bilgiler daha sonraki bölümlerde açıklanacaktır. Diğer NMEA cümleleri arasında, WPL, AAM ve BWC gibi navigasyon cümleleri de bulunmaktadır.

Ayrıca, GNSS alıcısı üreten firmalara has tescilli cümleler de mevcuttur. Bu cümleler daima P (Proprietary) ile başlar ve devamında üreticinin 3 karakterlik kodu ile cümle türünü tanımlayan ilave karakterler (örneğin, $PGRMM, $PMGNST, $PMOTG gibi) yer alır.

NMEA arayüzünde sunulan bilgileri basit bir terminal (Hyperterminal ya da DOS Lynx gibi) program ile görüntülemek mümkündür. Eğer bu program, oturumu saklayabiliyorsa bu durumda tüm oturum geçmişi bir dosyaya aktarılabilir. Daha gelişmiş programlar belirli mesajları ve cümleleri filtreleyebilirler veya belli aralıklarla cümleleri alabilirler. Bazı bilgisayar programları da gerçek zamanlı

görüntüleme yapabilmekte ve verileri, bir metin editörü tarafından açılabilen ASCII dosyalara kaydedebilmektedir.

NMEA mesaj cümlesinin ayrıştırılması, GPS veri cümlesinden enlem ve boylamın alınması:

Mekansal verileri okumak için bir terminal program kullanmak çok pratik değildir. Bu mesajlar, iyice okunmasına imkan olmayacak şekilde hızlı biçimde aşağı doğru akarlar ve fazladan birçok bilgi içerirler. Bu ASCII mesajlardan arzu edilen bilgilerin alınıp çıkarılması için çeşitli programlama dillerinde kodlar geliştirilmiştir.

NMEA, GPS alıcısı içeren cihazlar için bir RS-232 iletişim standardı tanımlamıştır. GPS alıcıları, konum, zaman, azimut ve navigasyonla ilgili diğer verileri, virgülle ayrılmış mesaj cümleleri şeklinde ASCII formatta çıkış sağlayabilirler.

Genellikle GPS alıcısının el kitapçıkları, PC'ye veri aktarma konusundaki terminal ayarlarını tanımlarlar. Tipik bir ayar, akış kontrolü olmadan, 4800 baud, 8N1'dir (8 veri biti, no parity, 1 stop bit). Örneğin COM1 seri portundan bağlanmış bir cihazdan her iki saniyede bir veri alımı sağlanabilir.

GGA cümlesinden bilgilerin alınması ya da cümlenin ayrıştırılması:

Gelen mesaj cümlelerinin seri olarak okunması ve ayrıştırılması için yazılacak bir program öncelikle bunların GPGGA mesajı olup olmadığının belirlenmesini ve zaman ve enlem/boylam gibi, yalnızca istenen mekansal bilgilerin alınmasını/görüntülenmesini sağlayabilir. Seri port programlamayı basitleştirmek için bazı ücretsiz kütüphaneler mevcuttur. Program, başlangıçta GPS alıcısından gelen ve tüm GPS cümlelerininin ASCII olarak kaydedildiği .txt dosyasını, daha sonra fonksiyon prototipi kullanılarak seri portu açar. Daha sonra ifadenin $ ile başlayıp başlamadığı kontrol edilir. Eğer başlıyorsa bu, yeni bir GPS mesaj cümlesinin alındığı anlamına gelir ve kontrol değerine gelene kadar diğer karakterlerin okunmasına devam edilir. Eğer seri olarak okunan cümle, $GPGGA cümlesiyse, virgülle ayrılan mekansal veriler okunur. Bu amaçla oluşturulan programlarda, ASCII karakterlerden sayısal değerlerin alınması için tarama komutları bulunur. [128,129]

Tez çalışması kapsamında kullanılan GNSS alıcılarından bilgisayara aktarılan NMEA verilerinin akışı Çizelge 4.4'te gösterildiği gibidir:

Çizelge 4.4 : GNSS alıcısından NMEA veri akışı.

$GNRMC,160859.00,A,4106.2665666,N,02901.1558264,E,0.00,300.31,270510,0.00,E,D*1C

$GNGLL,4106.2665666,N,02901.1558264,E,160859.00,A,D*70

$GNGNS,160900.00,4106.2665666,N,02901.1558264,E,RR,15,0.7,140.230,,0.42,0000*56

$GNVTG,94.1814,T,94.1814,M,0.009,N,0.017,K,D*37

$GNGSA,A,3,04,09,12,15,17,26,27,,,,,,65,72,73,74,75,83,84,85,,,,,1.1,0.7,0.9*26

$GNZDA,160900.89,27,05,2010,03,00*77

$GNGGA,160900.00,4106.2665666,N,02901.1558264,E,4,15,0.7,140.230,M,,,0.42,0000*34

$GNGGQ,160900.00,052710,4106.2665666,N,02901.1558264,E,3,15,0.004,140.230,M*15

$GNGSV,6,1,21,02,04,157,,04,17,120,41,09,65,320,51,12,33,267,50*68

$GNGSV,6,2,21,15,40,205,50,17,44,055,49,18,01,272,,22,01,303,*67

$GNGSV,6,3,21,26,53,225,50,27,75,328,50,28,10,068,,30,01,261,*6A

$GNGSV,6,4,21,65,11,317,36,72,09,268,42,73,56,085,47,74,52,336,48*64

$GNGSV,6,5,21,75,06,309,41,82,10,028,,83,58,053,49,84,54,176,48*61

$GNGSV,6,6,21,85,06,197,41,,,,,,,,,,*55

$GNLLK,160901.00,052710,,,,,0,15,1.3,,*56

$GNLLQ,160901.00,052710,,,,,0,15,0.004,,*4A

$GNGGK,160901.00,052710,4106.2665666,N,02901.1558264,E,3,15,1.3,EHT140.230,M*51

$GNZDA,160902.46,27,05,2010,03,00*76

$GNGLL,4106.2665666,N,02901.1558264,E,160902.00,A,D*7F

$GNGNS,160902.00,4106.2665666,N,02901.1558264,E,RR,15,0.7,140.230,,0.42,0000*54

$GNVTG,180.8227,T,180.8227,M,0.019,N,0.035,K,D*36

$GNGSA,A,3,04,09,12,15,17,26,27,,,,,,65,72,73,74,75,83,84,85,,,,,1.1,0.7,0.9*26

$PTNL,GGK,160902.00,052710,4106.2665666,N,02901.1558264,E,3,15,1.1,EHT140.230,M*73

$GNRMC,160902.00,A,4106.2665666,N,02901.1558264,E,0.03,180.82,270510,0.00,E,D*12

$GNGGA,160903.00,4106.2665666,N,02901.1558264,E,4,15,0.7,140.230,M,,,0.42,0000*37

$GNGGQ,160903.00,052710,4106.2665666,N,02901.1558264,E,3,15,0.004,140.230,M*16

$GNZDA,160903.78,27,05,2010,03,00*7A

$GNGLL,4106.2665666,N,02901.1558264,E,160903.00,A,D*7E

$GNGNS,160903.00,4106.2665666,N,02901.1558264,E,RR,15,0.7,140.230,,0.42,0000*55

$GNVTG,184.9888,T,184.9888,M,0.007,N,0.014,K,D*3A

$GNGSV,6,1,21,02,04,156,,04,17,120,41,09,65,320,51,12,33,267,49*61

$GNGS

…..

NMEA veri yapısına ilişkin bazı açıklamalar:

Çizelge 4.4'teki örnek verilerden, konumlandırmada kullanılan cümlelerin bileşenleri aşağıdaki çizelgelerde açıklanmaktadır (Çizelge 4.5 – 4.10):

Çizelge 4.5 : $GNGGA – GNSS coğrafi konum veri cümlesi (fiks bilgisi) [33,51, 128,129,130].

Cümle:$GNGGA,160900.00,4106.2665666,N,02901.1558264,E,4,15,0.7,140.230,M,,,0.42,0000*34		
Kelimeler	**Açıklama**	**Anlamlı Değerler**
160900.00	Konumlandırma UTC zamanı ile Saat 16:09:00'da yapılmış.	00 – 235959
4106.2665666	Enlem 41 derece 06.2665666 dakikadır.	0 – 90
N	Enlemin Yönü (N: Kuzey, S: Güney)	N, S
02901.1558264	Boylam 029 derece 01.1558264 dakikadır.	E:-180 – 0 W: 0 – 180
E	Boylamın Yönü (E: Doğu, W: Batı)	E, W
4	Konum Belirleme Yöntemi (GPS kalite belirteci) 0=Belirsiz, 1=GPS SPS modunda belirlenmiş, 2=DGPS SPS modunda belirlenmiş, 3= GPS PPS modunda belirlenmiş, 4=Gerçek zamanlı kinematik sistemde sabitlenmiş tamsayı kullanılarak belirlenmiş, 5=Gerçek zamanlı kinematik sistemde kesirli tamsayılar kullanılarak belirlenmiş, 6=DR ile kestirilmiş, 7=El ile girilmiş, 8=simüle edilmiş.	0,1,2,3,4,5,6,7,8
15	İzlenen uydu sayısı 15 adettir.	0- Alıcı Kanal Sayısı
0.7	Yatay konum duyarlık kaybı (HDOP) 0.7	1.0 – 999
140.230,M	Metre biriminde Elipsoit Yüksekliği 140.230 m	+/-0000 – 9999
	Metre biriminde jeoit yüksekliği – Girilmemiş	Metreler
0.42	Son SC-104 DGPS düzeltmelerinden sonra geçen saniyeler, 0.42 sn	Saniyeler
0000	DGPS baz istasyonu numarası	0000 – 1023
*34	Transfer kontrol değeri	

Çizelge 4.6 : $GNGLL – Coğrafi Konum (Enlem ve boylam) veri cümlesi [33,51, 128,129,130].

Cümle: $GNGLL,4106.2665666,N,02901.1558264,E,160859.00,A,D*70		
Kelimeler	**Açıklama**	**Anlamlı Değerler**
4106.2665666	Enlem 41 derece 06.2665666 dakikadır.	0 – 90
N	Enlemin Yönü (N: Kuzey, S: Güney)	N, S
02901.1558264	Boylam 029 derece 01.1558264 dakikadır.	0 (+/- 180)
E	Boylamın Yönü (E: Doğu, W: Batı)	E, W
160859.00	Koordinat UTC zamanı ile Saat 16:08:59'da belirlenmiş.	00 – 235959
A	Geçerlilik durumu; A:Geçerli, V:Geçersiz (GNSS sisteminde N), E:DR yöntemiyle kestirilmiş, M:El ile girilmiş, S:Simüle edilmiş.	A, V(N),E,M,S
D*70	Transfer kontrol değeri	

Çizelge 4.7 : $GNGSA – GNSS aktif uydular ve DOP veri cümlesi [33,51,128, 129,130].

Cümle: $GNGSA,A,3,04,09,12,15,17,26,27,,,,,,65,72,73,74,75,83,84,85,,,,,1.1,0.7,0.9*26		
Kelimeler	**Açıklama**	**Anlamlı Değerler**
A	Konum belirleme modu; konumların 2 boyutlu mu 3 boyutlu mu olacağı otomatik olarak belirlenmiş. Diğer seçenekler: A: Otomatik, M: El ile girilmiş.	A, M
3	Konumlar 3 boyutlu olarak belirlendi. Diğer seçenekler: 1: Konum belirleme tipi belirlenemedi, 2: 2 boyutlu, 3: 3 boyutlu.	1 – 3
04,09,12,15,17,26, 27,,,,,,65,72,73,74, 75,83,84,85,,,,,	1 ila 7'inci kanallarda sırasıyla 04,09,12,15,17,26,27 numaralı GPS uyduları izlenmiştir. 13 ila 20'inci kanallarda sırasıyla 65,72,73,74,75,83,84,85 numaralı GLONASS uyduları izlenmiştir. 8 ila 12 ve 21 ila 24 arasındaki kanallarda uydu izlenmemiştir.	1 – 32 (GPS), 33 – 64 (WAAS) 65 – 96 (GLONASS)
1.1	Konum duyarlık kaybı – PDOP	0 – 9.9

Çizelge 4.7 : (devam) $GNGSA – GNSS aktif uydular ve DOP veri cümlesi.

0.7	Yatay konum duyarlık kaybı – HDOP	0 – 9.9
0.9	Düşey konum duyarlık kaybı – VDOP	0 – 9.9
*26	Transfer kontrol değeri	

Çizelge 4.8 : $GNGSV– Görüş alanındaki uydular veri cümlesi [33,51,128,129,130].

Cümleler:

$GNGSV,6,1,21,02,04,157,,04,17,120,41,09,65,320,51,12,33,267,50*68

$GNGSV,6,2,21,15,40,205,50,17,44,055,49,18,01,272,,22,01,303,*67

$GNGSV,6,3,21,26,53,225,50,27,75,328,50,28,10,068,,30,01,261,*6A

$GNGSV,6,4,21,65,11,317,36,72,09,268,42,73,56,085,47,74,52,336,48*64

$GNGSV,6,5,21,75,06,309,41,82,10,028,,83,58,053,49,84,54,176,48*61

$GNGSV,6,6,21,85,06,197,41,,,,,,,,,,*55

Kelimeler	Açıklama	Anlamlı Değerler
6	Bu veri 6 adet cümle ile gönderilebilmiş.	1 – 9
1	Bu cümle, toplam 6 cümlenin birincisidir.	1 – 9
21	Görüş alanındaki uyduların sayısı 21'dir.	1 – 32 (GPS), 33 – 64 (WAAS) 65 – 96 (GLONASS)
02	İzlenen birinci uydunun numarası 02'dir.	1 – 32 (GPS), 33 – 64 (WAAS) 65 – 96 (GLONASS)
04	02 numaralı uydunun yükseklik açısı 04 derecedir.	0 – 90
157	02 numaralı uydunun azimutu 157 derecedir.	0 – 359
Boşluk	02 numaralı uydunun sinyal gücü (S/N) izlenememiştir. Bu değer ne kadar yüksek ise bu uydunun sinyali o kadar güçlü gelmiş ve gürültülere o kadar az maruz kalmış demektir.	0 – 99
04	İzlenen ikinci uydunun numarası 04'tür.	1 – 32 (GPS), 33 – 64 (WAAS) 65 – 96 (GLONASS)
17	04 numaralı uydunun yükseklik açısı 17 derecedir.	0 – 90
120	04 numaralı uydunun azimutu 120 derecedir.	0 – 359

Çizelge 4.8 : (devam) $GNGSV – Görüş alanındaki uydular veri cümlesi.

41	04 numaralı uydunun sinyal gücü (S/N) 41 dB'dir. Bu değer ne kadar yüksek ise bu uydunun sinyali o kadar güçlü gelmiş ve gürültülere o kadar az maruz kalmış demektir.	0 – 99
09	İzlenen üçüncü uydunun numarası 09'dur.	1 – 32 (GPS), 33 – 64 (WAAS) 65 – 96 (GLONASS)
65	09 numaralı uydunun yükseklik açısı 65 derecedir.	0 – 90
320	09 numaralı uydunun azimutu 320 derecedir.	0 – 359
51	09 numaralı uydunun sinyal gücü (S/N) 51 dB'dir. Bu değer ne kadar yüksek ise bu uydunun sinyali o kadar güçlü gelmiş ve gürültülere o kadar az maruz kalmış demektir.	0 – 99
12	İzlenen dördüncü uydunun numarası 12'dir.	1 – 32 (GPS), 33 – 64 (WAAS) 65 – 96 (GLONASS)
33	12 numaralı uydunun yükseklik açısı 33 derecedir.	0 – 90
267	12 numaralı uydunun azimutu 267 derecedir.	0 – 359
50	12 numaralı uydunun sinyal gücü (S/N) 50 dB'dir. Bu değer ne kadar yüksek ise bu uydunun sinyali o kadar güçlü gelmiş ve gürültülere o kadar az maruz kalmış demektir.	0 – 99 dBHz veya boş
*68	Transfer kontrol değeri	

Çizelge 4.9 : $GNVTG – Alıcının hareket istikameti ve hızı veri cümlesi [33,51,128, 129,130].

Cümle: $GNVTG,94.1814,T,94.1814,M,0.009,N,0.017,K,D*37		
Kelimeler	**Açıklama**	**Anlamlı Değerler**
94.1814	Hareket istikameti 94.1814 derecedir.	0 – 359,99
T	Hareket istikameti açısı gerçek kuzeyden (true north) itibarendir.	T
94.1814	Hareket istikameti 94.1814 derecedir.	0 – 359,99
M	Hareket istikamet açısı manyetik kuzeyden itibarendir.	M
0.009	Alıcı yer hızı 0.009 knot'tur.	0 – 1000
N	Alıcı hızı birimi knot cinsindendir.	N
0.017	Alıcı yer hızı 0.017 km/saattir.	0 – 1000

Çizelge 4.9 : (devam) $GNVTG – Alıcının hareket istikameti ve hızı veri cümlesi.

K	Alıcı hızı birimi km/saat cinsindendir.	K
D	Konum belirleme mod göstergesi (NMEA 0183 V3.00'dan itibaren eklenmiştir) A: Otonom Mod D:Diferansiyel Mod E:Tahmini N:Geçersiz veri	A,D,E,N
*37	Transfer kontrol değeri	

Çizelge 4.10 : $GNRMC – GNSS için önerilen minimum veri [33,51,128,129,130].

Cümle:$GNRMC,160902.00,A,4106.2665666,N,02901.1558264,E,0.03,180.82,270510,0.00,E,D*12		
Kelimeler	**Açıklama**	**Anlamlı Değerler**
160902.00	Koordinat UTC zamanı ile Saat 16:09:02'de belirlenmiş.	00 – 235959.999
A	Geçerlilik durumu; A:Geçerli, V:Geçersiz (GNSS sisteminde N), D: Diferansiyel modda üretilmiş, E:DR yöntemiyle kestirilmiş, M:El ile girilmiş, S:Simüle edilmiş.	A, V
4106.2665666	Enlem 41 derece 06.2665666 dakikadır.	0 – 90
N	Enlemin Yönü (N: Kuzey, S: Güney)	N, S
02901.1558264	Boylam 29 derece 01.1558264 dakikadır.	0 (+/- 180)
E	Boylamın Yönü (E: Doğu, W: Batı)	E, W
0.03	Yer üzerindeki hızı 0.03 knot'tur.	0 – 999.99
180.82	Yer üzerindeki istikameti 180.82 derecedir.	0 – 359.99
27052010	UTC tarihi 27 Mayıs 2010'dur.	Ddmmyy
0.00,E	Manyetik değişim Doğuya doğru 0.00 derecedir.	0 – 359.99, E/W
D	Mod göstergesi (NMEA 0183 V3.00'dan itibaren eklenmiştir) A: Otonom Mod D:Diferansiyel Mod E:Tahmini N:Geçersiz veri	A,D,E,N

Çizelge 4.10 : (devam) $GNRMC – GNSS için önerilen minimum veri.

*12	Transfer kontrol değeri	

Tez çalışması kapsamında kullanılan gyropusula cihazından bilgisayara aktarılan NMEA verilerinin akışı Çizelge. 4.11'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.11 : SSC200'den elde edilen NMEA verileri.

*$IIHDG,213.6,000.0,E,,*24*
*$IIROT,6,A*3E*
$IIHDG,213.7,000.0,E,,*25
$IIROT,8,A*30
$IIHDG,213.7,000.0,E,,*25
$IIROT,8,A*30
$IIHDG,213.7,000.0,E,,*25
$IIROT,9,A*31
$IIHDG,213.7,000.0,E,,*25
$IIROT,9,A*31
*$PMAROUT,ATT,1.5,-0.7,,,,,,*03*
$IIHDG,213.7,000.0,E,,*25
$IIROT,9,A*31

Çizelge 4.11'deki ifadelere ilişkin açıklamalar Çizelge 4.12 – 4.14'te yer almaktadır.

Çizelge 4.12 : $IIHDG azimut (heading, deviation & variation) veri cümlesinin açıklaması [131].

Cümle: $IIHDG,213.6,000.0,E,,*24		
Kelimeler	**Açıklama**	**Anlamlı Değerler**
213.6	Ondalık basamağındaki sapmayı da kapsayan manyetik azimut.	0 – 360°
000.0	Sapma. Sapma daima 0.0 değerini gösterir, çünkü bir önceki değerin içinde zaten yer almaktadır.	0 – 360
E	Bu alan da sapma değeri sıfır olduğundan "E"olmaktadır.	E
Boşluk	Değişim (variation) verisinin yer aldığı RMC veya VTG cümlesinden değişim verisi alınmadığı sürece bu değer boş olmaktadır.	
Boşluk	Değişim (variation) var olduğunda, yönüne bağlı olarak "E" veya "W" değerinin yer aldığı RMC veya VTG cümlesinden değişim verisi alınmadığı sürece bu değer boş olmaktadır.	
*24	Transfer kontrol değeri	

Çizelge 4.13 : $IIROT, dönüş hızı (rate of turn) veri cümlesinin açıklaması [131].

Cümle: $IIROT,6,A*3E		
Kelimeler	**Açıklama**	**Anlamlı Değerler**
6	Derece/dakika olarak dönüş hızı. "-" değer baş kısmının limana doğru döndüğünü gösterir.	+/- 360°
A	Verinin geçerli olup olmadığını gösterir. A, geçerli veriyi, V ise geçersiz veriyi gösterir.	A, V
*3E	Transfer kontrol değeri	

Çizelge 4.11'deki $PMAROUT cümlesi ise, geminin davranışını (pitch ve roll) gösterecek standart bir NMEA 0183 cümlesi olmadığında, SSC'nin "pitch" ve "roll" değerlerini saniyede bir kez göstermek için kullandığı kendine özel cümledir. Bu cümleye ilişkin açıklamalar da aşağıda Çizelge 4.14'te yer almaktadır:

Çizelge 4.14 : "Pitch" ve "roll" veri cümlesinin açıklaması [131].

Cümle: $PMAROUT,ATT,1.5,-0.7,,,,,*03		
Kelimeler	**Açıklama**	**Anlamlı Değerler**
ATT	Bu değer, devam eden verinin daima geminin davranışıyla (attitude) ilgili olduğunu gösterir.	ATT
1.5	Derecenin onda biri hassasiyette "roll" açısı. "-" değer "roll"un limana doğru olduğunu gösterir.	+/- 360°
-0.7	Derecenin onda biri hassasiyette "pitch" açısı. "-" değer başın aşağı doğru olduğunu gösterir.	+/- 360°
Boşluk	Boşluk	
*03	Transfer kontrol değeri	

4.4 İzleme

Günümüzde karada, havada veya denizde, lojistik faaliyetlerden, askeri faaliyetlere veya doğada yaşayan vahşi hayvanlardan sahada çalışan ekiplere/araçlara kadar birçok objenin veya olgunun uzaktan izlenmesine gereksinim duyulmaktadır. Bir noktadan diğer bir noktaya gitmekte olan platformların, o anda dünyanın neresinde, hangi koşullarda seyahat ettikleri, ne zaman hedefe varacakları hakkında istendiği her an bilgi alınabilmesi ve bulundukları yerlerde yaptıkları çalışmaların izlenmesi ve gerektiğinde bunların yönlendirilmesi bu gereksinimlere bir örnektir.

Açık denizlerde yapılan faaliyetlerdeki ilerlemeler ve yüzen varlıkların çoğalmasıyla, kurulum, montaj ve sondaj gibi operasyonlar sırasındaki hareketlerin, bir risk ve varlık yönetim aracı olarak uzaktan izlenmesi amaçlı sistemler ve kalite kontrol sistemleri giderek yaygınlaşmaktadır. Bu sayede yüzen varlıkların zamanın herhangi bir anında ne yaptıkları uzaktan izlenebilmektedir. Ayrıca, uzaktan izleme sayesinde platform gibi açık deniz araçlarında bu amaç için bir veya daha fazla sayıda personelin kullanılmasına gerek kalmamakta; hem maliyetlerde azalma sağlanmakta hem de sağlık ve güvenlik bakımından riskler azaltılmış olmaktadır.

Çağımızda bilgi teknolojileri, mekânsal bilgilere dayalı web uygulamalarını yaygınlaştırmış; navigasyon, izleme, filo yönetimi vb. gibi birçok farklı dinamik uygulamalar için oldukça yararlı bir araç haline getirmiştir. Denizcilik alanındaki web tabanlı uygulamalar da, kullanıcılara dinamik bilgilere bile anında ulaşma ve izleme olanağı sağladığı için güncel ve yaygın uygulamalardır. [114]

İzleme işlemi bir anlamda, uzak bir bilgisayardan, konumlandırmanın gerçekleştirildiği bilgisayara internet aracılığıyla uzaktan bağlanılması ve o ekranda gerçekleşen her türlü işlemin uzaktan izlenmesidir. Burada, uzaktaki bir kullanıcının operasyon alanındaki bir bilgisayarla grafik arayüz sağlaması için, bu amaçla geliştirilmiş protokoller ve yazılımlar kullanılmaktadır. Platformların uzaktan izlenmesinde bağlantı, uydu kanalıyla ya da internet IP trafiğini destekleyen herhangi bir iletişim bağlantısıyla sağlanabilmektedir. Bu yöntem sayesinde örneğin konumlandırma hizmetinin sahibi olan kuruluşun yöneticileri, kendilerine tahsis edilen bir web sayfasına giriş yaparak, sanki navigasyon yazılımının çalıştığı bilgisayar ekranından izler gibi konumlandırma çalışmalarını uzaktan izleyebilmektedir. Burada görüntülenecek veriler belli frekanslarda yayınlanmakta; bu sayede yöneticiler, belli zaman aralıklarında platformda kurulu konumlandırma sisteminin ekran görüntülerine neredeyse anlık olarak uzaktan ulaşabilmektedir. Ayrıca, platformun mevcut konumu, Google Map üzerinden izlenebilmekte; platformun izi kaydedilerek Google Earth aracılığıyla görüntülenebilmektedir. Konumlandırmaya ilişkin ekran görüntüleri de kaydedilebilmekte, konumlandırma süreci film formatında saklanıp daha sonra izlenebilmektedir.

5. PLATFORM KONUMLANDIRMA ve İZLEME YAZILIMI: MariNAV

5.1 Sistem Tasarımı

Tez çalışması kapsamında yapılan literatür araştırmasında, daha önce yapılan konumlandırma çalışmalarının konumlandırma raporlarının incelenmesi, bu konuda çalışmalar yapan ve konumlandırma çalışmalarına katılan kişilerle görüşme ve bizzat çalışmalara katılımla elde edilen bilgi birikimi ile benzer amaçlarla kullanılan sistemlerin incelenmesi ve verimliliklerinin irdelenmesi sonucu ortaya konan değerlendirmelere göre, geliştirilecek konumlandırma sisteminde bulunması gereken özellikler belirlenmiştir. Ayrıca, denizcilik ve dinamik konum belirleme alanındaki uluslararası standartlar incelenmiş, batimetri haritalarından, alet, donanım ve yazılım kitapçıklarından (manuel) yararlanılmıştır. Bu çerçevede aşağıdaki konular incelenmiş ve sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir:

- Global konum belirleme sistemleri
- Elektronik deniz haritalarının formatları ve kullanım biçimleri
- Gerçek zamanlı konum belirleme için iletişim teknolojileri
- Ölçme tasarımının yapılabilmesi için platformların yapıları ve kullanım biçimleri
- Platform konumlandırma işi sırasında oluşan beklentiler.

Açık denizlerde yapılan konumlandırma çalışmalarında genellikle iki adet GPS alıcı seti kullanılmakta, birincil alıcı olarak kullanılan çift frekanslı alıcılarla desimetre-altı yatay doğruluğa ulaşılabilmekte, ikincil olarak kullanılan tek frekanslı alıcılarla da metre-altı düzeyde konumlar belirlenmektedir. Bunların yanında, platformun azimutunun gerçek zamanlı olarak elde edilmesine yarayan gyropusula ile sürecin kontrolünü sağlayan navigasyon yazılımı da önemli bileşenlerdendir. Çalışma alanı açık deniz olduğundan, kıyıdan belli bir mesafe uzaklaşıldıktan sonra, yersel istasyon veya CORS benzeri ağlardan düzeltmeler almak imkânsız hale gelmektedir. Konum doğruluğunun iyileştirilmesinde kullanılan diferansiyel düzeltme verileri, bu hizmeti sunan sağlayıcılardan abonelik sistemine göre ücretli olarak temin edilmektedir.

Denizlerde kullanılacak konumlandırma sistemlerinde en az 2 adet uydu tabanlı anlık konum belirleme sistemi ve 1 adet gyropusula donanımı bulunmalıdır. Bu sistemdeki DGPS alıcıları arasındaki bağımsızlık, açık denizlerdeki genel konumlandırma çalışmalarında iki farklı DGPS girdisinin kullanılabilmesi için temel koşuldur. Bir diferansiyel bağlantı, bir seferde birden fazla DGPS tarafından kullanılmamalıdır. İki sistem de sadece GPS'ye dayalı olursa yine bağımlılık söz konusu olabilir. Ancak bu iki sistem, GPS, GLONASS ve GALILEO'ya dayalı olursa (Yazılım+Donanım olarak) aralarında bağımsızlık sağlanabilir. [97] Konumlandırma sistemlerinde, GPS ile birlikte modernize edilmekte olan GLONASS ve yakın gelecekte tam anlamıyla faal olacak olan GALILEO sistemine uyumlu alıcıların kullanılması birçok açıdan yararlı olacaktır. GPS, GLONASS veya GALILEO alıcısı ile karşılaştırıldığında kombine bir alıcı, daha iyi bir ulaşılabilirlik, bütünlük, doğruluk, parazitlere karşı direnç, kurulum kolaylığı, istendiği zaman DGPS modunda, DGLONASS modunda, DGALILEO modunda ve kombine DGPS, DGLONASS ve DGALILEO modunda çalışma yeteneği sunar. Kombine DGPS/DGLONASS/DGALILEO alıcı setinde hem GPS, hem GLONASS hem de GALILEO sinyallerini ve düzeltmeleri alma ve işleme yeteneği olan anten, alıcı ve işlemci bileşenleri bulunur [132].

Bir deniz aracında birden fazla konum belirleme sisteminin olması, her biri için birden fazla anten konumunun olacağı anlamına gelmektedir. Eğer anten konumları optimal değilse, multipath, maskeleme veya gürültü problemleri oluşabilir veya bunlar GPS veya diferansiyel bağlantı sinyallerine hata getirebilir. Bu hatalı sinyaller, hatalı konum verisinin elde edilmesine neden olabilir. Antenlerin platform üzerinde multipath ve benzeri etkiler oluşturacak yerlere yerleştirilmesi zaman zaman hatalı konumların üretilmesine neden olmaktadır. Bu da platformun belirlenen konuma göre kendi fiziksel konumunu değiştirmesini gerektirecek komutu devreye sokacağından, platform bu yanlış konum bilgisi nedeniyle aşırı itici güç uygulamaya geçecektir. Bunun sonucu olarak deniz aracında/platformda hedef konumdan uzaklaşma (drive-off) vakaları meydana gelmektedir. Bu nedenle antenler, konum verisinin alınmasını ve iletişimi engelleyebilecek yerlerden (elektromanyetik alanlar, ufuk açısının üstünde kalabilecek fiziki engeller gibi) uzak, [97,101,133] platformun en yüksek ve açık görüşe sahip olan (örneğin köprü) yerlerine yerleştirilmelidir. Bu anten konumlarının platform koordinat sistemindeki lokal koordinatları (x,y) ölçülür. Günümüzün gemi tasarım teknolojisi, 'pitch', 'roll' ve 'heave' etkilerini en aza

indirebilmekte; ancak tamamen yok edememektedir. Konum belirleme sistemleri genelde platformun yüksek yerlerine yerleştirildiğinden platformun belirlenen konumu, bu istenmeyen hareketlerden etkilenmektedir [3].

Donanımlar arası kabloların döşenmesinde, rutin çalışmaların en az etkileneceği güzergâhlar kullanılmalıdır. Anten-alıcı arasında uzun kablolar kullanılırken, alıcı üreticisinin SNR (Signal-to-Noise Ratio) oranlarının korunduğuna dikkat edilmelidir. Kullanılan yazılım, farklı referans istasyonlarından elde edilen konumları ve istatistiki olarak sistem performansını göstermelidir. Kurulumda ve operasyonda, mobil (geçici) konumlandırma sistemindeki anten ve alıcıların belli konumlara yerleştirileceği deniz aracının detayları ve muhtemel kablo uzunlukları ortaya konmalıdır. Hangi diferansiyel veri bağlantı türüne olanak olduğu, hangisine olmadığı tespit edilmeli, frekanslarla ilgili kısıtlamalar varsa araştırılmalı, mesafe kısıtlamaları dikkate alınmalıdır. Veri düzeltmelerinin alınması için, yani RTCM veri parametreleri için gerekli bağlantı ayarlarının alıcıda yapılması gerekir. GPS verilerinin yazılımda işlenmesi ve kaydı için uygun veri formatı belirlenmeli ve datum ve projeksiyon seçilmelidir. [101]

Düzeltmelerin temini anlamında referans istasyonlarının sayısını ölçme gereksinimleri belirlemektedir. Refraksiyon hatalarının en az düzeyde tutulabilmesi için referans istasyonları mümkün olduğunca yakın olmalı, birden fazla referans istasyonu kullanılacaksa, iyonosfer etkisinin azaltılması için bunlar çalışma sahasına uygun dağılmış olmalıdır. Referans istasyonuyla çalışma alanı arasında kabul edilebilir en uzak mesafe, düzeltme iletim moduna bağlıdır. Buna ilişkin bazı değerler şu şekildedir: uydu iletişimini kullanan sistemlerde mesafeler 1000 km'yi, düşük frekanslı radyo sistemlerinde 700 km'yi, orta frekanslı sistemlerde 300 ila 600 km'yi geçmemelidir. Ultra yüksek frekanslı (UHF) sistemlerde ise mesafeler 100 km'nin altında kalmalıdır. Veri iletim oranları proje gereksinimlerine ve iletim aracına bağlıdır. İletilen sinyallerin formatları, RTCM SC-104 gibi bilinen formatlara göre belirlenebilir. Referans istasyonları için güvenilir koordinat bilgisinin belirlenmesi oldukça önemlidir. Yerel/ulusal koordinat sistemi ile WGS84 arasında datum dönüşümlerinin iyi tanımlandığı alanlarda yeni çalışma alanlarını lokal sistemde koordinatlandırmak uygun olabilir. [101]

Elde edilen tüm bu bilgilere ve beklentilere göre konumlandırma sisteminin taşıması gereken özellikler ortaya konmuş ve tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarımı yapılan

sistem, gerçek zamanlı olarak konum belirleme verileri üreten GNSS alıcılarıyla azimut verileri üreten gyropusula donanımının ve bu sensörlerin ürettiği verileri ve diğer yardımcı verileri kullanarak, hedeflenen koordinatlarda petrol/doğal gaz arama kuyusu açacak olan açık deniz sondaj platformunun konumlandırılmasını sağlayacak olan konumlandırma yazılımının oluşturduğu bir konumlandırma sistemidir. Bu sistemde yer alan konumlandırma yazılımı, platformun taşınması, konumlandırılması ve izlenmesi süreçlerini kontrol edecek ve gerektiğinde kullanıcıları yönlendirecektir. Buna göre konumlandırma sistemi şu bileşenlerden oluşmaktadır:

- I. DGNSS alıcısı (Birincil DGNSS)
- II. DGNSS alıcısı (İkincil DGNSS)
- III. DGNSS alıcısı (Yedek/Kontrol DGNSS)
- Gyropusula
- Konumlandırma yazılımı ve Bilgisayar
- Referans istasyonu alıcı seti (DGNSS-RTK)
- Kalibrasyon ve Offset ölçme araçları
- Veri iletim araçları (Radyo ve GSM Modemler)
- Bluetooth GPS + mobil cihaza entegre uydu bazlı, SISNav LBS (Location Based Services) uygulaması
- Yardımcı ölçme araçları ve altlık veriler.

Sistemde 3 GNSS alıcısının bulunmasının avantajları şunlardır:

- Eğer biri devre dışı kalırsa/hata yaparsa, diğerleriyle konum hesaplanır
- Ölçü sayısını ve güvenirliği arttırır
- Sondaj kulesi ekseninin daha doğru ve kaliteli konum bilgisi elde edilir
- GNSS alıcıları diferansiyel modda iken:
  - Diferansiyel düzeltme verileri alınabilir
  - Düzeltmeler için GPS/GNSS referans istasyonu kullanılabilir
  - Düzeltmeler için TUSAGA-Aktif (CORS-TR) ağından yararlanılabilir
- GNSS alıcıları gerçek zamanlı (real-time) modda iken:
  - Düzeltmeler için GPS/GNSS referans istasyonu kullanılabilir
  - Düzeltmeler için TUSAGA-Aktif (CORS-TR) ağından yararlanılabilir.

Sistem tasarımı çalışmasında, platform türüne göre platform üzerine donanımların yerleştirilme yerleri belirlenmiştir. Belirlenen bu yerlere yerleştirilecek donanımlar arasındaki bağlantıların ne şekilde yapılacağı, ne miktarda bağlantı kablosu kullanılacağı ortaya konmuştur. Yerleştirilecek donanımın ve platform üzerinde yerleri sabit olan önemli noktaların, lokal platform koordinat sistemindeki koordinatlarının (offset değerleri) ölçülmesine ilişkin planlamalar yapılmıştır. GNSS alıcı antenlerinin yerleştirilmesinde, etraflarının açık olmasına, montajının kolay ve güvenli olmasına, sinyalleri engelleyici yapıların olmamasına (yatayda 360º, düşeyde en az 5º – 90º arasında açık görüş sağlayacak şekilde), elektrik alanlardan ve yüksek güçlü vericilerden en az 3 m uzak olmasına ve platform rutin çalışmalarında personeli engellememesine dikkat edilmiştir. Yazılımın çalışacağı bilgisayarın platformun radyo veya kontrol odasına yerleştirilmesine karar verilmiştir. Helikopter pisti sinyallerin gelişinde platform üzerindeki en açık alanı sağladığından, GNSS antenlerinden 2 tanesinin helikopter pistinin uç kısımlarına yakın yerleştirilmesi, diğerinin de köprü diye tabir edilen bölgenin üstüne yerleştirilmesi uygundur. Platform türünden bağımsız olarak ilk ikisinin yerleştirildiği yerden radyo odasındaki alıcıya veri aktarımı sağlamak için en az altmışar metre bağlantı kablosu gerekmektedir. Üçüncü anten ise kontrol odasına daha yakın olan köprü üzerine yerleştirileceğinden, yirmi metre civarında bir kablo yeterlidir. Ayrıca, gyropusulanın kontrol odasında, platformun baş-kıç doğrultusuna paralel olarak yerleştirilmesi planlanmıştır (EK C ve D'de sırasıyla, 'jack-up' ve 'semisub' türü deniz platformlarının planlarının üzerinde sistem tasarımı yer almaktadır). Alıcılara gelen konum ve düzeltme verileri RS232 çoklayıcısıyla bilgisayara aktarılabilir. Tasarımda, bir diğer seçenek olan, 3 GNSS alıcısından bu verilerin alınması ve Ethernet çıkışıyla bir 'hub'da toplanarak bilgisayara NMEA formatında aktarılması tercih edilmiştir. Gyropusula verilerinin de USB bağlantısı ile NMEA formatında yazılıma iletilmesi öngörülmüştür.

Lokal koordinat merkezinin başlangıcı olarak 'jack-up' platformda platform haberleşme anteninin merkezi, 'semi-submersible' platformda ise sondaj kulesi orta ekseni alınmıştır (sırasıyla EK C ve D). Lokal sistemdeki koordinatları ölçülen noktalar, lokal koordinat sisteminin orijini, sondaj kulesi orta ekseni-'rotary table', GNSS alıcı anten konumları, sondaj güvertesinin orta-uç bölümü (stern) ve amaçlanan diğer noktalardır. Koordinatları global sistemde ölçülen GNSS alıcı anten

konumlarından, koordinat dönüşümü ile diğer noktaların da global (örn. WGS84) veya hedeflenen sistemdeki (örn. ED50) koordinatları hesaplanacaktır. Bununla ilgili detaylı bilgiler Matematiksel Model başlığı altında aktarılmaktadır.

Konumlandırma çalışmalarında anlık konumların iyileştirilmesi için hem kaynak anlamında, hem de veri iletim aracı anlamında çeşitli seçenekler söz konusudur. Tasarlanan sistemin kullanımında, gerçek zamanlı bir RTK düzeltme kaynağı olan TUSAGA-Aktif ağının kapsama alanında kalan uygulamalar yapılabildiği taktirde düzeltme kaynağı olarak bu ağdan yararlanılacaktır. Yapılan çalışmanın TUSAGA-Aktif'in kapsama alanında olmaması durumunda, çalışma yapılan bölgeye göre kıyıda uygun bir noktaya kurulacak ve konumların 'cm/dm' düzeyinde belirlenebilmesi için RTK/DGNSS düzeltmeleri yayınlayacak olan bir referans istasyonundan yararlanılacaktır. Düzeltme verilerinin, radyo modem veya GSM/GPRS modem aracılığıyla açık denizdeki gezici GNSS alıcılarına iletilmesi planlanmıştır. Bu araçlar, çalışma alanına göre bazı kısıtlamalara sahip olabilmektedir. Düzeltme kaynağı olarak diğer bir seçenek de abonelik sistemine göre yayın yapan SBAS uydu tabanlı sistemlerin kullanılmasıdır. Bu hizmetler, desimetre-altı doğruluk sağlayan yüksek performanslı sistemler ya da metre-altı düzeylerde doğruluk sağlayan sistemlerdir. Metre-altı düzeyde doğruluk sağlayan bir diğer hizmet de, düzeltme verilerini ücretsiz olarak sunan kamu yararına hizmet veren sistemlerdir (örneğin EGNOS); ancak bu gibi kamu yararına hizmet veren sistemlerin kapsama alanları, hedefledikleri alanlarla sınırlıdır. Çalışma yapılacak alanın bu gibi sistemlerin kapsama alanında yer alması durumunda, düzeltme sinyallerinin, ücretsiz olan bu sistemlerden alınması, çalışmaların maliyetleri açısından daha fazla verim sağlayabilir.

Sistemde yer alacak, amaçlara uygun elektronik donanımlar araştırılmış ve uygun olan donanımlar, SANTEZ projesi çerçevesinde daha sonra yapılacak çalışmalarda da kullanılabilecek şekilde belirlenerek temin edilmiştir. Bu kapsamda, 3 adet RTK özellikli çift frekanslı GNSS alıcı setleri (Leica GPS1200+), RTK özellikli çift frekanslı referans istasyonu GNSS alıcısı (GRX1200 series ve referans istasyonu yazılımı Leica GNSS Spider) ve aparatları, 3 adet 1 watt, 1 adet 5 watt radyo modem (Satelline 3AS), 4 adet GSM/GPRS modem (Siemens MC75), navigasyon programının üzerinde çalışacağı bir adet endüstriyel dizüstü bilgisayar (Toshiba Tecra Notebook), Bluetooth GPS alıcısı (Tecom) ve gyropusula cihazı (SSC200

NMEA 0183 Solid State Compass) donanımları; ayrıca, alıcıların anten ve güç kaynağı bağlantılarını sağlayacak olan ve tasarım aşamasında belirlenen miktarlarda cihazlara özel kablolar da temin edilmiştir.

Geliştirilen konumlandırma sisteminde, ileride gerçekleşebilecek yeni uydu sistemleri, yeni frekanslar, yeni çözüm teknikleri gibi etkenler de göz önüne alınarak, kombine ikili veya üçlü global konum belirleme sistemlerine uyumlu, hem RTK özelliği olan hem de DGNSS modunda çalışabilen 3 adet Leica GPS1200+ GNSS alıcı seti yer almaktadır. Bunlardan biri birincil sistem olarak, diğeri ikincil sistem olarak, üçüncüsü ise, yedek/kontrol sistemi olarak kullanılacak, ancak tümü konum bilgisi sağlayacak ve konum hesabına katılacaktır. Alıcı donanımlarının seçilecek kaynaktan RTCM formatındaki düzeltmeleri alabilecek, RTK ve DGNSS özelliği olan güncel alıcılardan olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılacak alıcılarda, ücretsiz yayın yapan SBAS uydularından (örneğin Türkiye'nin kuzeybatısı 3 adet EGNOS uydusunun kapsama alanındadır) ya da abonelik sistemiyle yayın yapan düzeltme kaynaklarından düzeltmelerin alınmasına olanak sağlayan çift frekanslı alıcı-anten setleri tercih edilmiştir. Ayrıca, kıyıdan çok uzak olmayan belli mesafe uzaklıktaki çalışmalar için yararlanılabilecek bir referans noktası da sistemde yer almaktadır; bu istasyon için Leica GRX1200 Referans İstasyonu GNSS alıcı seti kullanılmaktadır. GNSS alıcılarının bazı özellikleri aşağıda yer almaktadır:

- Tüm alıcılar için statik ve kinematik ölçmelerde bir diferansiyel kod çözümünün baz hassasiyeti 25 cm'dir,
- Alıcılar, uydu konfigürasyonlarına bağlı olarak, 120 kanallıdır. Bunlardan 16'şar adede kadar L1, L2 ve L5 (GPS); 14'er adede kadar L1 ve L2 (GLONASS); 14'er adede kadar E1, E5a E5b ve Alt-BOC (GALILEO), 4 adet kanal SBAS için, kod ve faz ölçülerini, gerçek zamanlı olarak yapma amaçlıdır. Referans alıcısında, PPS özelliği, osilatör ve NET port özellikleri vardır,
- GALILEO uyduları faaliyete geçtiğinde yazılım güncellemesiyle kullanım sağlanacaktır,
- Alıcılar COMPASS sistemine de uyumludur. COMPASS sistemi tamamlanmamış olsa da testler uyumu göstermektedir,
- Veriler, CompactFlash kartlara veya seçenek olarak 1 GB'a kadar dahili hafızaya kaydedilebilmekte; ASCII veri formatlarında, ayrıca DXF veya

LandXML formatlarında export edilebilmekte ve .mdb, RINEX ve sıkıştırılmış RINEX dosyalarına yazılabilmektedir,

- Dahili ve harici güç kaynakları kullanılabilmektedir,
- Gerçek zamanlı uygulamalar için hem kendine has formatta hem de RTCM, CMR ve CMR+ formatlarında, uygun radyo kanalları, sayısal cep telefonları veya modem gibi iletişim araçlarıyla iletim yapabilmektedir,
- Ham verileri ve RTK düzeltmelerini farklı iletişim portlarından gönderebilmektedir,
- Referans istasyonu alıcılarının kullanımı için gerekli olan referans istasyonu yazılımı Leica GNSS Spider'dir,
- Port iletişim parametre ayarları (RS232) şu şekildedir:
  - Baud rate: 115200'e kadar
  - Data bits: 8
  - Parity: none
  - Stop bit: 1
  - Flow control: none

Daha detaylı bilgi için [134] kaynağına başvurulabilir.

Sistem bileşeni olan alıcıların abonelik sistemiyle çalışan OmniSTAR hizmet sağlayıcısından yararlanarak konum verilerini iyileştirmesinden bahsedilecek olursa; metre altı doğruluğun yeterli olduğu durumlarda, Leica GPS 1200+ alıcılarının RTCM Tip1 ve Tip3 düzeltmelerini alabilmesi için demodülatör olarak OmniSTAR 7300VBS kullanılabilmektedir. Desimetre altı konum belirleme doğruluğu gerekli olduğunda ve bunun olabildiğince düşük maliyetli olması istendiğinde ise, bir USB eklentisi olan ve veri kaydını kolaylıkla yapabilen OmniSTAR 5220HP hizmeti kullanılabilmektedir. Bu hizmetler, lokal bir baz istasyonu kullanılmasına gerek kalmadan, kullanıcının kendi GNSS alıcısının konum doğruluğunu iyileştirmek için düzeltme verilerini gerçek zamanlı olarak, tüm dünyada ve neredeyse her an ulaşılabilir biçimde sunmaktadır.

OmniSTAR VBS (L1), OmniSTAR uyumlu tek frekanslı GNSS alıcılarıyla kullanılabilmektedir. Yatay konum doğruluğu 75 cm'nin altındadır (%95). En yakın OmniSTAR referans istasyonuna 750 km mesafe içerisinde kalan bir kullanıcı bu doğruluğu elde edebilmekte, bu uzaklık aşıldıkça doğruluk yavaş yavaş azalmaktadır.

OmniSTAR HP+ ve XP (L1L2), OmniSTAR uyumlu çift frekanslı GNSS alıcılarıyla kullanılabilmektedir. HP+'nın yatay konum doğruluğu 10 – 15 cm'nin (%95), düşey konum doğruluğu da 15 – 20 cm'nin (%95) altındadır. Referans istasyonuna dayalı bir hizmettir. XP'nin yatay konum doğruluğu 10 cm'nin (%95), düşey konum doğruluğu da 15 cm'nin (%95) altındadır. XP, GNSS uydularının hassas yörünge ve saat ölçmelerini temel aldığı için, kullanıcının referans istasyonlarına göre konumunun önemi yoktur.

OmniSTAR hizmetleri, yalnızca kara tabanlı uygulamalar için geçerlidir. Deniz alanları için de yine aynı hizmet sağlayıcının StarFIX hizmetleri bulunmaktadır.

Tasarlanan konumlandırma sisteminde, konum belirlemeyle eş zamanlı olarak, platform orta ekseninin kuzeyle (true north) yaptığı açıyı ölçecek olan gyropusula donanımı da yer almaktadır. Azimut değeri zaten ikili GNSS anten konumlarına göre hesaplanabilmektedir; ancak gyropusula, azimut için fazla ölçü oluşturmak amacıyla bağımsız bir sensör olarak değerlendirilmektedir. Sistem bileşeni olarak temin edilen SSC200 – NMEA 2000® / NMEA 0183 Solid State Compass cihazı (Şekil 5.1), ±45° pitch ve roll açısında 1°'den iyi azimut doğruluğu, durağan koşullarda da 1°'den iyi roll ve pitch doğruluğu sağlayan bir elektronik pusuladır. Saniyede 10 kez azimut değeri, birer kez de pitch ve roll okumaları sağlar. Ani dönüşler ya da sert deniz koşulları gibi dinamik olarak değişen durumlarda doğru ve sağlam değerler sağlamak için ileri sabitleme algoritmaları kullanmaktadır. NMEA 2000® ağı sertifikasına sahiptir ve NMEA 0183 sayısal arayüz standardıyla uyumludur. Verileri



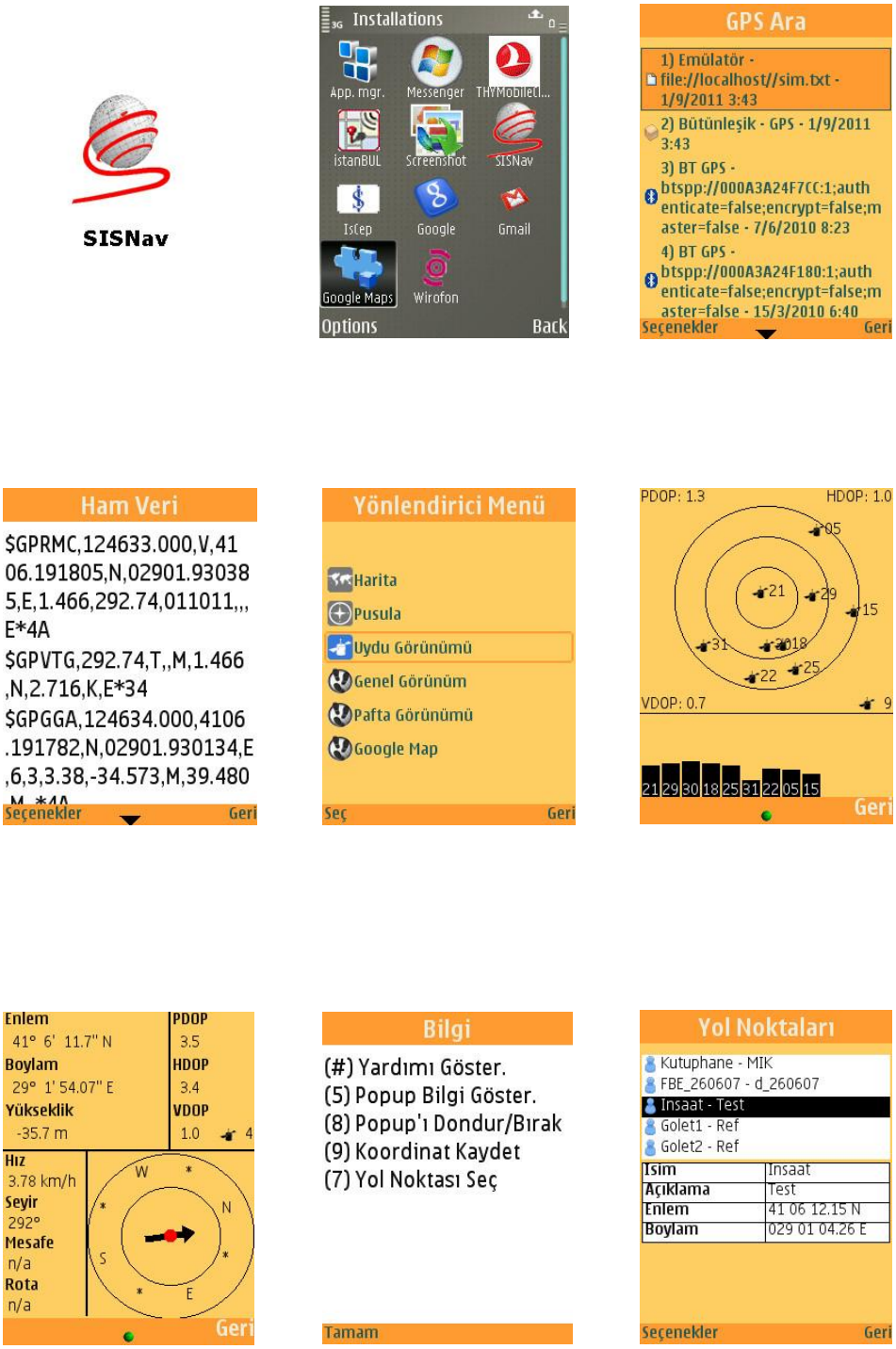
Şekil 5.1 : SSC 200-Solid State Compass.

paylaşmak için grafik arayüzle veya navigasyon yazılımı ile herhangi bir NMEA 2000® ağına ve/veya NMEA 0183 dinleyicisine doğrudan bağlanabilmektedir. Dinamik doğruluğu, 3 eksendeki manyetometre, 2 eksendeki ivmeölçer ve oransal gyropusulanın ileri sayısal filtrelemesi ile geliştirilmiştir.

Sistem bileşenlerinden olan hem alıcıları hem de referans istasyonunu test etmek amacıyla, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü Jeodezi Laboratuvarı terasında çalışmalar yapılmış, referans olarak kurulan alıcıdan diğerlerine düzeltme verilerinin iletimi radyo ve GSM modemlerle ayrı ayrı gerçekleştirilmiş ve ayrıca tüm alıcılardan bilgisayara NMEA formatında veri aktarımı başarıyla sağlanmıştır. Bunun yanında, SSC'nin gerekli bağlantıları gerçekleştirilerek endüstriyel dizüstü bilgisayara NMEA formatında azimut ve pitch-roll verilerini aktarması sağlanmıştır.

Konumlandırma sisteminin en önemli bileşeni, sensörlerden gelen gerçek zamanlı tüm konum ve azimut verilerinin iletildiği, gerekli hesaplamaları yapan ve bunları görüntüleyen konumlandırma yazılımıdır. Bu yazılım, 3 konum sensöründen gelen verileri kullanarak, lokal sistemdeki koordinatları benzerlik dönüşümüyle hesaplayacak ve böylece 'rotary table'nin global koordinatlarını verecektir. Buna göre platformun global sistemde hesaplanan konumunu sayısal altlıklar üzerinde gösterecek, platformun hareketinin kontrol altında tutulmasını sağlayacak ve hedef konuma varılıncaya kadar platformu yönlendirecektir. Ayrıca SSC verisi ile de platformun istenen bir azimuta göre konumlandırıldığı yerde yönlendirilmesini temin edecektir. [114] Konumlandırma yazılımının geliştirilmesine ilişkin bilgiler ilerleyen başlıklarda aktarılacaktır.

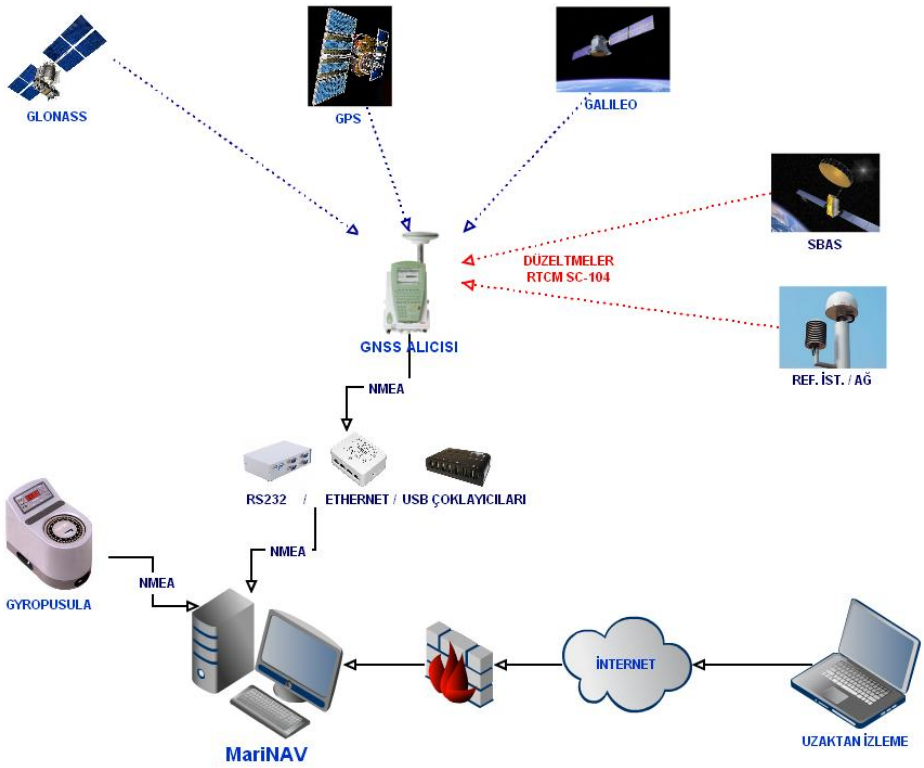
Derin deniz sondajlarında kullanılan platformların bazı türlerinin konumlandırılmasının yanında, çapalama gemileriyle deniz tabanına çapalanması da gerekmektedir. Bu gemilerin, çapalama sırasında yönlendirilmesi, çapaların tabana yayılması ve bunların konumlarının belirlenmesi için gemilerin anlık konumlarının merkezi konumlandırma yazılımına iletilmesi de çözülmesi gereken bir navigasyon problemidir. Bu sorunu çözmek için uygulanabilecek yöntemlerden biri, platforma kurulan sistemin aynısının çapalama gemilerine de kurulmasıdır. Diğer bir yöntem de, konum temelli hizmetlerin kullanılmasıdır. Tez çalışması kapsamında geliştirilen sistemde, Sistem A.Ş. tarafından mobil araçlar için J2ME platformunda geliştirilmiş olan SISNav uygulaması kullanılmıştır. Şekil 5.2'de SISNav'a ait ekran görüntüleri



Şekil 5.2 : SISNav programı ekran görüntüleri.

verilmektedir. SISNav, temel olarak Java ve bluetooth özelliklerine sahip olan 200'den fazla mobil cihazda çalışabilmektedir. Başlangıçta kişisel navigasyon ve araç navigasyonu için geliştirilen SISNav'ın geliştirme platformu ve altyapısı her türlü navigasyon uygulamasına uygundur. SISNav hem iç DGPS/DGNSS alıcı verilerini hem de dış kaynak verilerini gerek kablolu olarak gerekse bluetooth teknolojisiyle kullanabilmektedir. Cihaz özelliklerine bağlı olarak SISNav NMEA formatındaki ya da özel formatlardaki verileri GPRS, Bluetooth, SMS vb. kanallarla iletme yeteneğine sahiptir. [135]

Ayrıca, internet teknolojisindeki ilerlemelere paralel olarak, platform ve gemi konumlarının uzaktan izlenmesi ve yapılan operasyonların takip edilmesi yönünde yeni beklentiler ortaya çıkmıştır. Bunun için konumlandırma sisteminin, platform operasyonlarına internet aracılığıyla bağlanması gereklidir. Bu sayede acil durumlara ve güvenlik ihtiyaçlarına daha iyi müdahale konusunda avantaj sağlanacaktır. Bu çalışma kapsamında tasarlanan ve geliştirilen sistem, sunucu tabanlı teknolojiyle geliştirildiğinden, bu imkânları kullanıcılara sağlayabilmektedir. [114]



Şekil 5.3 : Konumlandırma sistemi veri akışı.

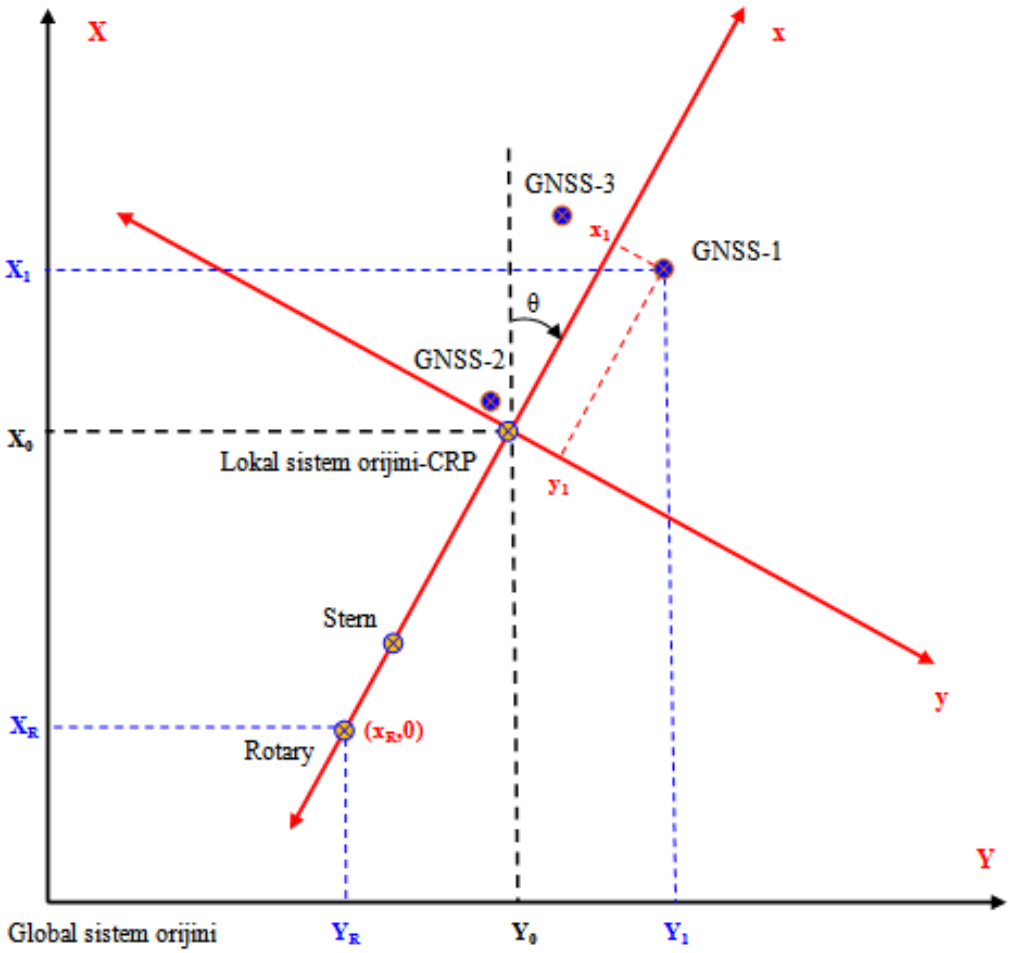
Şekil 5.3'te konumlandırma sürecindeki veri akışı görülmektedir. Burada, bilgisayara gelen NMEA verileri ayrıştırılarak, konumla ilgili olanlar alınıp, koordinat dönüşümleri yapılarak konumlar hedef koordinat sisteminde belirlenmekte ve görsel arayüz üzerinde platformun hareketi gösterilmektedir. Bu süreç, sondaj kuyusu orta ekseni, belirlenen konum toleransı içerisinde hedefe ulaşana kadar devam etmektedir.

5.2 Matematiksel Model

Açık deniz platformlarının, koordinatları global sistemde belirlenmiş hedef noktalara konumlandırılmasında öncelikle, platformun türünden bağımsız olarak lokal bir platform koordinat sisteminin tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla, platformun lokal koordinat sistemini ve bu sistemin orijin noktası ile eksenlerini gösteren ölçekli planından yararlanılabilir. Tanımlanan bu lokal datumdan global datuma (örn. WGS84/ITRF96) koordinatların dönüştürülebilmesi için, ortak nokta olarak kullanılacak noktalar ile koordinatlarının global datumda hesaplanması istenen noktaların lokal koordinatları (offset/kayıklık değerleri) ölçülerek belirlenmelidir. Ortak noktalar, konumlandırma çalışması için platform üzerinde uygun yerlere tesis edilen ve konumları zaten global datumda belirlenen GNSS alıcı anten konumları; koordinatı global datumda belirlenecek olan noktalar ise platform koordinat sistemi başlangıç orijini ve sondaj kulesi orta ekseni-'rotary table' ile diğer önemli görülen noktalardır (platform türüne göre değişiklik göstermekle birlikte, 'jack-up' platformlarda 'stern' noktası ve/veya ayakların her biri, 'semisub' veya 'drillship'lerde ise DP sisteminin DGPS anten konumları gibi noktalar). Bu bölümde, lokal ve global koordinat sistemlerinden bahsedilmekte ve lokal sistemden global sisteme dönüşüme ilişkin bilgiler verilmektedir. Daha sonra, gyropusulanın kalibrasyonu için yapılacak hesaplamalar anlatılmaktadır. Ayrıca, ikili GNSS alıcı anten konumlarından azimutun hesaplanmasına ilişkin açıklamalar yapılmaktadır. Son olarak da 'jack-up' platformlar için hedefe yanaşma amaçlı manevra önerisine ilişkin bilgilere yer verilmektedir.

Petrol/doğal gaz arama/geliştirme amaçlı olarak hedeflenen kuyuların konumları, üç boyutlu bir sistemde tanımlanmaktadır. Buna göre kuyu koordinatları, belirlendikleri datuma ait elipsoidal koordinatlar olan B (enlem), L (boylam) ve h (elipsoidal yükseklik) veya seçilen projeksiyona ait koordinatlar (ve ortometrik yükseklik, yani H) şeklindedir. Türkiye'nin çevresindeki denizlerde genellikle hedef kuyu

koordinatları ED50 datumunda verilmekte; noktanın yer aldığı UTM (Universal Transverse Mercator) projeksiyon dilimine ait koordinatlar kullanılmaktadır. UTM, izdüşüm koordinatlarının oluşturduğu sistemdir ve yeryüzünün 84˚ kuzey, 80˚ güney enlemleri arasında kullanılmaktadır. SAĞA ve YUKARI değerlerden oluşan UTM, Gauss-Kruger projeksiyonuna dayalıdır ve bu projeksiyon sistemi, açı koruyan bir sistem olarak topçular, ölçmeciler, havacılar ve denizciler tarafından gerçek açı ve mesafelere çok yaklaşık değerler vermesi nedeni ile tercih edilmektedir [136]. Türkiye'nin çevresindeki açık deniz konumlandırma çalışmalarının hemen hepsinde UTM sistemi kullanıldığından, bu ve diğer bölümlerdeki açıklama, formül ve çizimlerde global koordinat sistemi olarak hedef noktanın yer aldığı UTM dilimi koordinat sistemi alınmış, SAĞA değer Y ile YUKARI değer de X ile gösterilmiştir.

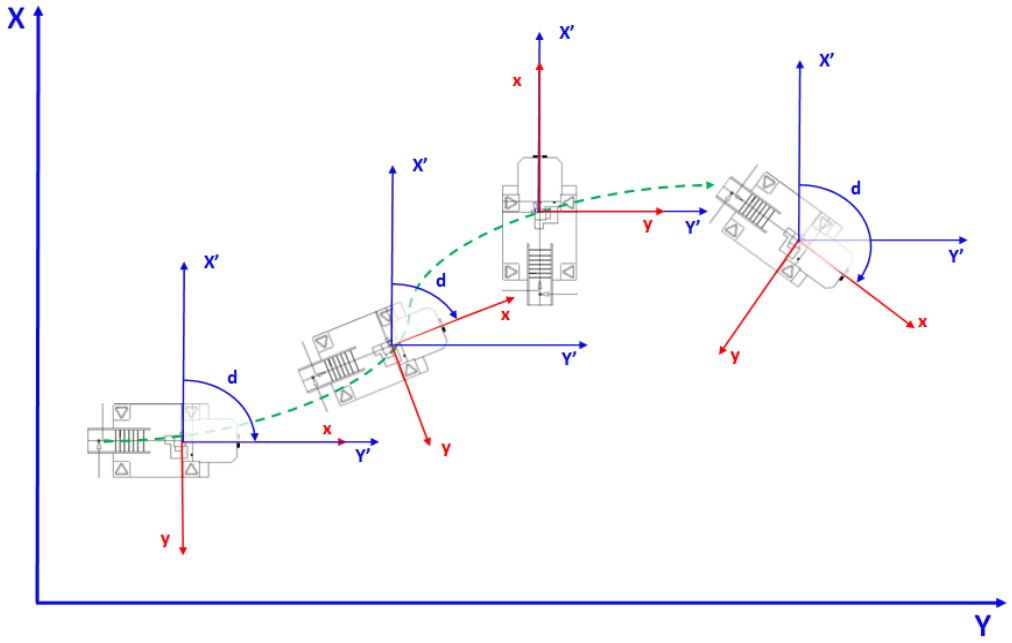


Şekil 5.4 : Lokal ve global koordinat sistemlerinin geometrik projeksiyonu.

Şekil 5.4'te, lokal koordinat sisteminin orijini (Common Reference Point-CRP) ve eksenleri (x-y), iki boyutta ele alınan global koordinat sisteminin orijini ve eksenleri

(X-Y), ortak noktalar (3 adet GNSS alıcısının anten konumları), global sistemde koordinatı bilinmeyen noktalar ve iki sistem arasındaki dönüklük (θ), yani platform orta ekseninin (x) azimutu görülmektedir. Bazı durumlarda 'rotary table' ve CRP noktaları çakışık olabilmektedir.

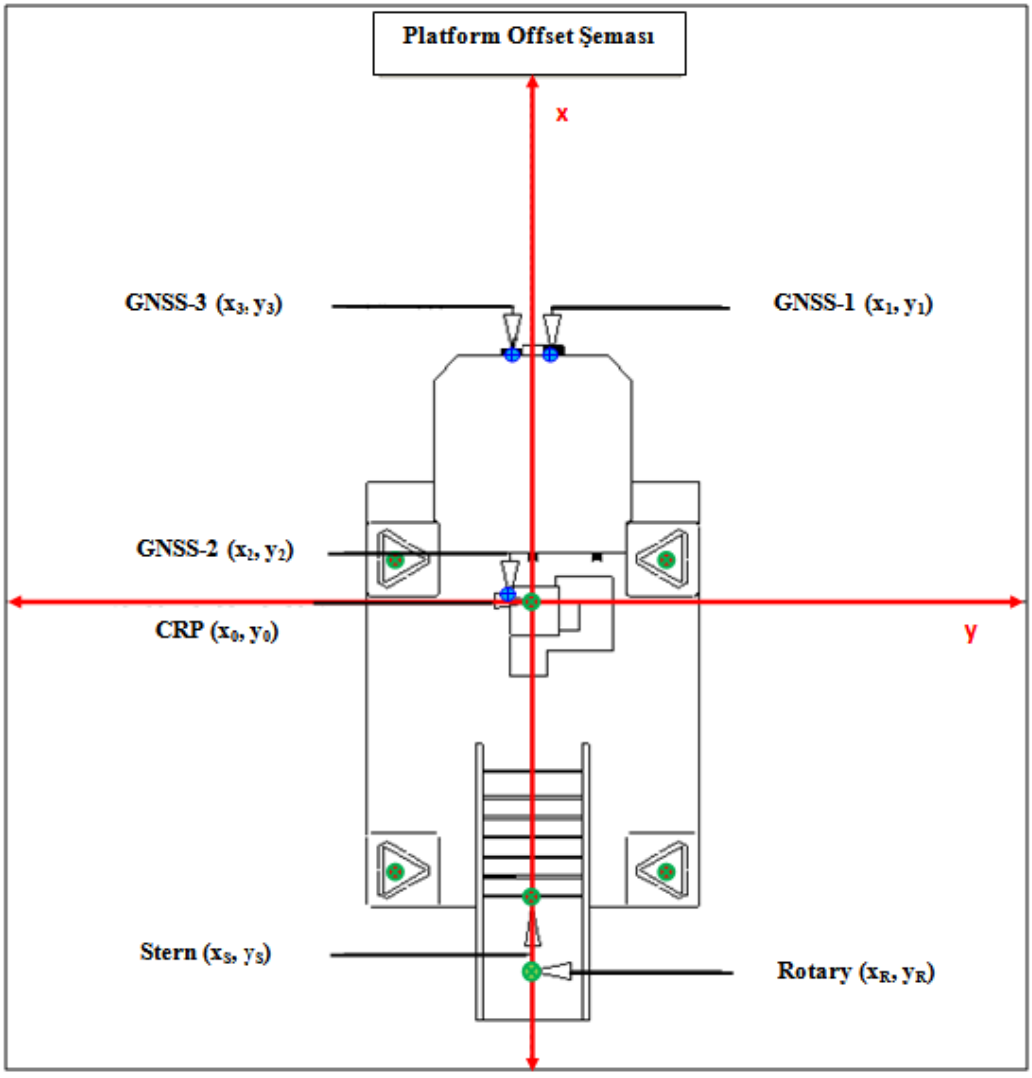
Platform konumlandırma uygulamalarında, yüzey konumlandırması yalnızca deniz yüzeyindeki nokta dikkate alınarak yapıldığından üçüncü boyutun yani yüksekliğin pratikte bir önemi bulunmamaktadır. Konumlandırmada, GNSS alıcısı anten konumlarının, sondaj kulesi orta ekseninin-'rotary table' ve global sistemde koordinatlarının hesaplanması istenen diğer noktaların iki boyutlu yani deniz yüzeyindeki konumları önem arz etmektedir. Üçüncü boyut olan yükseklik, GNSS alıcıları ile ölçülmekte ve ölçülemeyen noktaların yükseklikleri de platformun ölçekli planındaki değerlere göre hesaplanabilmektedir; ancak, uygulamada genellikle yükseklik bilgisine gerek duyulmamaktadır. Buradan hareketle, tez çalışması kapsamındaki hesaplamalarda ve çizimlerde yükseklik boyutu dikkate alınmamıştır.



Şekil 5.5 : Açık deniz platformunun ve lokal koordinat sisteminin global koordinat sistemindeki hareketi ve eksenlerinin dönüklüğü.

Açık deniz platformu ve platform koordinat sistemi global sistemde, çevre koşullarına ve kendi koşullarına bağlı olarak, dinamik bir ortamda olması nedeniyle Şekil 5.5'te görüldüğü gibi hareket etmektedir. Bu hareketi sırasında, platform üzerinde yer alan ve platformun hareketiyle aynı hareketi yapan, çalışma kapsamında

koordinatlarının bilinmesine ihtiyaç duyulan noktalar da (CRP, GNSS alıcı anteni konumları, sondaj kulesi orta ekseni-'rotary table' vb.) global koordinat sisteminde hareket etmektedir. Her bir alıcı anten konumunun, yani 3 adet ortak noktanın koordinatları global sistemde ölçülmektedir. Söz konusu bu üç noktadan her birinin lokal sistemdeki koordinatları da bilinmektedir. Şekil 5.6'da lokal koordinat sistemi ve bu noktalar yer almaktadır. Problem, global sistemde doğrudan belirlenemeyen nokta koordinatlarının geometrik ilişkiler ve matematik dönüşüm bağıntıları yardımıyla belirlenmesidir. Şekil 5.4, global sistemde koordinatları hesaplanıp anlık olarak kontrol yazılımı arayüzünde görüntülenmesi istenen hedef noktaların ve ortak noktaların her iki sistemdeki koordinatlarını ve bunların birbiriyle olan ilişkilerini göstermektedir.



Şekil 5.6 : Lokal koordinat sistemi ve offset değerleri.

Bir X-Y koordinat sisteminde koordinatları ölçülmüş veya hesaplanmış noktalar olduğu varsayılsın. Bu noktalar saydam bir altlığa, sözü edilen koordinat sisteminde, belirli bir ölçekle çizilmiş olsun. Aynı noktaların koordinatları, farklı ölçülere dayanarak (veya aynı ölçülerle) x-y koordinat sisteminde de bulunmuş olsun. Noktalar bu koordinatlarıyla da aynı ölçekte saydam bir altlığa çizilmiş olsun. Bu altlıkları üst üste getirerek çakıştırmaya çalışırsak, farklı ölçülerle iki sistemdeki koordinatlar hesaplanmışsa, ölçülerde rastlantısal nitelikli hatalar var olduğundan, genelde bir nokta çakışırken diğerinin çakışmadığı görülür. Dengelemeli koordinat dönüşümünde, çakışmamadan kaynaklanan bu farkların kareleri toplamı minimum olacak şekilde dönüşüm yapılır. Bu dönüşüme Helmert (Benzerlik) Dönüşümü denir ve bu işlemlerde geometriye (açılara) dokunulmamaktadır. Dönüşüm işlemi için, dönüşüm parametrelerinin hesaplanması amacıyla bilinmeyen sayısına bağlı olarak ortak (eşlenik) noktalar olması gerekir. Dönüşüm işlemi, yeteri kadar eşlenik nokta varken doğrudan yapılabileceği gibi, gereğinden fazla sayıda eşlenik nokta ile dengelemeli olarak da yapılabilir. [137]

Jeodezide kullanılan koordinat sistemleri arasında genel anlamda dönüşümün temelleri aşağıda açıklanmaktadır. Bir lineer dönüşüm eşitliği;

$$y = R \cdot x \qquad \textbf{(5.1)}$$

ile verilir **(5.1)**. Burada R matrisi dönüşüm matrisidir. y ilk sistemdeki ve x ikinci sistemdeki sütun vektörlerdir. Eğer x ve y vektörlerinin boyutları aynı ise dönüşüm ortogonaldir. O halde dönüşüm matrisi için;

$$R^T \cdot R = R \cdot R^T = I \qquad \textbf{(5.2)}$$

bağıntısı geçerli olacaktır **(5.2).**

Üç boyutlu Kartezyen koordinat sisteminde x ve y vektörleri sırasıyla X, Y ve Z eksenlerine sahiptirler. Yukarıdaki ifadelerden yola çıkarak bir Kartezyen koordinat sisteminde herhangi bir P noktasının X, Y, Z koordinatları vektörel olarak;

$$x_{\mathrm{p}} = \begin{bmatrix} X_{\mathrm{p}} \\ Y_{\mathrm{p}} \\ Z_{\mathrm{p}} \end{bmatrix}$$

şeklinde gösterilir.

Başlangıç noktaları özdeş bir sağ-el Kartezyen koordinat sisteminden diğerine dönüşümde; sırasıyla, sistem Z-ekseni etrafında ε_Z açısı, Y-ekseni etrafında ε_Y açısı, üçüncü adımda ise X-ekseni etrafında ε_X açısı kadar döndürüldüğünde;

$$y_p = R_1(\varepsilon_X) \cdot R_2(\varepsilon_Y) \cdot R_3(\varepsilon_Z) \cdot x_p \qquad \textbf{(5.3)}$$

bağıntısı elde edilir **(5.3)**. Burada;

$$R_3(\varepsilon_Z) = \begin{bmatrix} \cos\varepsilon_Z & \sin\varepsilon_Z & 0 \\ -\sin\varepsilon_Z & \cos\varepsilon_Z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_2(\varepsilon_Y) = \begin{bmatrix} \cos\varepsilon_Y & 0 & -\sin\varepsilon_Y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\varepsilon_Y & 0 & \cos\varepsilon_Y \end{bmatrix}$$

$$R_1(\varepsilon_X) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\varepsilon_X & \sin\varepsilon_X \\ 0 & -\sin\varepsilon_X & \cos\varepsilon_X \end{bmatrix}$$

ile verilir.

Sonuç olarak ε_X, ε_Y, ε_Z dönüklükleri için genel bir dönme matrisi tanımlanmak istenirse;

$$R = \begin{bmatrix} \cos\varepsilon_Y \cdot \cos\varepsilon_Z & \cos\varepsilon_Y \cdot \sin\varepsilon_Z & -\sin\varepsilon_Y \\ \sin\varepsilon_X \cdot \sin\varepsilon_Y \cdot \cos\varepsilon_Z - \cos\varepsilon_X \cdot \sin\varepsilon_Z & \sin\varepsilon_X \cdot \sin\varepsilon_Y \cdot \sin\varepsilon_Z + \cos\varepsilon_X \cdot \cos\varepsilon_Z & \sin\varepsilon_X \cdot \cos\varepsilon_Y \\ \cos\varepsilon_X \cdot \sin\varepsilon_Y \cdot \cos\varepsilon_Z + \sin\varepsilon_X \cdot \sin\varepsilon_Z & \cos\varepsilon_X \cdot \sin\varepsilon_Y \cdot \sin\varepsilon_Z - \sin\varepsilon_X \cdot \cos\varepsilon_Z & \cos\varepsilon_X \cdot \cos\varepsilon_Y \end{bmatrix}$$

olur. Dönüklüklerin çok küçük olduğu durumlarda, sinüslü terimlerin değişkenin kendisine, kosinüslü terimlerin 1'e eşit olduğu varsayımıyla lineer dönme matrisi;

$$R = \begin{bmatrix} 1 & \varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & 1 & \varepsilon_X \\ \varepsilon_Y & -\varepsilon_X & 1 \end{bmatrix}$$

elde edilir.

Eğer koordinat sistemlerinin başlangıç noktaları çakışık değilse, orijinler arasındaki;

$$t = \begin{bmatrix} t_X \\ t_y \\ t_Z \end{bmatrix}$$

öteleme vektörü de dönüşüm hesabında işin içine katılır. Ölçek faktörünün de dahil edilmesiyle genel dönüşüm bağıntısı elde edilir **(5.4)**:

$$y_p = t + S \cdot R \cdot x_p \qquad \textbf{(5.4)}$$

Burada:

x_p : P noktasının 1. sistemdeki Kartezyen koordinatları vektörü
y_p : P noktasının 2. sistemdeki Kartezyen koordinatları vektörü
t_x, t_y, t_z : İki sistem arasındaki ötelemeler
t: Orijinler arasındaki öteleme vektörü
R: Dönme matrisi
ε_x, ε_y, ε_z : İki sistem arasındaki dönüklükler,
S : İki sistem arasındaki ölçek faktörü [3,138]

İki farklı datum arasında üç-boyutlu (3D) dönüşüm genellikle Kartezyen koordinatlarla gerçekleştirilmektedir. İki ayrı Kartezyen koordinat sisteminin merkezleri arasındaki kayıklık miktarı, iki sistemin büyüklüklerinin birbirine oranı yani ölçek faktörü ve eksenleri arasındaki 3 adet dönüklük açısından oluşan 7 adet dönüşüm parametresi biliniyorsa dönüşüm hesabı kolayca yapılır.

Elipsoidal koordinatlardan üçüncüsü olan yüksekliklerin olmaması durumunda üç-boyutlu dönüşüm uygulamak teorik olarak doğru değildir. Böyle durumlarda bir sistemdeki elipsoit yatay koordinatlarının diğer sistemdeki elipsoit yatay koordinatlarına dönüşümü ayrı, yüksekliklerin dönüşümü de ayrı yapılmalıdır. [3,33]

Genel olarak ülkemizde GPS alıcıları ile konumlar, WGS84/ITRF96 datumunda belirlenmekle beraber, içerisinde işlemci içeren gelişmiş GPS alıcıları ile istenen bir datumda (GPS alıcı işlemcisi ile datum dönüşümü yapılması suretiyle) koordinat belirlenebilmektedir. GPS alıcılarında dönüşüm yapılması suretiyle istenen datumda ölçme yapılabilmesi için alıcı içerisindeki işlemcilere gerekli dönüşüm parametreleri yüklenmektedir. Ancak, bu parametreler düşük hassasiyetlidir. Türkiye'de yapılacak yüksek doğruluk isteyen ölçmelerde doğrudan WGS84/ITRF96 datumunda ölçme

yapılması ve sonra transformasyon parametresi belirlemek amacıyla yapılan ölçmeler sonucunda, hesaplamanın doğruluğu yüksek parametreler kullanılarak ED50 datumuna dönüşüm yapılması ya da bu işlemin tersinin yapılması önerilmektedir. [33] Türkiye'nin çevresindeki denizlerde petrol/doğal gaz arama/geliştirme amaçlı olarak yapılan konumlandırma çalışmalarında, beklenen presizyonu sağladığı için genellikle WGS84/ITRFxx ile bölgesel datum olan ED50 arasında, Kartezyen koordinatların 3 eksenindeki ötelemeleri (dX, dY ve dZ) içeren denizcilik ölçmelerinde bölge için geçerli genel parametreler ya da EPSG/OGP (European Petroleum Survey Group/ International Association of Oil and Gas Producers) tarafından bölgelere göre hesaplanan parametre veri tabanındaki dönüşüm parametreleri kullanılmaktadır.

Platform konumlandırma uygulamalarında hedeflenen koordinatlar, GPS ile belirlenen koordinatların datumu ve koordinat sistemi ile aynı değilse, datum ve koordinat dönüşümünün yapılması gerekir. Türkiye'de petrol ve doğal gaz sektöründe, veri toplanmasından sismik verilerin işlenmesine ve yorumlanmasına, nihai hedef kuyu koordinatlarının belirlenmesinden bu verilerin veritabanlarında saklanmasına kadar halen WGS84/ITRFxx datumuna geçiş tam olarak sağlanmış değildir. Diğer birçok uygulamada olduğu gibi, kuyu koordinatlarının belirlenmesinde de eğilim giderek WGS84/ITRFxx datumuna geçiş yönündedir. Bu geçişe yönelik çalışmalar yapılsa da, halen ED50 datumunda UTM dilim koordinatlarına göre veriler üretilmekte, kullanılmakta, sismik yorumlar yapılmakta, kuyu yerleri verilmekte ve bu veriler veritabanında tutulmaktadır. Gerektiğinde diğer datumlardaki koordinatlara dönüşüm yapılarak bu veriler kullanılsa da genel olarak Türkiye sınırları içerisinde ve çevresindeki denizlerde yapılan, hedef kuyu konumu verilmesi ve konumlandırma dahil, petrol/doğal gaz arama çalışmalarında bölgesel datum olan ED50'de, UTM projeksiyonu koordinatları kullanılmaktadır.

Konumlandırma yapılırken, dinamik olarak ölçülen koordinatların sürekli olarak ED50 sistemine dönüştürülmesi ya da hedef kuyu koordinatının başlangıçta WGS84/ITRF96 datumuna dönüştürülmesi ve anlık GPS koordinatlarıyla sürekli karşılaştırmanın yapılması ve konumlandırma tamamlandığında, istenen datumdaki koordinatlara geri dönüşümün sağlanması seçenekleri söz konusudur. Tez kapsamında geliştirilen sistemde, konumlandırma uygulamasının başlangıcında hedef nokta koordinatlarının WGS84/ITRF96'ya dönüştürülmesi seçeneğinin

uygulanmasının, kullanım ve hesaplama kolaylığı açısından daha uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Platform rijit bir yapı olarak kabul edilebilir; bu nedenle platform üzerindeki yerleşik her bir nokta platformla aynı hareketi yapmaktadır. Platform koordinat sisteminde koordinatları bilinen herhangi bir noktanın koordinatı, lokal ve global sistemlerde koordinatı bilinen yeterince ortak nokta yardımıyla (Çizelge 5.1), dinamik olarak hesaplanacak dönüşüm parametreleriyle global sistemde hesaplanabilir.

Lokal sistemden global sisteme koordinat dönüşümü için aşağıdaki matematik bağıntılar oluşturulmuştur. Burada, iki aşamalı dönüşüm söz konusudur. İlk olarak, ortak noktalar yardımıyla, her bir t-anı için GNSS alıcılarından gelen konum bilgilerinden ve alıcıların bulunduğu noktaların platform koordinatlarından yararlanarak o ana ait iki boyutlu, 4 parametreli benzerlik dönüşümü parametreleri hesaplanır. Daha sonra da bu parametreler, platform üzerinde koordinatı aranan noktaların global koordinatlarının hesaplanmasında kullanılır. Bu işlem, her bir t-anı için hesaplanan sondaj kulesi orta ekseni koordinatları, konum toleransı içinde kalacak şekilde hedef koordinatlara ulaşıncaya kadar devam eder.

Ortak Noktalar (Şekil 5.4):

-GNSS-1 alıcısı anteninin kurulduğu nokta
-GNSS-2 alıcısı anteninin kurulduğu nokta
-GNSS-3 alıcısı anteninin kurulduğu nokta

Koordinatı Global Sistemde Hesaplanacak Noktalar:

-CRP
-‘Stern’
-‘Rotary Table’

Çizelge 5.1 : Lokal ve global sistemdeki nokta koordinatları.

Nokta Adı	**Lokal Koordinatlar**		**Global Koordinatlar**	
GNSS-1	x_1	y_1	X_1	Y_1
GNSS-2	x_2	y_2	X_2	Y_2
GNSS-3	x_3	y_3	X_3	Y_3
CRP	x_0	y_0	X_0	Y_0
Rotary Table	x_R	y_R	X_R	Y_R
Stern	x_S	y_S	X_S	Y_S

$$X_i = k_{01} + k \cdot x_i \cdot \cos\theta - k \cdot y_i \cdot \sin\theta \qquad \textbf{(5.5)}$$

$$Y_i = k_{02} + k \cdot x_i \cdot \sin\theta + k \cdot y_i \cdot \cos\theta \quad \textbf{(5.6)}$$

$$k_{11} = k \cdot \cos\theta \quad \textbf{(5.7)}$$

$$k_{12} = k \cdot \sin\theta \quad \textbf{(5.8)}$$

Burada:

k_{01} : X-ekseni yönündeki öteleme

k_{02} : Y-ekseni yönündeki öteleme

k : ölçek katsayısı

θ : Dönüklük

Dönüşümde kullanılacak parametreler (Çizelge 5.2) **(5.5 – 5.8)**'den hesaplanır.

Çizelge 5.2 : Bilinmeyenler.

Dönüşüm Parametreleri	**Global Koordinatlar**	
k_{01}	X_0	Y_0
k_{02}	X_R	Y_R
k_{11}	X_S	Y_S
k_{12}		

Burada, En Küçük Kareler Yöntemine göre dengeleme yapmak için her bir ortak noktanın global koordinatlarına düzeltme denklemi yazılır **(5.9**, **5.9a, 5.9b, 5.10**, **5.10a** ve **5.10b)**.

$$X_1 + Vx_1 = k_{01} + k_{11} \cdot x_1 - k_{12} \cdot y_1 \quad \textbf{(5.9)}$$

$$Y_1 + Vy_1 = k_{02} + k_{11} \cdot y_1 + k_{12} \cdot x_1 \quad \textbf{(5.10)}$$

$$X_2 + Vx_2 = k_{01} + k_{11} \cdot x_2 - k_{12} \cdot y_2 \quad \textbf{(5.9a)}$$

$$Y_2 + Vy_2 = k_{02} + k_{11} \cdot y_2 + k_{12} \cdot x_2 \quad \textbf{(5.10a)}$$

$$X_3 + Vx_3 = k_{01} + k_{11} \cdot x_3 - k_{12} \cdot y_3 \quad \textbf{(5.9b)}$$

$$Y_3 + Vy_3 = k_{02} + k_{11} \cdot y_3 + k_{12} \cdot x_3 \quad \textbf{(5.10b)}$$

Düzeltme denklemlerinin matris gösterimi aşağıdaki gibidir **(5.11)**. Bilinmeyenler ise **(5.12)**'den hesaplanır.

$$V_{6x1} = A_{6x4} \cdot X_{4x1} - l_{6x1} \quad \textbf{(5.11)}$$

$$X = (A^T \cdot P \cdot A)^{-1} \cdot A^T \cdot P \cdot l \qquad \textbf{(5.12)}$$

Burada;

V : Düzeltmeler vektörü

A : Katsayılar matrisi

X : Bilinmeyenler vektörü

l : Yaklaşık değerler vektörü

P: Ağırlık matrisi

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_1 & -y_1 \\ 0 & 1 & x_1 & y_1 \\ 1 & 0 & x_2 & -y_2 \\ 0 & 1 & x_2 & y_2 \\ 1 & 0 & x_3 & -y_3 \\ 0 & 1 & x_3 & y_3 \end{bmatrix} \qquad V = \begin{bmatrix} V_{x1} \\ V_{y1} \\ V_{x2} \\ V_{y2} \\ V_{x3} \\ V_{y3} \end{bmatrix} \qquad l = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ X_3 \\ Y_3 \end{bmatrix} \qquad X = \begin{bmatrix} k_{01} \\ k_{02} \\ k_{11} \\ k_{12} \end{bmatrix}$$

Koordinatları global sistemde bilinmeyen nokta koordinatlarının hesabı aşağıdaki bağıntılardan elde edilir **(5.13, 5.13a, 5.13b, 5.14, 5.14a** ve **5.14b)**:

$$X_{\mathrm{R}} = k_{01} + k_{11} \cdot x_R - k_{12} \cdot y_R \qquad \textbf{(5.13)}$$

$$Y_{\mathrm{R}} = k_{02} + k_{11} \cdot y_R + k_{12} \cdot x_R \qquad \textbf{(5.14)}$$

$$X_{\mathrm{S}} = k_{01} + k_{11} \cdot x_S - k_{12} \cdot y_S \qquad \textbf{(5.13a)}$$

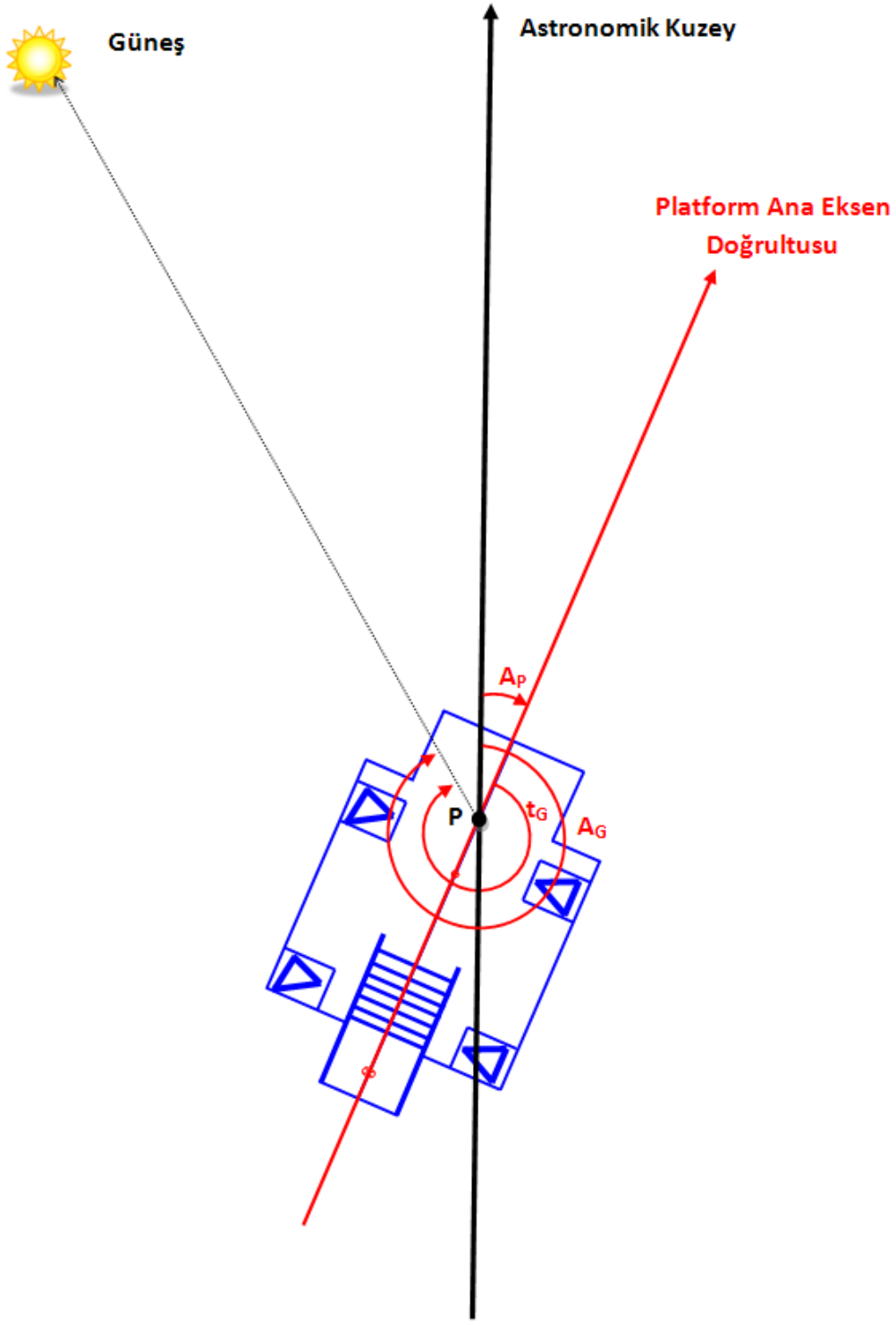
$$Y_{\mathrm{S}} = k_{02} + k_{11} \cdot y_S + k_{12} \cdot x_S \qquad \textbf{(5.14a)}$$

$$X_{\mathrm{O}} = k_{01} + k_{11} \cdot x_O - k_{12} \cdot y_O \qquad \textbf{(5.13b)}$$

$$Y_{\mathrm{O}} = k_{02} + k_{11} \cdot y_O + k_{12} \cdot x_O \qquad \textbf{(5.14b)}$$

5.2.1 Güneşe yapılan yatay doğrultu ve zaman ölçmesiyle azimut belirleme

Platformun herhangi bir t anındaki azimutu, güneşe yapılan yatay doğrultu ve zaman ölçmelerinden ve güneşin azimutunun yer aldığı almanaklardan yararlanılarak belirlenebilir, bu gözlemlerin tamamı platform üzerinde yapıldığından, deniz seviyesinde yapıldığı kabul edilebilir; bu işlem Güneşe Gözlem Metodu (Sunshot Method) diye adlandırılmaktadır (Şekil 5.7). Bunun için platform durağan halde iken ana eksen üzerinde bir noktaya (P) bir yatay açıölçer kurulur (bu ölçmeler için dakika hassasiyetinde bir teodolit yeterlidir) ve filtre takılıp ana eksen hareket doğrultusuna



Şekil 5.7 : Güneşe gözlem yaparak platform azimutu belirleme.

açı dairesi sıfırlanarak belli aralıklarla (örneğin 1 dk) güneşe yatay doğrultu ölçmesi yapılır ve ölçme anı da zaman olarak kaydedilir. Zaman okumasında kullanılan saatlerin kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir; günümüzde bu amaçla çoğu uygulamada GPS alıcılarının saatleri kullanılmaktadır. Daha sonra bu noktanın koordinatlarına ve ölçme anının zamanına göre almanaklardan yararlanarak güneşin

azimutu belirlenir. Gyropusulanın o zaman epokunda ölçtüğü azimut değerleri ile karşılaştırma yapılarak gyropusulanın kalibrasyonu sağlanmış olur. Platform konumlandırma uygulamalarında genellikle bu yöntem uygulanmaktadır. Bu işleme ilişkin açıklamalar ve hesaplamalar aşağıda verilmektedir **(5.15 – 5.19)**.

Şekil 5.7'de P, platform durağan haldeyken platform ana ekseni üzerindeki, enlem ve boylamı bilinen (GNSS alıcıları ile ölçülen) bir noktadır.

$$A_P = A_G - t_G \qquad \textbf{(5.15)}$$

Eğer $A_P < 0°$ ise, değere 360° eklenir.

$$di = A_P - A_C \qquad \textbf{(5.16)}$$

$$A_d = A_C + d \qquad \textbf{(5.17)}$$

Burada:

A_P : Platformun t anındaki azimutu (hesaplanmak istenen)

A_G : Güneşin t anındaki azimutu (almanak değeri)

t_G : t anında P noktasından, platform ana eksen doğrultusu sıfır alınarak ölçülen yatay açı

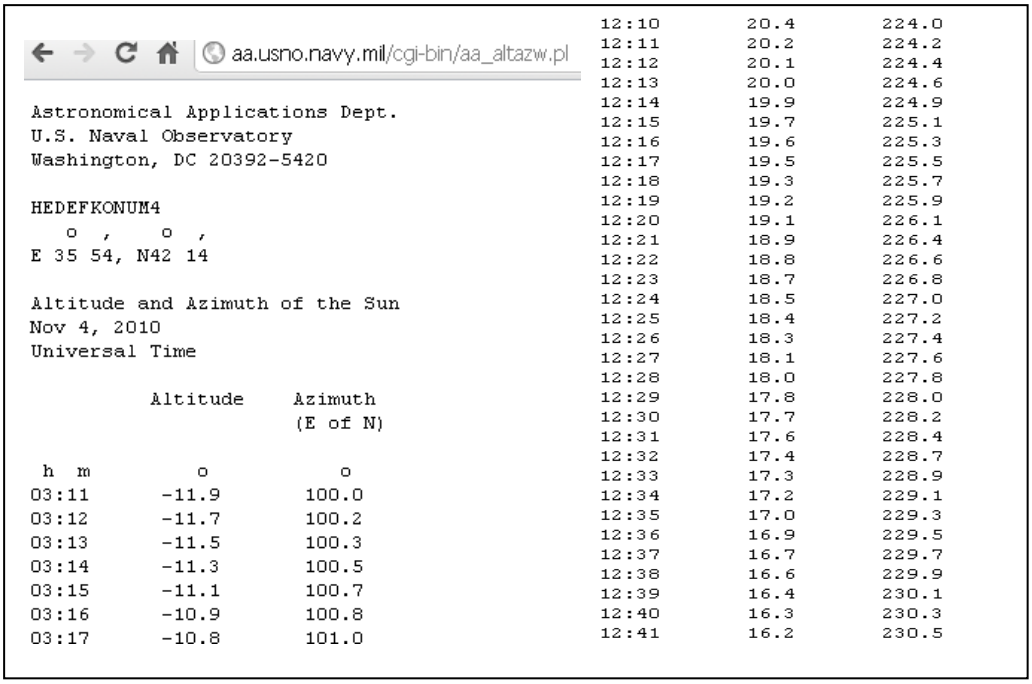
d : Gyropusula kalibrasyon değeri, yani düzeltme

A_C : Gyropusulanın t anında ölçtüğü azimut

A_d : t anında düzeltilmiş gyropusula azimut ölçüsü.

Hesaplamalar için güneşe yatay doğrultu ölçmelerinin yapıldığı gün ve zaman dikkate alınmakta (dakika düzeyinde) ve o ana ait GPS alıcısı NMEA verilerindeki ($GPGLL cümlesinden) enlem/boylam değerleri kullanılarak dünyanın herhangi bir noktasında derece dakikası hassasiyet düzeyinde azimut değerleri sağlayan almanaklardan yararlanılmaktadır. Buna ilişkin bir örnek aşağıda yer almaktadır.

Çizelge 5.3'te gyropusulanın kalibrasyonuna ilişkin örnek ölçüler ve hesaplamalar yer almaktadır. Burada, gerçekleştirilmekte olan bir konumlandırma çalışmasında 4 Kasım 2010 tarihinde standart zaman olarak saat 12:23 – 12:37 arasında güneşe yapılan yatay doğrultu öçülerinden elde edilen açı değerleri, GPS alıcılarından aynı zaman dilimi için elde edilen enlem/boylam değerleri, gyropusula okumaları ve [139] numaralı kaynaktan elde edilen ve dakika bazında verilen almanak değerleri



aa.usno.navy.mil/cgi-bin/aa_altazw.pl

Astronomical Applications Dept.
U.S. Naval Observatory
Washington, DC 20392-5420

HEDEFKONUM4
o , o ,
E 35 54, N42 14

Altitude and Azimuth of the Sun
Nov 4, 2010
Universal Time

h m	Altitude o	Azimuth (E of N) o
03:11	-11.9	100.0
03:12	-11.7	100.2
03:13	-11.5	100.3
03:14	-11.3	100.5
03:15	-11.1	100.7
03:16	-10.9	100.8
03:17	-10.8	101.0
12:10	20.4	224.0
12:11	20.2	224.2
12:12	20.1	224.4
12:13	20.0	224.6
12:14	19.9	224.9
12:15	19.7	225.1
12:16	19.6	225.3
12:17	19.5	225.5
12:18	19.3	225.7
12:19	19.2	225.9
12:20	19.1	226.1
12:21	18.9	226.4
12:22	18.8	226.6
12:23	18.7	226.8
12:24	18.5	227.0
12:25	18.4	227.2
12:26	18.3	227.4
12:27	18.1	227.6
12:28	18.0	227.8
12:29	17.8	228.0
12:30	17.7	228.2
12:31	17.6	228.4
12:32	17.4	228.7
12:33	17.3	228.9
12:34	17.2	229.1
12:35	17.0	229.3
12:36	16.9	229.5
12:37	16.7	229.7
12:38	16.6	229.9
12:39	16.4	230.1
12:40	16.3	230.3
12:41	16.2	230.5

Şekil 5.8 : Güneşin almanaktan alınan azimut değerleri [139].

kullanılmıştır (Şekil 5.8). Gerek duyulduğunda bu değerlerden enterpolasyon yapılabilir. Güneşin azimutunun hesaplanmasında başka kaynaklardan da yararlanılabilir. Örneğin, [140]'da verilen internet sayfasında yer alan ve enlem-boylam ve zamana göre güneşin azimutunun hesaplandığı uygulamada sonuçlar grafik olarak verilmektedir.

Çizelge 5.3 : Yatay doğrultu ve zaman ölçerek almanak değerlerinden azimut ve düzeltme hesabı.

OKUMA NO	ZAMAN	ENLEM	BOYLAM	t_G	A_G	A_P	A_C	d_i
1	12:23	42° 14'	35° 54'	125° 28'	226° 48'	101° 20'	101° 06'	14'
2	12:24	42° 14'	35° 54'	125° 47'	227° 00'	101° 13'	101° 00'	13'
3	12:25	42° 14'	35° 54'	125° 53'	227° 12'	101° 19'	101° 06'	13'
4	12:26	42° 14'	35° 54'	126° 19'	227° 24'	101° 05'	100° 54'	11'
5	12:27	42° 14'	35° 54'	126° 16'	227° 36'	101° 20'	100° 54'	26'
6	12:28	42° 14'	35° 54'	126° 58'	227° 48'	101° 50'	100° 36'	14'
7	12:29	42° 14'	35° 54'	126° 50'	228° 00'	101° 10'	101° 00'	10'
8	12:30	42° 14'	35° 54'	126° 58'	228° 12'	101° 14'	101° 00'	14'
9	12:31	42° 14'	35° 54'	127° 01'	228° 24'	101° 23'	101° 00'	23'
10	12:32	42° 14'	35° 54'	127° 19'	228° 42'	101° 23'	101° 12'	11'
11	12:33	42° 14'	35° 54'	127° 49'	228° 54'	101° 05'	100° 54'	11'
12	12:34	42° 14'	35° 55'	127° 40'	229° 06'	101° 26'	101° 06'	20'
13	12:35	42° 14'	35° 55'	128° 14'	229° 18'	101° 04'	100° 54'	10'
14	12:36	42° 14'	35° 55'	128° 13'	229° 30'	101° 17'	101° 06'	11'
15	12:37	42° 14'	35° 55'	128° 37'	229° 42'	101° 05'	100° 54'	11'

$$V = d_{ort} - d_i \qquad \textbf{(5.18)}$$

$$\sigma = \sqrt{[VV]/(n-1)} \qquad \textbf{(5.19)}$$

Yukarıdaki örnekte farkların toplamının ortalamasının alınmasıyla hesaplanan $\mathbf{d_{ort}=14'}$ fark değeri, konumlandırma boyunca gyropusula ile yapılan tüm azimut ölçmelerine düzeltme olarak getirilmiştir. Bu değerin standart sapması da **(5.18 ve 5.19)** formüllerinden hesaplanarak **σ=5'** olarak elde edilmiştir.

5.2.2 İkili GNSS alıcısı anten konumlarından azimut hesabı

Şekil 5.9'da:

- X-Y koordinat sistemi, global koordinat sistemidir
- x-y koordinat sistemi, platform (lokal) koordinat sistemidir
- CRP ise, lokal koordinat sisteminin orijinidir
- GNSS-1, GNSS-2 ve GNSS-3, GNSS alıcılarının anten konumlarıdır.

Platform ana ekseninin kuzeyle yaptığı açı olan (Şekil 5.9) ve gyropusulanın kalibrasyonunda da kullanılabilen azimut değerinin ikili GNSS anten konumlarından hesaplanması için, Şekil 5.4'te yer alan geometrik ilişkilerden yararlanılarak oluşturulan eşitlikler kullanılmaktadır **(5.20 – 5.23)**. Lokal sistemde GNSS anten noktalarını birleştiren doğruların azimutu sabittir **(5.20)**. Global sistemde de bu değerler her bir t-anı için hesapla elde edilebilir **(5.21)**. Bu iki değerin farkı da o an için iki sistem arasındaki dönüklüğe, yani platform orta ekseninin azimutuna eşittir **(5.22)**. Bu değerler aşağıdaki bağıntılardan hesaplanmaktadır:

Lokal sistem açıklık açısı:

$$t_{\text{Li-Lj}} = \arctan((y_j - y_i)/(x_j - x_i)) \qquad i,j = 1,..,3 \text{ ve } i \neq j \qquad \textbf{(5.20)}$$

Global sistem açıklık açısı:

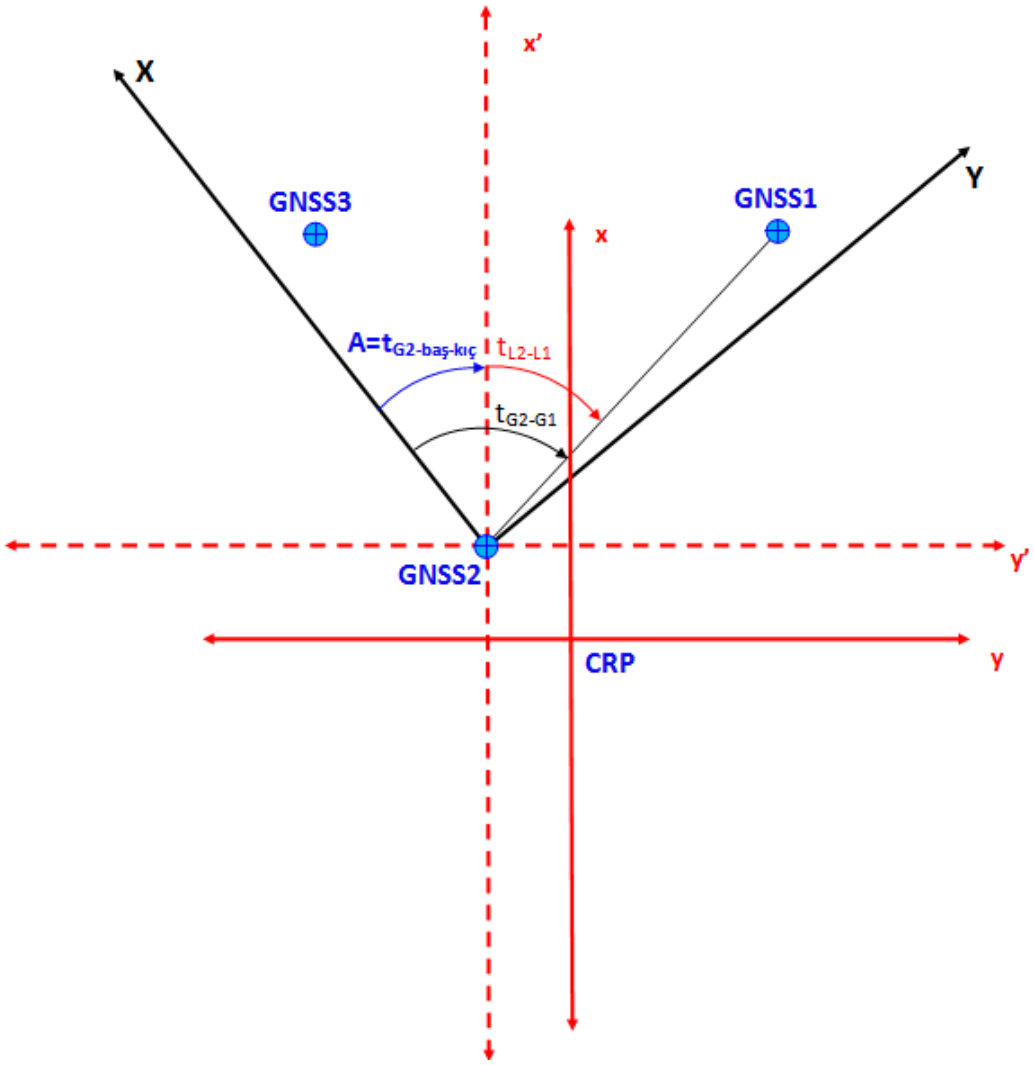
$$t_{\text{Gi-Gj}} = \arctan((Y_j - Y_i)/(X_j - X_i)) \qquad i,j = 1,..,3 \text{ ve } i \neq j \qquad \textbf{(5.21)}$$

NOT: II. Temel Ödev Kuralları: Eğer payda < 0 İse $T_{ab} = T_{ab}'$-180°; Eğer pay ve payda < 0 ise $T_{ab} = T_{ab}'$+180°; eğer pay < 0 ise $T_{ab} = 360° - T_{ab}'$

$$A = t_{\text{Gi-Gj}} - t_{\text{Li-Lj}} \qquad \textbf{(5.22)}$$

NOT: Eğer A < 0, bu durumda $+360^o$ eklenir

$A_i = t_{\text{Gi-Ortaeksen}} \qquad i = 1,..,3$



Şekil 5.9 : Platform orta ekseninin azimutu.

$$A_i = t_{Gi-Ortaeksen} \qquad i,j = 1,..,3$$

$$A_{Ort} = A_i / 3 \qquad i,j = 1,..,3 \quad \textbf{(5.23)}$$

Burada:

$x_{i,j}$ ve $y_{i,j}$: Lokal sistem koordinatları

$X_{i,j}$ ve $Y_{i,j}$: Global sistem koordinatları

t_{Li-Lj} : Lokal sistem açıklık açısı

t_{Gi-Gj} : Global sistem açıklık açısı

A : Azimut

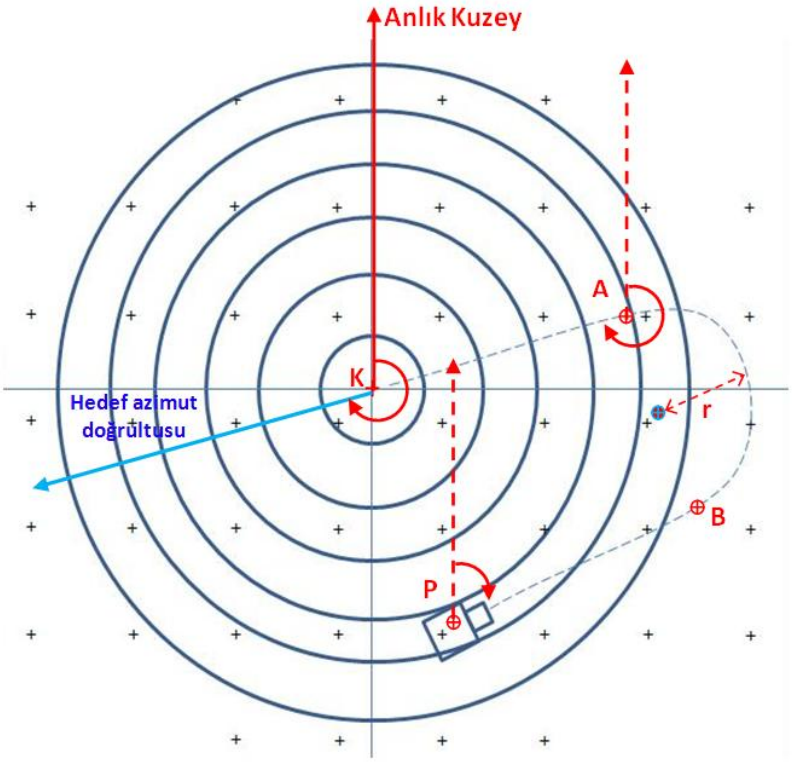
Gyropusula kalibrasyonunda ikili GNSS antenlerinin kullanılmasıyla gyropusulanın ölçmesi gereken değer ± 0.05º doğrulukla belirlenebilmektedir. Bu yöntem, geminin dinamik konumundan etkilenmediğinden, daha doğru bir kalibrasyon sağlamaktadır.

5.2.3 Manevra

Konumlandırması yapılan platform türü ‘semisub’ olduğunda, su derinliği çok fazla olduğundan, taban yapılarının platformu etkileme ihtimali yoktur. Ayrıca, DP sistemi olan platformlar genelde kendi gücüyle hareket ettiğinden, bulundukları noktada 360 derece dönebilmektedir; bu nedenle bu tür platformların herhangi bir manevra koridoruna ihtiyaçları bulunmamaktadır.

‘Jack-up’ platformların çoğunluğu, çekici gemiler yardımıyla çekildiğinden ve su derinliği, taban yapılarının platform ayaklarını etkileyebileceği seviye olan 100 m veya daha altında olduğundan, manevra güzergâhlarının önerilmesi önem kazanmaktadır. Bölgedeki deniz tabanı ya da deniz üstü engel verilerinin varlığı ve hedef konumun çevresinde yeterince bir alanda (2km X 2km) batimetri verisinin bulunması önemlidir. Yanaşmak için çizilen rota bu engellere göre şekillenmektedir.

Manevra güzergâhı önerisi, platformun, hedefin ve çevredeki engellerin, kullanılan konumlandırma programı arayüzündeki konumlarına bakarak görsel anlamda ya da belli kriterlere göre, bir metodoloji çerçevesinde yapılabilir (Şekil 5.10).



Şekil 5.10 : Manevra.

Manevra rotası belirlenirken hedeflenen azimut önemlidir. Yanaşma koridorunun hedef noktaya birleşen kenarının azimutu da hedef azimut değeriyle aynı olmalıdır.

Eğer hedeflenen azimut net değilse, yaklaşık bir değer alınır; bu da uygun görülmezse, platformu yöneten personelden, bir azimut hedef değeri istenir. Bu durumda azimut, çalışmanın niteliğine de bağlı olarak hâkim rüzgâr, akıntı yönü ve ikmal araçlarının yanaşması gibi kriterlere göre belirlenmektedir.

Manevrada amaç, 'jack-up' platform hedefe belli bir mesafe yaklaştıktan sonra, 'Rotary' noktasının koordinatlarının (X_R ve Y_R), hedef noktaya (X_K ve Y_K) konum toleransı içerisinde kalacak şekilde getirilmesidir. Platform, önerilen manevra hattına göre manevra yapabilmekte ve sonuçta konumlandırma sağlanmaktadır. Manevra önerisinde, içinde bulunulan dinamik koşullar nedeniyle şunlara dikkat edilmelidir:

- Çizilecek yayın yarıçapı (r_1), hedef noktada 500 m (yay uzunluğu yaklaşık 1500 m) olmalıdır
- Yanaşma koridoru (AK) uzunluğu 2000 m olmalıdır
- Bulunulan nokta ile hedef nokta koordinatı karşılaştırılmalı, 2500 m'ye ulaşıldığında güzergâh önerisi verilmelidir

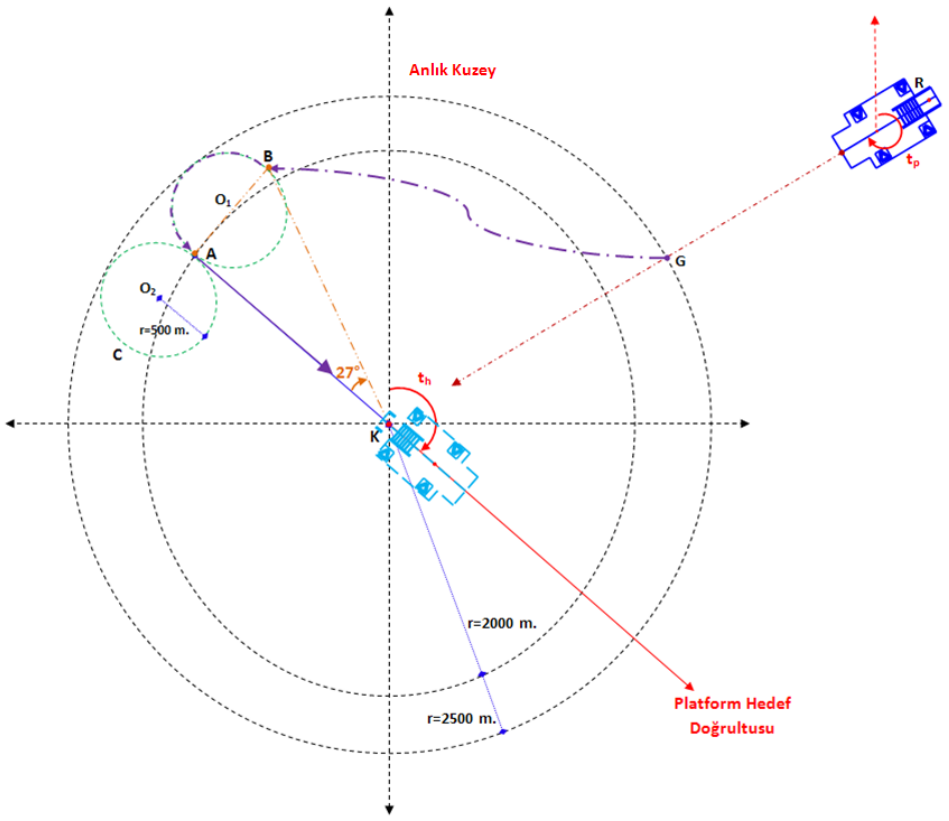
Platformun 'rotary table' noktasının t anındaki (X_R, Y_R) koordinatları, hedef koordinatlarla (X_K, Y_K) karşılaştırılır ve hedefe olan uzaklık her bir epok için hesaplanır. Hedefe 2500 m mesafe kaldığında, öncelikle azimuta göre 2000 m uzunluğundaki AK doğru parçası çizilir, daha sonra 500 m yarıçaplı AB yayı çizilir. Bundan sonra da platformun R (Rotary) noktası ile B veya C noktası birleştirilerek, platformu idare edenlere, manevra güzergâhı sunulur (Şekil 5.11).

Manevra için güzergâh önerileri, konumlandırmayı gerçekleştirenler tarafından yapılmalıdır. Ancak, platformun idaresini gerçekleştiren personelin bu öneriye göre hareket etme zorunluluğu bulunmamaktadır. Uygun ve gerekli gördükleri hattan da manevralarını yaparak nihai konuma ulaşabilirler.

Manevrada iki genel durum söz konusudur:

1. Platformun 'rotary table' noktasının K hedefine olan mesafesinin 2500 m'ye eşit veya fazla olması (t anında): Bu durumda sağlıklı bir manevra alanı mümkün olmakta ve belirli kriterlere göre manevra güzergâhı önerilebilmektedir. (Şekil 5.11). Bu koşullarda, azimutu hedef azimuta eşit olacak şekilde ($t_{AK}=t_h$), 2000 m uzunluğunda AK doğru parçası çizilir ve A noktasının koordinatları hesaplanır. K hedef noktasına 2500 m kaldığında platformun azimutu, $t_h+27°>t_P>t_h-27°$ aralığında ise, platform manevra

güzergâhı doğrudan AK doğru parçasıdır. Eğer t_P bu aralıkta değilse, bu durumda merkezi (O_1) veya (O_2) olan ve A noktasından geçen bir çember üzerindeki yay ile doğru parçası, güzergâhı oluşturur. Bunlara ilişkin hesaplamalar aşağıda yer almaktadır **(5.24 – 5.33a)**.

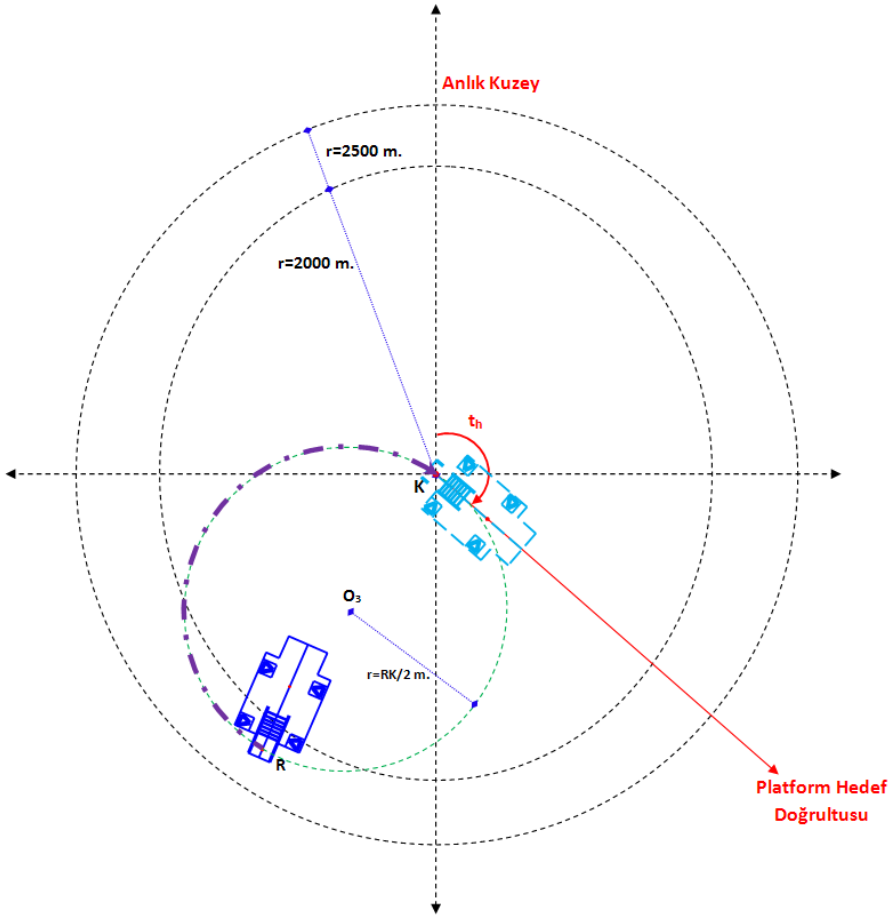


Şekil 5.11 : Manevra güzergahı, Durum-1.

2. Platformun 'rotary table' noktasının K hedefine olan mesafesinin 2500 m'den az olması (t anında): Bu durumda, sağlıklı bir manevra güzergâhı mevcut değildir ve ancak duruma uygun bir öneride bulunulabilir. Bu güzergah da, bulunulan nokta ile hedef noktanın üzerinde yer aldığı, merkezi bu iki noktayı birleştiren doğru parçasının merkezi (O_3) olan bir çember üzerinde yer alır (Şekil 5.12). Hesaplamalara ilişkin bağıntılar aşağıda verilmektedir **(5.24 – 5.33a)**.

NOT: Platformun, kuyu koordinatını hedefleyerek yol aldığı ve her bir t anında azimutunun buna göre oluştuğu varsayılmaktadır.

Güzergâh çizildikten sonra en son işlem olarak, güzergâhın çevresine platform genişliği olan yaklaşık 70 m genişliğinde bir tampon bölge çizilebilir.



Şekil 5.12 : Manevra güzergahı, Durum-2.

Manevrada hesaplama ve güzergâh önerisi için, değerleri bilinen veya ölçülen bileşenlere ilişkin açıklamalar şu şekildedir (Şekil 5.11):

K noktası : Konumlandırma yapılacak hedef konum (koordinatları: X_K, Y_K)

R : Platformda 'rotary table'nin orta eksen noktası (t anındaki koordinatları: X_R, Y_R)

r_1 yarıçapı : 500 m (manevra yapılacak yayın ait olduğu O_1 veya O_2 merkezli dairelerin yarıçapı)

r_2 yarıçapı=AK : 2000 m (A noktasının üzerinde yer aldığı K merkezli dairenin yarıçapı)

r_3 yarıçapı=KG : 2500 m (platformla hedef arasında 2500 m kaldığı G noktasının üzerinde yer aldığı, K merkezli dairenin yarıçapı)

$t_{AK}=t_h$: Hedef azimut

t_P: t anında platformun azimutu

NOT: Hesaplamalardaki koordinatlar için SAĞA değeri Y olarak, YUKARI değeri de X olarak dikkate alınmıştır.

Manevra güzergâhına ilişkin bağıntılar aşağıda verilmektedir:

Öncelikle nokta koordinatlarının hesabı yapılacak olursa **(5.24 – 5.25)**:

$$Y_A = Y_K + 2000 \cdot \sin(t_h \pm 180°) \quad \textbf{(5.24)}$$

$$X_A = X_K + 2000 \cdot \cos(t_h \pm 180°) \quad \textbf{(5.25)}$$

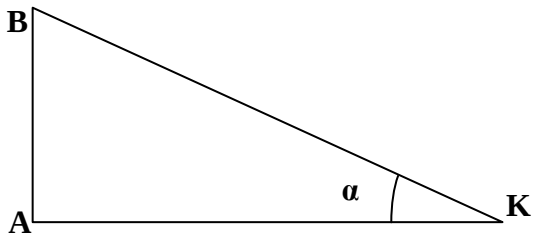
Burada:

Y_A ve X_A : Hedefe 2000 m kala platformun yanaşma koridoruna gireceği noktanın koordinatları

t anında 'rotary table'nin hedefe uzaklığı RK da **(5.26)**'dan hesaplanır:

$$RK = \sqrt{((Y_K - Y_R)^2 + (X_K - X_R)^2)} \quad \textbf{(5.26)}$$

Şekil 5.11'de platformun konumuna ve hedef azimuta göre oluşacak O_1 merkezli çember üzerinde yer alan B noktası, hedef azimut yönünde bulunan ve yanaşma koridoru üzerinde, hedefe 2000 m mesafede yer alan A noktası ve hedef noktası K'nın oluşturduğu aşağıdaki BAK dik üçgeninde (Şekil 5.13):



Şekil 5.13 : Hesap üçgeni.

Şekil 5.13'te:

$BA = 1000\,m$

$AK = 2000\,m$

$$\alpha = \arctan(1000 / 2000) \quad \textbf{(5.27)}$$

Buradan, manevra güzergahını belirleyecek O_1 ya da O_2 merkezli dairelerin çaplarını gören merkez açı olan α = yaklaşık 27° olarak elde edilir **(5.27)**. İlgili noktalara ait koordinatlar ve uzunluklar aşağıdaki bağıntılardan hesaplanmaktadır **(5.28, 5.28a, 5.29 ve 5.29a)**:

$$BK = CK = \sqrt{(1000^2 + 2000^2)} = 2236 \;\; m$$

$$Y_B = Y_K + BK \cdot \sin(t_h + 27° \pm 180°) \quad \textbf{(5.28)}$$

$$X_B = X_K + BK \cdot \cos(t_h + 27° \pm 180°) \quad \textbf{(5.29)}$$

$$Y_C = Y_K + CK \cdot \sin(t_h - 27° \pm 180°) \quad \textbf{(5.28a)}$$

$$X_C = X_K + CK \cdot \cos(t_h - 27° \pm 180°) \quad \textbf{(5.29a)}$$

Burada:

Y_B, X_B ve Y_C, X_C: Platformun manevra güzergahını belirleyecek olan çemberler üzerindeki noktaların koordinatları

Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'deki O_1, O_2 ve O_3 merkezli çemberlerin merkezlerinin koordinatları (Y_{01}, X_{01}, Y_{02}, X_{02} ve Y_{03}, X_{03}) aşağıdaki bağıntılardan hesaplanır **(5.30, 5.30a, 5.30b, 5.31, 5.31a ve 5.31b)**:

$$Y_{01} = (Y_B + Y_A)/2 \quad \textbf{(5.30)}$$

$$X_{01} = (X_B + X_A)/2 \quad \textbf{(5.31)}$$

$$Y_{02} = (Y_C + Y_A)/2 \quad \textbf{(5.30a)}$$

$$X_{02} = (X_C + X_A)/2 \quad \textbf{(5.30a)}$$

$$Y_{03} = (Y_R + Y_K)/2 \quad \textbf{(5.30b)}$$

$$X_{03} = (X_R + X_K)/2 \quad \textbf{(5.31b)}$$

Şekil 5.11 ve Şekil 5.12'deki O_1, O_2 ve O_3 merkezli çemberlerin denklemleri, merkezi M(a,b), yarıçapı (r) ve çember üzerindeki bir noktası P(x,y) olan çember denklemi $(X-a)^2 + (Y-b)^2 = r^2$'den aşağıdaki gibi sırasıyla oluşturulur **(5.32, 5.32a ve 5.32b)**:

$$(X - X_{O1})^2 + (Y - Y_{O1})^2 = 500^2 \quad \textbf{(5.32)}$$

$$(X - X_{O2})^2 + (Y - Y_{O2})^2 = 500^2 \quad \textbf{(5.32a)}$$

$$(X - X_{O3})^2 + (Y - Y_{O3})^2 = (RK/2)^2 \quad \textbf{(5.32b)}$$

Şekil 5.11'de yer alan RB ve RC uzunlukları da aşağıdaki bağıntılardan hesaplanır **(5.33 ve 5.33a)**:

$$RB = \sqrt{((Y_B - Y_R)^2 + (X_B - X_R)^2)} \quad \textbf{(5.33)}$$

$$RC = \sqrt{((Y_C - Y_R)^2 + (X_C - X_R)^2)} \quad \textbf{(5.33a)}$$

Bu başlıkta çıkarılan matematik bağıntılardan yararlanılarak izleyen bölümde anlatılan konumlandırma yazılımı MariNAV'ın işlevlerinin oluşturulmasında gerekli olan akış şemaları üretilmiştir.

5.3 MariNAV'ın Geliştirilmesi

Hareket halindeki platformların bilgisayar ekranı üzerinden seyir anında izlenebilmesi için altlık harita ile desteklenmiş bir kullanıcı arayüzüne ihtiyaç vardır. Bu arayüz yardımıyla en az; bilgisayarın seri ara birimine bağlı bir GPS alıcısı çalıştırıldığında seri ara birime yollanan NMEA formatındaki cümleleri okuma, cümleleri kelimelere ayırma, bu kelimelerden koordinat içerenleri kullanarak hareketli platformları sayısal harita üzerinde işaretleme işlemleri yapılabilmelidir. Ayrıca izleme sisteminin, izlenen platformlara ilişkin gerekli öznitelik bilgilerinin tutulduğu bir veritabanı oluşturarak izleme anında gerektiğinde bu veritabanının sorgulanabilmesi, harita görüntüsü üzerinde işaretlenerek izlenen platformların sembolik tiplerinin değiştirilmesi, etiketlenmesi ve acil durumlarda izleme merkezlerine mesajlar gönderilmesi yeteneklerine sahip olması da arzu edilir. [33]

Tüm dünyaya paralel olarak Türkiye'nin çevresindeki denizlerde son yıllarda ivmelenen petrol/doğal gaz arama çalışmalarında açık deniz platformlarının konumlandırılmasını ve izlenmesini sağlayan konumlandırma sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Petrol sektörü gelişmiş ve teknolojide ileri olan ülkelerin sahip olduğu böyle bir sistemin Türkiye'de henüz bulunmadığı ve buna yönelik olarak da henüz bir çalışma yapılmadığı bu çalışma kapsamında tespit edilmiştir. Açık deniz platformlarının konumlandırılmasını ve izlenmesini sağlayacak bir sistemin geliştirilmesinin hedeflendiği bu çalışmada, bileşenlerin en önemlilerinden biri, tüm sürecin kontrol edilmesinde yararlanılan konumlandırma yazılımıdır. Tez çalışması kapsamında, elektronik donanımların entegrasyonu sağlanmış ve Şekil 5.14'te logosu yer alan konumlandırma yazılımı MariNAV (v1.0) geliştirilmiştir. MariNAV'ın, sensörlerden bilgisayarın seri arabirimi aracılığıyla gelen anlık NMEA verilerinden, koordinat, zaman, yön ve gerekli diğer verileri alarak arka planda hesaplamalar

yapması, bu verileri ve hesaplamalarla bulunan bilgileri, daha sonra yapılacak sorgulama ve analizler için veritabanına yazması ve tüm süreci yönlendiren görsel bir arayüz sağlaması hedeflenmiştir.

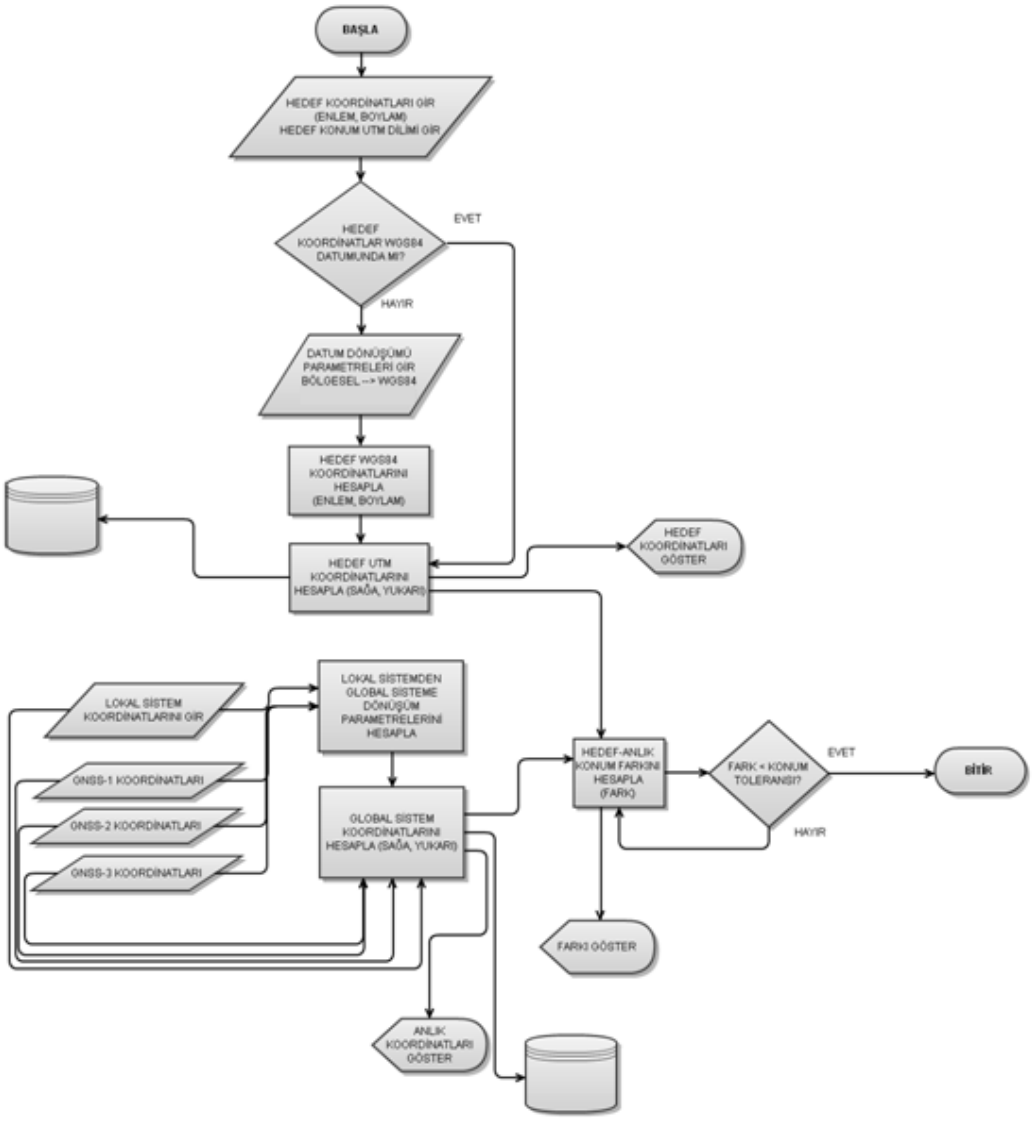


Şekil 5.14 : MariNAV'ın logosu.

MariNAV, gerekli dönüşüm işlemleri ile platformun sondaj kulesi orta ekseninin- 'rotary table' konumunu hedeflenen koordinat sisteminde hesaplayacak, platformun konumunu ve yönünü vektör formatındaki batimetri haritalarının ve bölgenin kıyı/kara haritalarıyla birlikte mekânsal/coğrafi bilgi sistemi yaklaşımıyla dinamik olarak görsel arayüzde sunacaktır. Bu sayede platformu idare eden personele, platformu kuyu yerine getirmesi için, platform sondaj kulesi orta ekseni konum tolerans sınırları içerisinde kalıncaya kadar karar desteği sağlayacaktır. Deniz aracını idare eden personel, bu program yardımıyla aracı hedef noktaya konumlandıracaktır. Hedefe ulaşıldıktan sonra, platform hedef azimuta göre yönlendirilerek sabitlenecek ve nihai koordinatlar belirlenecektir.

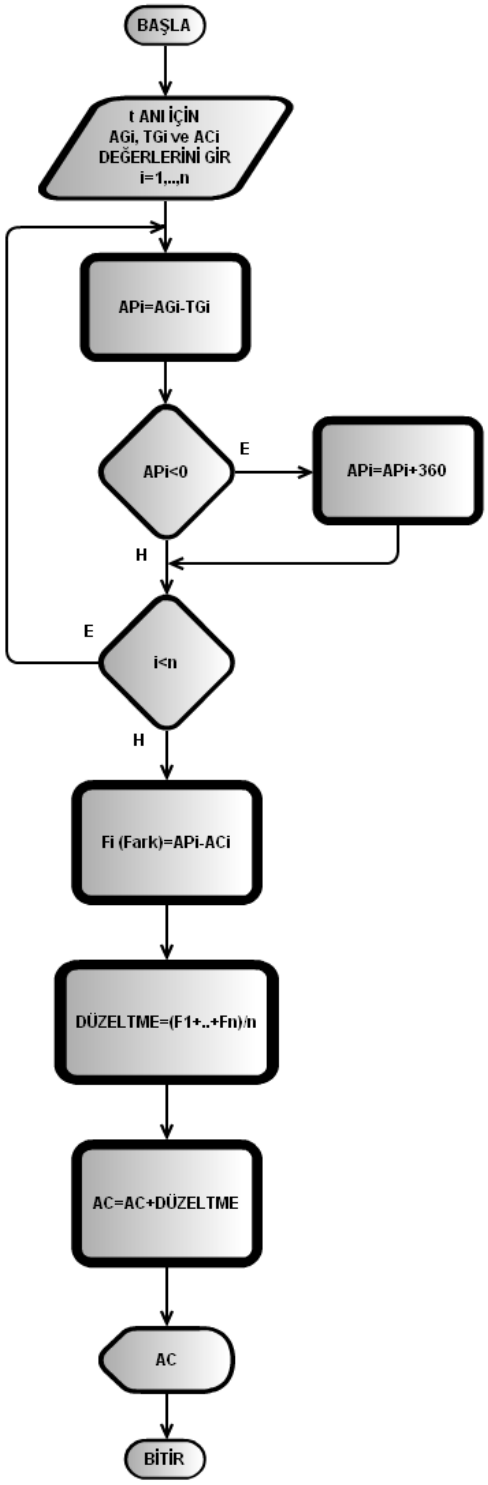
Sistem Tasarımı başlığında da anlatıldığı gibi, konumlandırma sisteminin taşıması gereken özelliklerden yola çıkılarak sistem tasarımı yapılmıştır. Bu çerçevede, konumlandırma yazılımının taşıması gereken özellikler ortaya konmuştur. Buna göre, yazılım geliştirme çalışması kapsamında öncelikle, hedef koordinatların yer aldığı global koordinat sisteminde platform üzerindeki istenen noktaların konumlarını, özellikle de 'rotary table' noktasının konumunu belirlemek için lokal (platform) koordinat sisteminden global sisteme, eşlenik noktalar olan GNSS alıcısı anten konumlarından dönüşüm yapmak amacıyla geometrik ve matematik ilişkiler, çizimler yapılarak ortaya konmuş ve konumlandırma yazılımında anlık olarak bu dönüşümlerin yapılmasına olanak verecek matematik bağıntılar çıkarılmıştır. Güneşe yapılan gözlemlerle ve ikili anten konumlarından azimut hesabı için de geometrik ve matematik bağıntılar oluşturulmuştur. Elde edilen bu verilerle gyropusulanın

kalibrasyonu sağlanmaktadır. Ayrıca, sığ sularda kullanılan platformların hedefe konumlandırılması amacıyla önerilecek manevra güzergâhı için geometrik ve matematik bağıntılar çıkarılmıştır. Bölüm 5.2'de Matematiksel Model başlığı altında yer alan matematik bağıntılar ve geometrik ilişkilerden yararlanılarak yazılım geliştirmede kullanılacak akış şemaları oluşturulmuştur (Şekil 5.15 – 5.19). Tüm süreci gösteren akış şeması EK E'de yer almaktadır.



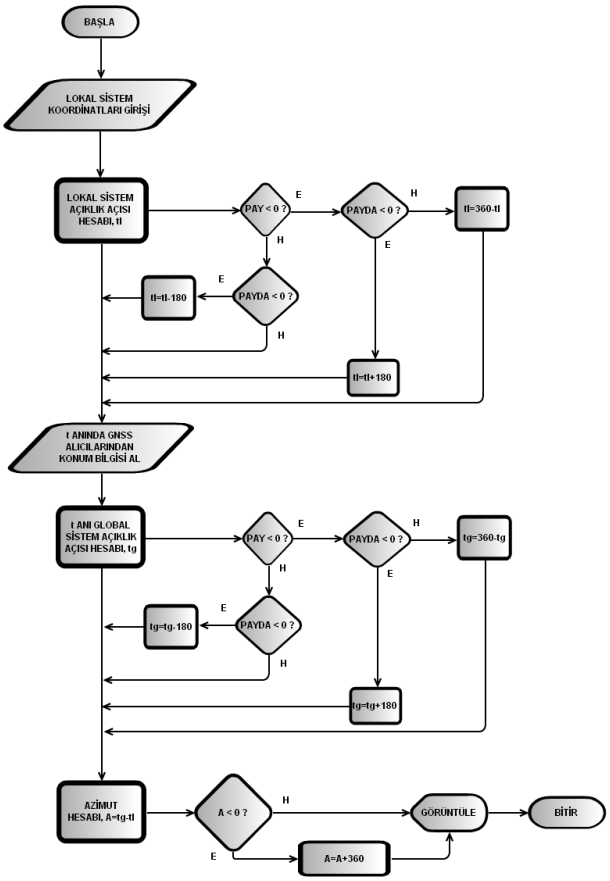
Şekil 5.15 : Konumlandırma amaçlı koordinat dönüşümü akış şeması.

Açık denizler gibi dinamik çevrelerde konum belirleme çalışmalarında DGPS ve gyropusula, iyi bir entegrasyon sağlamaktadır. Genel olarak konum belirlemede fazla konum ölçüsü olduğu zaman EKK (En Küçük Kareler) yöntemiyle dengeleme uygulanabilir. Böylece, konum bilgisinin kalitesi ortaya konabilir ve kaba hatalar önlenebilir. Kullanılan birincil sistem haricindeki diğer sistemler kalite kontrolü ve

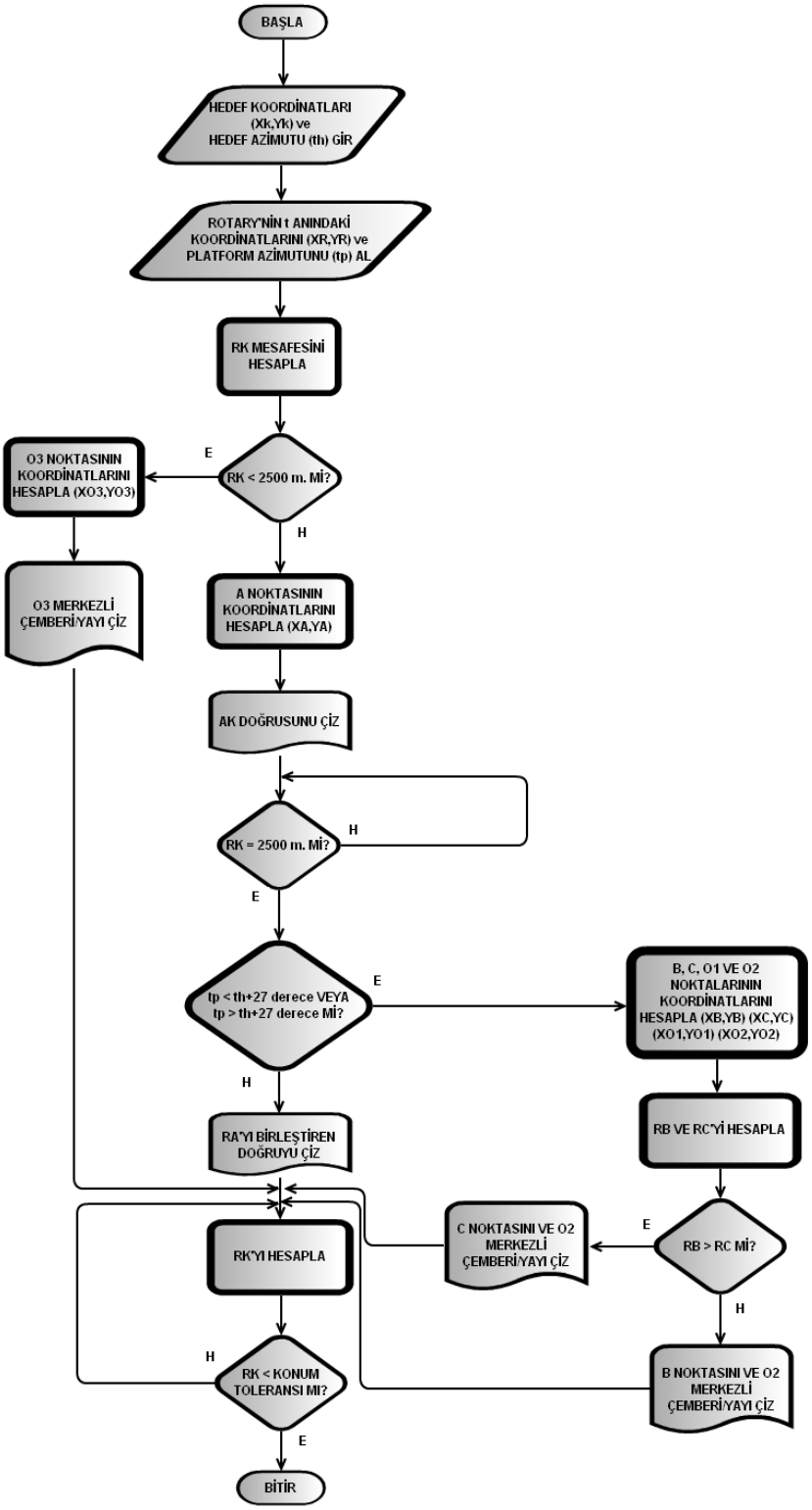


Şekil 5.16 : Güneşe gözlemle azimut hesabı ve gyropusula kalibrasyon değeri hesabı için akış şeması.

yedekleme içindir. Entegrasyon sayesinde bir sistem diğerinin eksikliğini kapatır ve konum belirleme garanti edilir. Geliştirilen konumlandırma sisteminde (MariNAV), birincil ve ikincil şeklinde bir GNSS sensör ayrımı yapılmamakta, üç alıcının hepsi de hesaplamalara katılmaktadır. Bu alıcılardan herhangi bir tanesinde sorun çıkması durumunda ya da verilerinin uyuşumsuz olduğu durumda, diğer iki sensörden gelen veriler konum hesaplanmasında kullanılmaktadır. MariNAV yazılımı, n tane GNSS sensörünün konumlandırma sisteminde kullanılmasına ve verilerinin yazılıma aktarılmasına ve konumun bu verilere göre hesaplanmasına olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanan bu sistemin avantajı, tüm sensör verileri fazla ölçü sayısını arttıracak ve konumlandırma sisteminin güvenirliğini iyileştirecektir. Bu nedenle platformdaki 'rotary table'nin konum değerleri daha doğru, güvenilir ve daha iyi istatistik kalitede olacaktır. Aslında, iki DGPS/DGNSS alıcısı, platformun konumlandırılması ve yönlendirilmesi için yeterlidir. Sistemdeki üçüncü alıcı, fazla



Şekil 5.17 : İkili GNSS anten konumlarından azimut hesabı için akış şeması.



Şekil 5.18 : Manevra güzergâhı için akış şeması.

ölçü ve güvence amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, gyropusulanın ölçtüğü ve DGPS/DGNSS ölçülerinden yararlanılarak elde edilen azimut da fazla ölçü olarak

değerlendirilmektedir. Bunun yanında üçüncü alıcı, ileride yapılması olası platform hareketini belirleme (attitude determination) çalışmalarında da kullanılabilecektir.

Konumlandırma yapılacak hedef koordinatlar genellikle global datumlarda (WGS84/ITRFxx gibi) ya da bölgesel datumlarda (ED50 gibi) belirlenmektedir. Konumlandırılacak platform üzerinde lokal bir koordinat sistemi tanımlanmakta ve önemli noktaların lokal koordinatları (offset değerleri) belirlenmektedir. Genel amaç özetle, lokal koordinat sisteminden, anlık olarak belirlenecek dönüşüm parametreleri yardımıyla hedeflenen global sistemde istenen noktaların koordinatlarının hesaplanmasıdır.

Yazılımın, coğrafi/mekânsal verilerin kullanılmasına olanak veren çekirdek bir yazılım platformu üzerinde geliştirilmesinin uygun olacağı değerlendirilmiş, hem CAD tabanlı olması ve CBS yönünün güçlü olması nedeniyle, hem de ulusal bir yazılım platformu olması nedeniyle NetCAD çekirdek platformunun kullanılmasına karar verilmiştir. Geliştirilebilir bir mimariye sahip olan NetCAD, MariNAV'a konumlandırma sırasında üretilecek verileri ve bu verilerden yararlanılarak elde edilen sonuçları dinamik biçimde kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemi mantığıyla görselleştirme ve istenildiğinde veritabanından sorgulama ve analizler ile veri export etme işlevlerini sağlamaktadır. Her türlü multimedya veri tipini veritabanında tutabilen ve görüntüleme yapabilen; konumsal ve sözel kriterlerden filtreleme ve SQL sorgulama olanağı bulunan NetCAD, dünya standartlarıyla uyumlu (örneğin OGC, ISO vb.), zengin raster, vektör ve grid format desteği sunan, ulusal kaynaklarla üretilmiş entegre bir CAD/CBS yazılımıdır ve üzerinde uygulamalar geliştirilmesine (Java, .NET, C/C++, Delphi vb. ile) olanak tanımaktadır [141].

MariNAV yazılımı, .NET platformunda, C# programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. .NET platformu için, nesne-ilişkisel eşleştirme aracı olarak açık kaynak kodlu NHibernate kullanılmıştır. NHibernate ile hiç SQL komutu yazılmadan veritabanı işlemleri yapılabilmekte ve veriler, proje içerisindeki nesne modelleri ile bağlanıp veritabanına taşınabilmektedir. Arayüzlerin görsel olarak iyileştirilmesi için Kripton komponentinden yararlanılmıştır [142]. MariNAV'ın Windows işletim sisteminin kullanıldığı tüm bilgisayarlarda rahatça çalışabilmesi için, veritabanı yönetim sistemi olarak veritabanı yazılımından bağımsız ilişkisel veritabanı olan Microsoft SQL Server Express tercih edilmiştir. MariNAV'da veri kaynağı olarak,

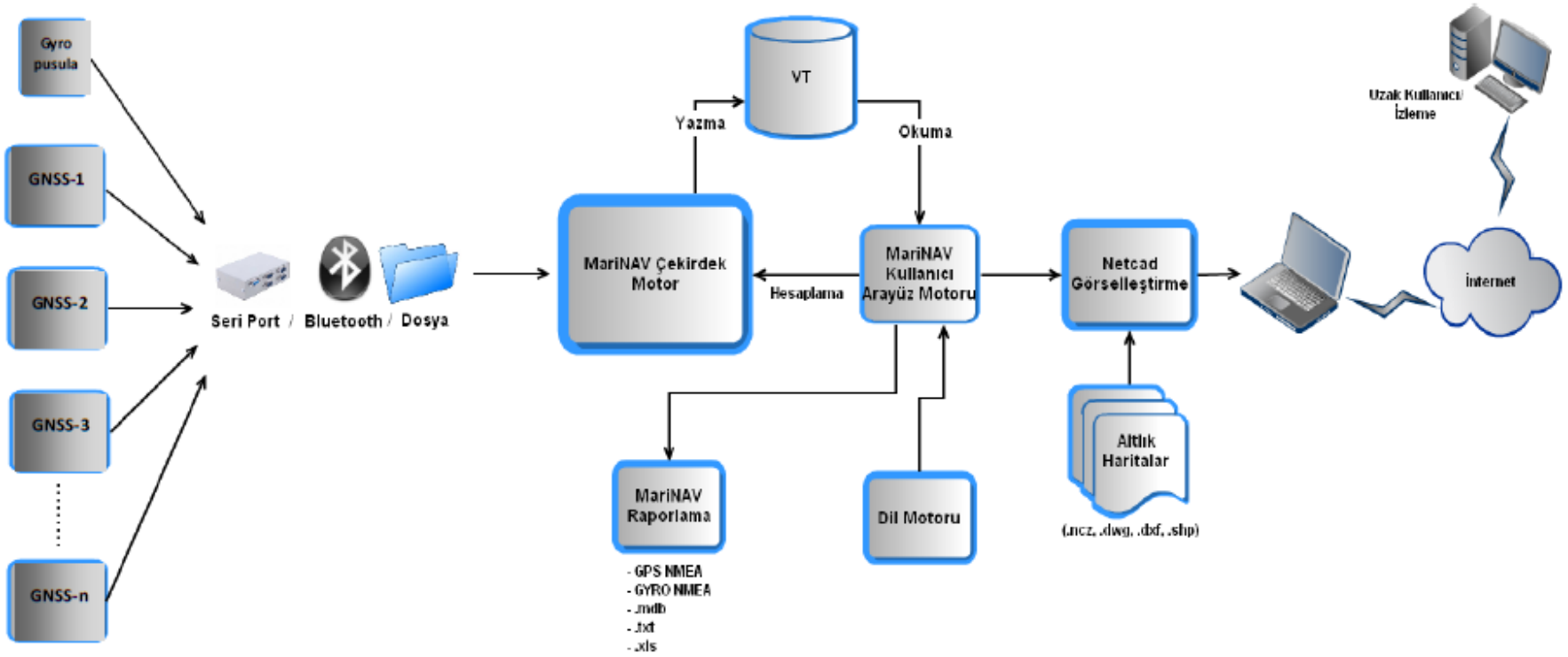
COM portlar aracılığıyla sensörlerden gelen ham veriler, Bluetooth aracılığıyla gelen veriler veya dosyadan okunan veriler şeklinde 3 seçenek bulunmaktadır.

MariNAV'da iki temel işlem yer almaktadır. Bunlardan birincisi, 3 tane (n-tane) GNSS alıcısından NMEA formatında gelen verilerden koordinat bileşenlerini ve platform lokal datumundaki ortak nokta koordinatlarını kullanarak her bir epok için Dengelemeli 2D Helmert Benzerlik Dönüşümü ile dönüşüm parametrelerini belirlemek ve bunlardan yararlanmak suretiyle, hedeflenen noktaların global datumdaki (örneğin WGS84/ITRF96 veya ED50) konumunu ve bu konumun doğruluğunu hesaplamaktır. Diğeri de, bu koordinatları kullanarak platformun hareketini altlık sayısal harita üzerinde, grafik bir arayüzde tüm seyir süresince görselleştirmektir. Her bir epokta hesaplanan koordinatlar, konum toleransı da dikkate alınarak hedef koordinatlarla karşılaştırılmakta ve platformun hedef noktaya olan seyri izlenebilmektedir.

Şekil 5.19'daki ilişkilerde de görüldüğü gibi MariNAV yazılımı, NetCAD'e ekranda neyin görselleştirileceğini aktarmaktadır. Buna göre NetCAD, CAD özellikleri sayesinde nokta, çizgi, çizgi grubu vb. objeler çizmekte ve seri portlardan belirlenen aralıklarla (örneğin 1 sn) gelen konum ve yön verilerine göre platform objesinin anlık hareketini ölçeklemek ve döndürmek suretiyle çizmekte, diğer bir deyişle görselleştirmektedir. Bunun yanında, altlık vektör/raster formatındaki haritalar katman yapısında açılarak, platformun hareket ettiği ortama dair bilgi alınabilmektedir. CBS özellikleri sayesinde de veritabanından sorgulamalar ve analizler yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

MariNAV, NetCAD ile entegre olmasının son derece yararlı özelliklerinden yararlansa da, bağımsız bir yazılımdır ve bu nedenle NetCAD'den başka bir platforma (ESRI ArcGIS veya Civil 3D gibi), küçük modifikasyonlar yapılarak taşınması mümkündür.

MariNAV'da, çalışılacak farklı bölgelerde olası koordinat veya datum dönüşümleri için EPSG/OGP dönüşüm veri seti (en günceli v7.8, [143]) kullanılarak ya da bazı durumlarda, dönüşüm parametrelerinin manuel olarak girilmesiyle dönüşüm yapılması olanaklıdır.



Şekil 5.19 : Sistem diyagramı.

Konumlandırma yazılımı MariNAV'ın bileşenleri:

- **MariNAV core engine + hesaplama motoru:** Konum verilerinin alınmasını, dönüşüm uygulanarak 'rotary table' noktasının koordinatlarının hesaplanmasını ve diğer hesaplamaları gerçekleştirir.
- **Görselleştirme motoru:** Hesaplanan değerlere göre platformun konumunu dinamik olarak görüntüler.
- **Kullanıcı Arayüzü:** Konumlandırma sürecine ilişkin her türlü bilgiye ulaşılabilen kullanıcı ekranı.
- **Raporlama motoru:** Ham verilerin ve konumlandırma verilerinin çıktı olarak sağlandığı bileşen.
- **Dil motoru (Language Engine):** Yazılımın metinsel bileşenlerinin kontrol edildiği, yazılımın farklı dillerde de kullanılabilmesini sağlayacak bileşen.
- **Veritabanı:** Tüm verilerin sayısal ortamda düzenli ve sorgulanabilecek özellikte tutulduğu alan.

MariNAV'ın konumlandırma çalışmalarında kullanacağı veriler özetle şunlardır:

- GNSS alıcılarından gelen konum verileri
- Gyropusuladan gelen yön verileri
- Offset değerleri
- Sunshot değerleri
- Girilen değerler
- Datum dönüşüm parametreleri
- Yardımcı veriler:
  - Batimetri
  - Su altı/tabanı yapıları, engeller, bölgedeki kuyular, gaz/petrol boru hatları vb. ile ilgili veriler.

Konumlandırma sistemi özetle aşağıdaki özellikleri taşımaktadır:

- Konum sensörleri, GPS, GLONASS ve GALILEO sistemlerinden ve geliştirilmekte olan COMPASS sisteminden konum bilgilerini alacak özelliktedir. Ayrıca, entegre edilen veri iletim araçları ile birlikte, çeşitli kaynaklardan DGNSS ve RTK düzeltmelerini alarak konum bilgilerini cm-dm düzeyinde belirlemektedirler,

- Referans istasyonu, kullanılan yazılım ve entegre edilen veri iletim araçları sayesinde yaklaşık 20 – 30 km çapında bir alanda çalışacak gezici GNSS alıcılarına DGNSS-RTK düzeltmeleri yayınlayabilecek özelliktedir,
- Sistem bileşeni olan SSC pusula cihazı, ±45° pitch ve roll açısında 1°'den iyi azimut doğruluğu, durağan koşullarda da 1°'den iyi roll ve pitch doğruluğu sağlamakta, saniyede 10 kez azimut değeri, birer kez de pitch ve roll okumalarına imkân vermektedir. SSC cihazı, Pitch ve roll değerlerini de ölçebildiğinden, daha sonra yapılacak çalışmalarda farklı amaçlarla kullanılması olanaklıdır,
- Bluetooth GPS cihazları, derin denizlerde kuyu açmak için kullanılan platformların sabitlenmesi için çapa yayma amaçlı olarak kullanılacak gemilerin konumlarını, SisNAV uygulaması sayesinde cep telefonlarıyla konumlandırma yazılımına iletebilmektedir,
- Konumlandırmada veriler anlık olarak sensörlerden veya bluetooth'tan alınabilmekte ya da dosyadan okunan veriler kullanılabilmektedir,

Çizelge 5.4 : MariNAV'ın özellikleri.

Yazılım geliştirme ortamı	.NET
Nesne-ilişkisel eşleştirme aracı	NHibernate
Core yapı	NetCAD
Sistem için uygun işletim sistemleri	Windows
Programlama dili	C #
Komponentler	Kripton Component Factory
Desteklenen altlık veri formatları	.ncz, .dxf/dwg, .shp ve raster veri formatları
Kullanılabilen veri formatları	NMEA
Desteklenen datumlar	NetCAD'in desteklediği tüm datumlar
Kullanılan veriler	Veri kaynağı olarak 3 seçenek: Bluetooth, Dosya, COM portlar aracılığıyla sensörlerden gelen ham veriler.
Veritabanı	Microsoft SQL Server Express

MariNAV yazılımının bazı özellikleri aşağıda ve Çizelge 5.4'te sıralanmaktadır:

- Hedef konum bilgileri girişi
- Offset (lokal koordinat) değerlerinin girilmesine olanak verme
- Veri (port) ayarları, cümlelerden istenen bilgilerin ayrıştırılması, lokal ve global koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm hesabında kullanılması
- Konum sensörlerinden seri port veya bluetooth aracılığıyla gelen NMEA formatındaki konum verileriyle hedef noktanın konumlandırılmasını sağlama
- Dosyadan veri okuyarak konumlandırma yapma
- Gyropusuladan seri port aracılığıyla NMEA verilerini almaya olanak sağlama
- Bulunulan konumda alıcıların ölçtüğü koordinatlardan yararlanarak, hedefe ne kadar mesafede olunduğunu ve kaynaktan ne kadar uzaklaşıldığını arayüzde gösterme
- Gyropusulanın kalibrasyonu için hesaplamaların yapılması (GNSS anten konumlarından)
- Obje ekleme, editleme, info alma, ölçekleme, platforma ilişkin bilgileri girebilme, platform türüne göre platform metrik sembolünü (CAD/vektör) altlık sayısal haritalar üzerinde gösterme ve bunu hareket anında konuma göre hareket ettirebilme
- Datum/Koordinat dönüşümü, dönüşüm parametrelerinin girişi/import edilmesi,
- 'Rotary table'nin ve hedef konumun çevresine belli yarıçaplı (örneğin 1, 5, 50, 500, 1000 veya 10000 m gibi) çemberler çizilebilmesine olanak verme
- Ham konum, yön, açı, hız verilerinin ve hesaplanan değerlerin sürekli olarak veritabanına kaydedilmesine olanak verme
- Farklı ülke ve alanlarda çalışılacağı dikkate alınarak mümkün olabilecek datum ve projeksiyon desteği sağlama
- Arayüzde, hem CRP hem de 'rotary table'nin izinin görülebilmesi
- Anlık koordinatların sürekli olarak hedef koordinatlarla görsel olarak karşılaştırılması
- Altlık sayısal batimetri verisini katman olarak açabilme (ESRI ArcGIS feature class/shapefile formatında veya CAD formatında)

- Gyropusuladan gelen pitch ve roll değerleri arayüzde görüntülenmektedir
- MariNAV, NetCAD ile entegre olmasının son derece yararlı özelliklerinden yararlansa da, bağımsız bir yazılımdır ve bu nedenle NetCAD'den başka bir platforma (ESRI ArcGIS veya Civil 3D gibi), küçük modifikasyonlar yapılarak taşınması mümkündür.

Web Uygulaması/izleme

Denizlerde yapılan çalışmalarda web uygulamaları, kullanıcıların neredeyse dinamik bilgilere çevrimiçi ulaşmasına olanak sağladığı için günümüzde oldukça popüler hale gelmiştir. İnternet teknolojisi sayesinde, navigasyon ya da konumlandırma sırasında platformlar/gemiler uzaktan izlenebilmektedir. İzleme, acil durum ve güvenlik için de yararlar sağlamaktadır.

Uzaktaki bir bilgisayara erişmek için çeşitli protokoller ve yazılımlar bulunmaktadır. Bunlardan biri olan Uzak Masaüstü Protokolü (Remote Desktop Protocol-RDP), bir kullanıcıya başka bir bilgisayarla grafik arayüz sağlamak için Microsoft tarafından geliştirilmiş, bu firmaya has bir protokoldür. RDP sunucusu olarak Uzak Masaüstü Hizmetleri, kullanıcı yazılımı olarak da Uzak Masaüstü Bağlantısı kullanılmaktadır. En son 2009'da Versiyon 7.0 geliştirilmiştir. RDP ile konumlandırmanın ofisten de izlenebilmesi mümkündür. Bunun için, konumlandırmanın gerçekleştirildiği platformda internet bağlantısının olması gerekmektedir. Bu sayede yöneticiler, konumlandırma çalışmasını, sanki navigasyon yazılımının çalıştığı bilgisayar ekranından izler gibi uzaktan izleyebilmektedir. Platformların uzaktan izlenmesinde bağlantı, internet IP trafiğini destekleyen herhangi bir iletişim bağlantısıyla sağlanabilmektedir. İzlemede, konumlandırma hizmetini alan kuruluşun yöneticilerine, giriş yapabilecekleri bir web sayfası tahsis edilmektedir. Burada görüntülenecek veriler belli frekanslarda yayınlanmaktadır. Bu sayede yöneticiler, belli zaman aralıklarında platformda kurulu konumlandırma sisteminin ekran görüntülerine anlık olarak uzaktan ulaşabilmektedir. Ayrıca, platformun mevcut konumu, Google Map üzerinden izlenebilmekte; platformun izi kaydedilerek Google Earth aracılığıyla görüntülenebilmektedir. Konumlandırmaya ilişkin ekran görüntüleri de kaydedilebilmekte, konumlandırma süreci film formatında saklanıp daha sonra izlenebilmektedir.

Tez çalışmasının hedeflerinden biri de, konumlandırma çalışmalarına uzaktan çevrimiçi giriş sağlanmasıdır. Çalışma kapsamında tasarlanan ve gerçekleştirilen sistem, sunucu tabanlı teknolojiyle geliştirildiğinden, örneğin ofisten ya da başka bir uzak ortamdan platformun konumunun izlenmesine imkân bulunmaktadır. Geliştirilen sistemde, GNSS alıcılarından bilgisayara aktarılan konum belirleme verileri başarılı bir biçimde izleme çalışmalarında kullanılabilecek biçimde internet ortamına gönderilmiştir. Bu verilere internetten ulaşılabilmiş ve internete bağlı uzaktaki farklı bilgisayarlar tarafından görüntülenebilmiştir.

6. UYGULAMA

Tez çalışması kapsamında, açık denizlerde petrol/doğal gaz arama, geliştirme ve üretim faaliyetlerinde kullanılan sondaj platformlarının ya da boru/kablo hattı döşeme, batık arama, deniz üstü/altı yapıları üzerine çalışan araçların veya sismik veri toplama gibi diğer çalışmalarda kullanılan deniz araçlarının konumlandırılması ve anlık olarak izlenmesi için konum belirleme sistemlerinin entegrasyonunu sağlayacak bir konumlandırma sistemi geliştirilmiştir. Sistemde yer alan yön ve konum belirleme sensörlerinden gelen anlık veriler, çalışma kapsamında geliştirilen MariNAV konumlandırma yazılımına iletilmekte, bu veriler gerekli işlemlerden sonra bir arayüz yardımıyla kullanıcılara sunulmaktadır. Konumlandırma yazılımı aracılığıyla açık deniz platformunun/aracının navigasyonu sağlanmakta, aracı sevk ve idare eden personele karar desteği verilmektedir.

MariNAV yazılımı, araç üzerinde belirlenen noktalara yerleştirilen ve bilgisayara seri arabirimden bağlanan GNSS ve gyropusula cihazlarından anlık olarak aktarılan NMEA verilerini kullanmak ya da daha önce ASCII olarak dosyaya kaydedilen NMEA verilerini okuyup kullanma seçeneklerine göre çalışabilmektedir.

Geliştirilen konumlandırma sisteminin testlerinin, öncelikle laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesi, mümkün olduğu taktirde bir açık deniz sondaj platform konumlandırma çalışmasında uygulama yapılması veya bir deniz/kara aracına konumlandırma sisteminin kurularak test yapılması öngörülmüş; diğer bir seçenek olarak da gerçek bir uygulamadan elde edilen verilerin kullanılması planlanmıştır. Sistemin testi laboratuvar ortamında başarılı bir şekilde yapılmış, konum verileri GNSS alıcılarından; yön, pitch ve roll verileri de gyropusuladan alınarak konumlandırma yazılımının çalıştığı bilgisayara aktarılmıştır. Konum verileri daha sonra, izleme amaçları için, internet ortamına başarıyla gönderilmiş ve internete bağlı olan başka uzak bilgisayarlardan açılabilmiştir. Ayrıca, referans istasyonundan diğer cihazlara radyo ve GSM modemler aracılığı ile düzeltme verileri akışı sağlanmıştır.

Sistem geliştirme sürecinde 4 adet platform konumlandırma çalışmasına katılım sağlanarak oldukça yararlı bilgiler elde edilmiş olsa da, geliştirme çalışması tamamlandıktan sonraki süreçte bir açık deniz sondaj platformu konumlandırma çalışmasında sistemin testini yapmak mümkün olmamıştır. Bu nedenle, sistemin testi, gerçek hayatta yapılan bir çalışmadan elde edilen veriler kullanılarak konumlandırma yapılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Bu bölümde öncelikle, katılınan konumlandırma uygulamalarından bahsedilecek, daha sonra sistemin test çalışmaları anlatılacaktır.

Kıyıdan platforma personelin taşınması genellikle, 'jack-up' platformlar için gemi-tekne gibi araçlarla, derin denizde ve daha açıklarda sondaj yapan platformlar içinse helikopterle gerçekleştirilmektedir. Ekipmanın ve diğer tedarik malzemelerinin taşınması da ikmal gemileri yardımıyla yapılmaktadır. Açık denizlerde sondaj yapacak platformların taşıması gereken özellikleri ve bu platformlarda görev yapacak personelin çalışma koşullarına ilişkin kriterleri, bu konuda faaliyet gösteren uluslararası kuruluşlar düzenlemektedir. Bu çerçevede, sığ sularda sondaj yapacak platformlarda görev yapacak personelin, 'Denizde Kişisel Canlı Kalma Teknikleri Eğitimi' alması zorunlu kılınmaktadır. Genellikle helikopterle ulaşım sağlanan derin sulardaki platformlarda görev yapacak personelin ise, çeşitli kuruluşlar tarafından verilen 'Basic Offshore Safety Induction & Emergency Training-BOSIET' ve 'Helicopter Underwater Escape Training-HUET' eğitimlerine katılması gerekmektedir. Tez çalışması sürecinde, bu eğitimler alınarak gereklilikler yerine getirilmiş ve konumlandırma uygulamalarına katılım sağlanmıştır.

6.1 Uygulama I: Saturn I

Karadeniz'de yapılan ilk konumlandırma çalışmasında, Romen GSP firmasına ait, 'jack-up' türündeki Saturn platformunun (Şekil 6.1) konumlandırılması gerçekleştirilmiştir. Hareket edilen konum Batı Karadeniz'de İstanbul açıklarıdır. Hedef konum ise Orta Karadeniz'de Düzce açıklarında kıyıdan yaklaşık 9 km mesafededir. İki konum arasındaki uzaklık ise yaklaşık 200 km'dir (Şekil 6.2). Yapılan jeofizik ve jeolojik çalışmalar neticesinde hedef noktanın koordinatları bölgesel datum olan ED50'de belirlenmiştir. WGS84/ITRF96 datumuna dönüşüm için deniz genel parametreleri (DX=-89,05 m; DY=-87,03 m; DZ=-124,56 m) kullanılmıştır.

Platform, toplam yüksekliği yaklaşık 120 m (400 feet) olan 4 ayağa sahiptir. Ayaklar tabandan yukarı doğru çekilmeye başladıktan 3 – 4 saat sonra platformun gövdesi



Şekil 6.1 : Jack-up, Saturn (GSP).



Şekil 6.2 : Hedef konum-1.

suya oturmakta; tam kaldırıldığında, 90 m'si yukarıda, 15 m'si platformun seviyesinde, yaklaşık 15 m'si de suyun altında kalan kısımda yer almaktadır. Platformun kendi GPS alıcı seti ve Inmarsat-C anteni bulunmaktadır. Platformda görev yapan başlıca önemli personel, platformun idaresinden ve navigasyonundan yani platformun manevralar yaptırılarak konuma yanaştırılmasından sorumlu olan "Tow Master", platformla ve sondajla ilgili tüm teknik işlerden sorumlu olan "Barge Engineer" ve platformdaki sosyal yaşamdan ve sağlık işlerinden sorumlu olan "Campboss" tan oluşmaktadır.

Hedef konumda su derinliği yaklaşık 80 m, ayakların tabanda gömüldüğü çamur kalınlığı (leg penetration) 9 m olarak tespit edilmiştir. Genelde ayaklar, zemin durumuna da bağlı olmak kaydıyla deniz tabanında 5 – 15 m çamura gömülmekte ve bu gömülme, sert zemine varana kadar devam etmektedir. 'Jack-up' platformların kullanıldığı sondaj işlemlerinde en önemli bileşenler bu çamur kalınlığı ve 'well site survey' diye adlandırılan, hedef konumun da içinde yer aldığı yaklaşık 2x2 km^2 alanda yapılan ve su tabanı ile ilgili detayları ortaya koyan çalışmadır. Konumlandırmadan önce bu bilgilerin mevcut olması önemlidir.

Bu çalışmada transit navigasyon sırasında platform tek çekici gemiyle çekilmiş, en yüksek hız ise saatte 2.5 knot yani deniz mili (nm) olarak gerçekleşmiştir. Hedef koordinatlara platformun hassas biçimde konumlandırılması sırasında, platformu 3 adet çekici gemi çekmiştir; bu gemilerde GPS alıcısı bulunmaktadır. Platform ve çekiciler arasında 500 – 600 m mesafe bulunmakta ve telsizle haberleşme sağlanmaktadır.

Platform konumlandırma hizmeti, yabancı bir firmadan temin edilmiş; çalışmayı 1 kıdemli ölçmeci (surveyor) ile yardımcısı yapmıştır. Ekipman ve personel platforma ulaştıktan sonra, birincil GPS anteni platform üzerinde görüş şartlarının elverişli olduğu, elektromanyetik alanlardan yeterince uzak olan ve personelin rutin çalışmalarını engellemeyecek noktalardan biri olan helikopter pistinin uç kısmına, ikincil anten de köprü (bridge) diye adlandırılan platformun en yüksek yerlerinden biri olan kısma yerleştirilmiştir (Şekil 6.3). Navigasyon yazılımının çalıştırılacağı bilgisayar ve gyropusula, Radyo Odasına kurulmuştur. Gyropusula, platformun ana ekseninin azimutunu ölçebilmesi için, platformun baş-kıç doğrultusuna oturtulmuş ve GPS alıcıları gibi, COM portlardan bilgisayara bağlanmıştır. Kullanılan birincil DGPS alıcısı, çift frekanslı ve RTK özellikli; ikincil olan ise tek frekanslıdır.

Alıcıların ve gyropusulanın navigasyon yazılımına NMEA verilerini aktarması için bilgisayarın seri arabiriminden bağlantı ayarları şu şekilde gerçekleşmiştir:

Gyropusula: COM3, 4800, N, 8, 1

1. GPS: COM7, 9600, N, 8, 1

2. GPS: COM5, 9600, N, 8, 1



Şekil 6.3 : GPS antenleri (Jack-up).

GPS sinyalleri için anten eğim açısı sınırı 10º olarak, en yüksek PDOP değeri sınırı 5 olarak, konum verisi alma da 30 saniyede bir olarak belirlenmiştir.

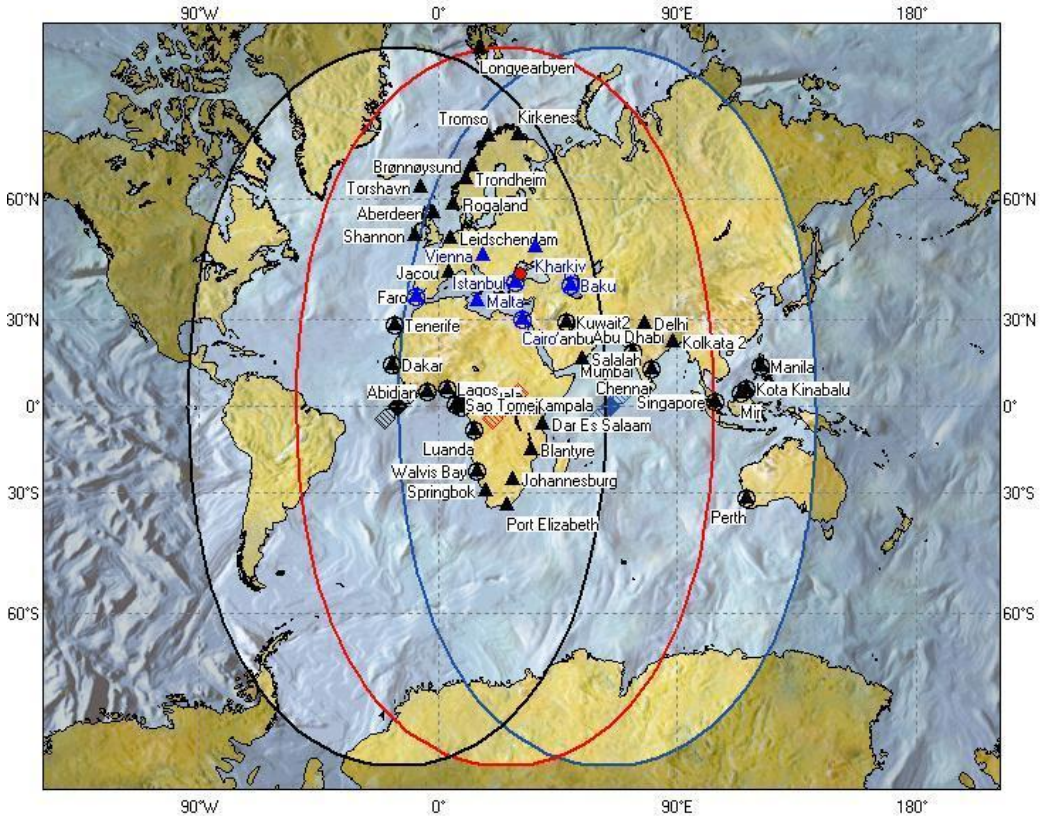
Platform hareket etmeden önce birtakım kalibrasyon, ölçü ve testler gerçekleştirilmiştir. DGPS antenlerinin platform koordinat sistemindeki (merkezi olan CRP noktası, ana eksen üzerindedir) koordinatları (offset değerleri) çelik şerit metre ile ölçülmüştür. Alıcıların fiks yapıp yapmadığının kontrolü ve PC ile bağlantı sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiş, veri kaydı testi (logging) yapılmıştır. Konum doğrulaması, 15 dakika süreyle 5 saniye aralığında kayıt yapılarak sağlanmıştır.

Gyropusulanın hizalama ve sabitlik testi, yani kalibrasyonu için Wild T1A açı ölçme aleti ile filtre yardımıyla güneşe dakika hassasiyetinde gözlem yapılmıştır. Bu amaçla alet, helikopter pistinde platformun baş-kıç ekseni üzerinde bir noktaya kurulmuş, açı dairesi bu eksene göre sıfırlanmış, 10 dakika boyunca her yarım dakikada bir güneşe gözlem yapılarak 20 adet gözlem tamamlanmıştır. Bu değerler almanaklardaki güneşin azimutuyla karşılaştırılarak, gyropusulanın 0.5° fazla ölçtüğü belirlenmiş ve bu değer, gyropusulanın ölçtüğü değeri düzeltmek için kullanılmıştır.

Platformun hedef koordinatlara konumlandırılmasının yanında belli bir azimut (heading) açısına göre yönlendirilmesi de gerekmektedir. Bu açı, hakim rüzgar yönü,

dalga durumu, kıyıya göre duruş, kıyıdan gelecek ikmal teknelerinin yanaşması gibi kriterlere göre belirlenebilmektedir. Bu çalışmada platformun hedef azimut açısı 270° olarak belirlenmiş, 268° olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca bu açı değeri, internet vb. gibi iletişim araçlarının antenlerinin yönlendirilmesi anlamında da önem arz etmektedir.

Platform hedefe belli bir mesafe yaklaştıktan sonra, yardımcı veriler de dikkate alınarak hedefe uygun bir yanaşma koridoru belirlenmektedir ve yönlendirmelere göre platform, hedefe ilerlemekte ve manevralarla konum toleransı içerisinde konumlandırma yapılmaktadır. Bu çalışmada, hedefe yakın bölgede iki adet 'jacket' (sabit platform) ve 1 adet batık 'jacket' bulunduğundan, önerilen yanaşma koridoru kullanılmadan, 2 sabit üretim platformunun arasından geçilerek hedefe ulaşılmıştır. Bu sırada platformun ayakları tabana yakın durumda bulunmakta ve hedefe konum toleransı içinde ulaşıldıktan sonra ayaklar deniz tabanına indirilmektedir. Ayakların her biri 25'er cm olacak şekilde dengeli bir biçimde, kademe kademe deniz tabanına gömülmektedir. Hedeflenen konuma, birincil DGPS'den hesaplanan konum değeriyle 2 m yaklaşıklıkla, ikincil sistemden ise 1.5 m yaklaşıklıkla, konum



Şekil 6.4 : DGPS düzeltme istasyonları konum haritası.

toleransı olan 10 m'nin içinde kalacak biçimde konumlandırma gerçekleştirilmiştir. Nihai konumlandırma raporu için, ayaklar tabana oturduktan sonra alıcılarla 1 saat veri kaydı yapılmış ve sonuç raporu hazırlanmıştır.

Bu çalışmada DGPS düzeltmeleri, İstanbul, Malta, Kahire, Bakü ve Kharkiv referans istasyonlarından (Şekil 6.4) sağlanmıştır. Konumlandırma tamamlandıktan sonra konumlandırma sistemi sökülmüş (demobilisation) ve personelle birlikte karaya çıkarılarak süreç tamamlanmıştır.

Bu çalışmada 4 ayda toplam 2500 m derinliğe kadar sondaj işlemi yapılmış ve platform bir sonraki hedef olan konuma hareket etmiştir.

6.2 Uygulama II : Saturn II

Karadeniz'de sığ derinlikteki denizde yapılan ikinci konumlandırma çalışmasında da, 'jack-up' türündeki Saturn platformunun konumlandırılması gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.5). Hareket edilen konum bir önceki uygulamada konumlandırma yapılan noktadır ve aralarındaki uzaklık yaklaşık 15 km'dir (Şekil 6.6). Kıyıdan yaklaşık 8 km mesafede bulunan hedef noktanın koordinatları bölgesel datum olan ED50'de



Şekil 6.5 : Jack-up türü Saturn platformunun hedefe çekilmesi.

tespit edilmiş; WGS84/ITRF96 datumuna dönüşüm için deniz genel parametreleri kullanılmıştır. Hedef azimut açısı 270° olarak belirlenmiştir. Hedef konumda su derinliği yaklaşık 55 m, ayakların tabanda gömüldüğü çamur kalınlığı (leg penetration) 13 m olarak tespit edilmiştir. Platform konumlandırma hizmeti, yabancı bir firmadan temin edilmiş; çalışmayı 1 kıdemli ölçmeci (surveyor) ile yardımcısı yapmıştır.



Şekil 6.6 : Hedef konum-2.

Ekipman ve personel platforma ulaştıktan sonra, bir önceki çalışmadakilerin aynısı olan birincil ve ikincil GPS alıcılarının antenleri aynı yerlere yerleştirilmiştir. Navigasyon yazılımının çalıştırılacağı bilgisayar ve gyropusula da Radyo Odasına kurulmuş ve tüm sensörler COM portlardan bilgisayara bağlanmıştır. GPS sinyalleri için anten eğim açısı sınırı 10º, en yüksek PDOP değeri sınırı olarak da 5 değeri belirlenmiştir. Bu çalışmada gyropusula kalibrasyonunda düzeltme değeri olarak 0.48º elde edilmiştir.

Hedeflenen konuma, birincil DGPS'den hesaplanan konum değeriyle 2.6 m yaklaşıklıkla, ikincil sistemden ise 2.8 m yaklaşıklıkla, konum toleransı olan 10 m'nin içinde kalacak biçimde konumlandırma gerçekleştirilmiştir. Platformun yönlendirilmesi 269.7° olarak gerçekleşmiştir. Nihai konumlandırma raporu için, ayaklar tabana oturduktan sonra alıcılarla 1 saat veri kaydı yapılmış ve sonuç raporu hazırlanmıştır. Platformun hedefe ulaşması için çizilen rotanın olduğu alanda batimetri verisi olmaması durumunda, ayakların çekildiği yüksekliğe (su altında

kalan kısım) ve alandaki minimum su derinliğine dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, ayakların tabanı -50 m'de iken, su derinliğinin -49 m'de olduğu alana doğru yaklaşıldığı fark edilmiş ve bu sığ alandan geçen rotadan sapılarak, bulunulan noktada platform neredeyse kendi etrafında döndürülmüş ve hareket halindeyken ayakların deniz tabanına takılması önlenmiştir.

Bu çalışmada da DGPS düzeltmeleri, Şekil 6.4'te yer alan bir önceki uygulamayla aynı istasyonlardan alınmıştır. Konumlandırma tamamlandıktan sonra konumlandırma sistemi sökülmüş (demobilisation) ve personelle birlikte karaya çıkarılarak süreç tamamlanmıştır. Sondaj işlemi 3 hafta sürmüş ve toplamda yaklaşık 1500 m'de tamamlanmıştır.

6.3 Uygulama III : Leiv Eiriksson I

Üçüncü konumlandırma uygulaması Batı Karadeniz'de (Şekil 6.7), ancak bu kez derin sularda Norveç'in OceanRig firmasına ait 'semi-submersible' (Semi-submersible Drilling Rig-SSDR) türü Leiv Eiriksson platformunda (Şekil 6.8) gerçekleştirilmiştir. 43000 PS gücündeki kendi motoruyla hareket eden platformun günlük kirası yaklaşık 600000 Amerikan Dolarını, operasyon maliyetleri de eklenince toplamda 1 milyon Amerikan Dolarını bulmaktadır.



Şekil 6.7 : Hedef konum-3.



Şekil 6.8 : Semisub, Leiv Eiriksson (OceanRig ASA).

Bu tür platformlar kıyıdan uzak mesafelerdeki derin deniz kuyularında sondaj yaptığından, kıyıdan platforma personel ulaşımı genellikle helikopterle sağlanmakta (Şekil 6.9), bunun için de görev yapacak personelin BOSIET ve HUET adı verilen uygulamalı eğitimleri alması gerekmektedir. BOSIET, temel açık deniz güvenlik ve acil durum eğitimlerini, HUET ise açık denizde meydana gelebilecek herhangi bir helikopter kazasından kurtulma teknikleri eğitimlerini kapsamaktadır. Derin denizdeki uygulamalardan önce Bakü/Azerbaycan'da bu eğitimlere katılım sağlanarak gerekli olan güvenlik sertifikaları alınmıştır. Ayrıca bu tür platformlar karasuları dışında çalıştığından, yurtdışına çıkış yapar gibi pasaportla çıkış yapılması gerekmektedir. Derin deniz sondaj projeleri, zaman zaman birkaç ay, kimi zaman da aylarca sürdüğünden, lojistik amaçlı olarak hava ulaşımına da uygun olan kıyıdaki bir konuma üs kurulmaktadır. Karanın görünmediği, etrafın tamamen derin su olduğu ve zaman zaman hava koşulları nedeniyle daha da zorlu hale gelen açık deniz alanlarındaki platform çalışmalarında, görev yapan personelin bu koşullardan en az düzeyde etkilenmeleri için, mümkün olduğu kadar konforun ve sosyal ortamın sağlanmasına çalışılmakta; bu kapsamda platformda spor salonu, sauna, internet, oyun aksesuarları vb. yer almaktadır.



Şekil 6.9 : Platforma ulaşımda yararlanılan helikopter.

Leiv Eiriksson, 4 tane DGPS alıcısı bulunan (metre-altı hassasiyette koordinat belirleyen) bir DP sistemine sahiptir.

Bu çalışmada kıyıdan 150 km uzaklıkta yer alan bir noktadan hareket edilmiştir. Çıkılan nokta ile hedef arasındaki uzaklık yaklaşık 400 km, hedefin kıyıdan uzaklığı ise yaklaşık 60 km'dir. Hedef noktanın koordinatları bölgesel datum olan ED50'de tespit edilmiş, WGS84/ITRF96 datumuna dönüşüm için deniz genel parametreleri kullanılmıştır. Hedef azimut açısı ise 240º olarak belirlenmiştir.

Platform konumlandırma hizmeti, yabancı bir firmadan temin edilmiş; çalışmayı 1 kıdemli ölçmeci (surveyor) ile yardımcısı gerçekleştirmiştir.

Personel helikopterle, ekipmanlar da tedarik gemisindeki konteynerler içinde platforma ulaştıktan sonra; birincil GPS anteni helikopter pistinin kenarında uygun bir noktaya, ikincil anten de Kontrol Odasının üstünde, platformun en yüksek yerlerinden biri olan kısma yerleştirilmiştir. Navigasyon yazılımının çalıştırılacağı bilgisayar ve gyropusula, Kontrol Odasına kurulmuştur. Gyropusula, platformun vaziyet planında (General Assembly-GA) da gösterilen baş-kıç doğrultusuna yaklaşık olarak oturtulmuş ve GPS alıcıları gibi, COM portlardan bilgisayara

bağlanmıştır. Çift frekanslı ve RTK özellikli birincil DGPS alıcısı desimetre-altı, tek frekanslı olan ikincil sistem ise metre-altı hassasiyetle konum belirlemektedir.

GPS sinyalleri için anten eğim açısı 10º olarak, en yüksek PDOP değeri sınırı 5 olarak, konum verisi alma aralığı da 30 saniyede bir olarak belirlenmiştir.

Platform hareket etmeden önce birtakım kalibrasyon, ölçü ve testler gerçekleştirilmiştir. DGPS antenlerinin platform koordinat sistemindeki (merkezi, ana eksen üzerindeki sondaj kulesi orta eksen noktası yani 'rotary table'dir) koordinatları (offset değerleri) Total Station ile ölçülmüştür. Alıcıların fiks yapıp yapmadığının kontrolü ve PC ile bağlantı sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiş, veri kaydı testi (logging) yapılmıştır. Gyropusulanın kalibrasyonu için güneşe doğrultu gözlemi yapılmış ve almanak değerleriyle karşılaştırma yapılarak, gyropusulanın 1.08º sapmayla ana eksene oturtulduğu tespit edilmiştir.

Milli Savunma Bakanlığı'ndan gelen talep üzerine, hedef kuyu noktasını merkez alan ve kenarlarından ikisi kuzeye yönelmiş, köşegen uzunluğu da 2 deniz mili olan karenin köşe koordinatları hesaplanmış ve kuyunun koordinatları ile birlikte bakanlığa bildirilmiştir.

DP sistemi konumları WGS84 datumunda ölçtüğünden, konumlandırma sistemi ile DP sisteminin karşılaştırmasının yapılabilmesi için, yolun yarısından sonra hedef koordinatlar WGS84 datumuna dönüştürülmüştür. Hedefe olan 400 km'lik yol ortalama 2.9 knot, (maksimum 3.4 knot) hız ile yaklaşık 3 günde alınmıştır.

'Semi-submersible' gibi, tabana oturmayan platformlarda öncelikle yüzey konumlandırması (surface positioning) gerçekleştirilmekte; daha sonra, daha da önemli olan, sondaj ekipmanının da deniz tabanında, fiziken sondajın başlayacağı hedef koordinatlara konumlandırılması (sub-surface positioning) sağlanmaktadır. Bunun için akustik prensiplere göre çalışan ve detayları 3.4.4. başlığında anlatılan SBL/USBL/SSBL veya LBL gibi deniz tabanında konumlandırma yöntemleri uygulanmaktadır. Bu sistemlerle birlikte uzaktan kontrol edilebilen su altı robotları da (ROV) kullanılarak deniz tabanı konumlandırması tamamlanmakta ve sondaj donanımı yüzeyle aynı (ya da konum tolerans sınırları içerisinde) koordinatlara getirilmektedir.

Bu konumlandırma uygulamasında, hedef konumdaki su derinliği yaklaşık 2010 metredir. Leiv Eiriksson platformu hedef konuma ulaştıktan sonra yüzey

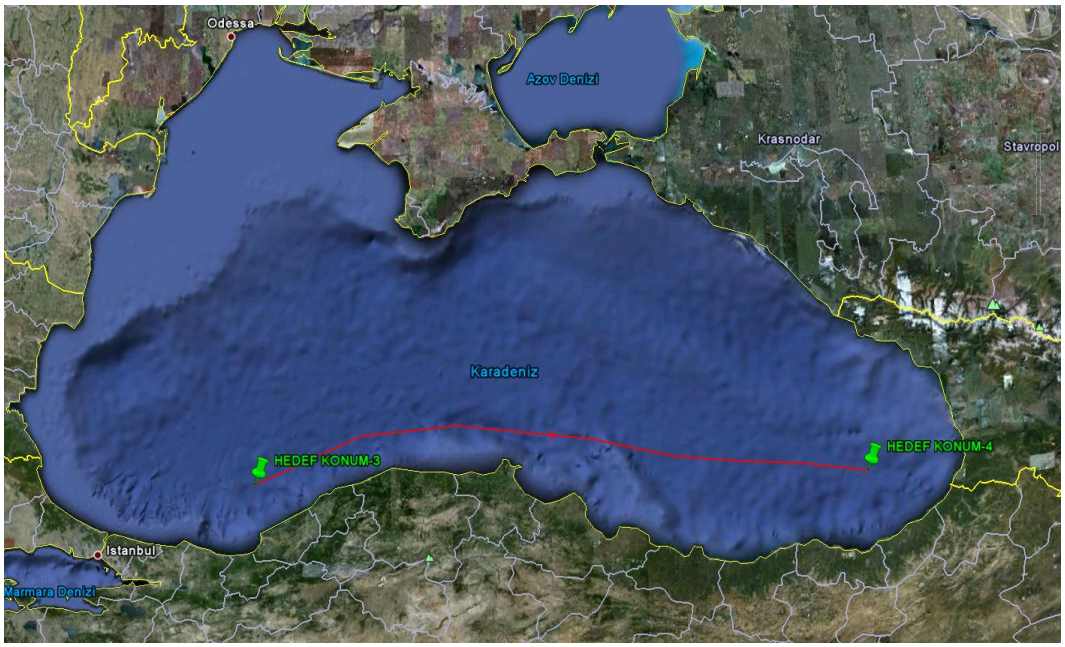
konumlandırması, 1.3 m yaklaşıklıkla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, hedef konum merkez olmak üzere yarıçapı yaklaşık 600 m civarında olan bir daire oluşturacak şekilde 10 adet işaret (beacon) deniz tabanına bırakılmıştır. Platform tekrar hedef konuma gelerek durmuş ve DP sistemi devreye girmiştir. Akustik konum belirleme ilkelerine dayanarak LBL yöntemiyle tabandaki işaretlerin konumları belirlenmiş (beacon calibration) ve sondajın yapılacağı nokta, üzerinde kendi konumunu uzaktan belirlemeye yarayan bir işaret taşıyan su altı robotu tarafından 2 adet özel işaretle (well marker) tabanda işaretlenmiştir. Bu şekilde, tabandaki konumlandırma işlemi tamamlanmış ve sondaj işlemi başlamıştır. Tabandaki işaretlerin ve ROV'nin konumu, kontrol odasında platform konumuyla birlikte aynı arayüzde görülmekte ve izlenmektedir. Tabandaki konumlandırma tamamlanınca, tabandaki işaret dizisindeki işaretler yüzeyden kontrol edilerek yüzer hale getirilmekte ve daha sonra destek gemileri ile yüzeyden toplanmaktadır. Nihai konum raporu için ROV yardımıyla tabandaki sondaj ekipmanının konumu 4 ana yönden belirlenmektedir. Aynı esnada yüzey konumlandırmasının nihai raporu için de 1 saatlik ölçü yapılmaktadır. Bu uygulamada yüzey ve taban konumlandırması arasındaki fark 3 m olarak belirlenmiş ve sonuç raporu hazırlanmıştır.

Bu çalışmada DGPS düzeltmeleri, İstanbul, Malta, Kahire, Bakü ve Kharkiv referans istasyonlarından (Şekil 6.4) sağlanmıştır. Konumlandırma tamamlandıktan sonra konumlandırma sistemi sökülmüş (demobilisation) ve personelle birlikte karaya çıkarılarak süreç tamamlanmıştır.

6.4 Uygulama IV : Leiv Eiriksson II

Dördüncü konumlandırma uygulaması Doğu Karadeniz'de (Şekil 6.10) derin sularda, yine Leiv Eiriksson platformunda gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada kıyıdan 60 km uzaklıkta yer alan, bir önceki konumlandırma uygulamasının yapıldığı noktadan hareket edilmiştir. Çıkılan nokta ile hedef arasındaki uzaklık yaklaşık 800 km, hedefin kıyıdan uzaklığı ise yaklaşık 80 km'dir. Hedef noktanın koordinatları bölgesel datum olan ED50'de tespit edilmiş, WGS84/ITRF96 datumuna dönüşüm için deniz genel parametreleri kullanılmıştır. Hedef azimut açısı ise 240º olarak alınmıştır. Platform konumlandırma hizmeti, yabancı bir firmadan temin edilmiş; çalışmayı 1 kıdemli ölçmeci (surveyor) ile yardımcısı gerçekleştirmiştir. Personel ulaşımı helikopterle, ekipmanın ulaşımı ise



Şekil 6.10 : Hedef konum-4.

tedarik gemisiyle sağlanmıştır. Birincil alıcının GPS anteni helikopter pistinin kenarındaki bir noktaya, ikincil alıcının anteni ise Kontrol Odasının üstünde, platformun en yüksek yerlerinden biri olan kısma yerleştirilmiş (Şekil 6.11), platformun kablo hattında yer alan alıcı kablosu kullanılarak bilgisayara



Şekil 6.11 : GPS antenleri (Semisub).

bağlanmıştır. Navigasyon yazılımının çalıştırılacağı bilgisayar ve gyropusula, Kontrol Odasına kurulmuştur. Gyropusula, platformun vaziyet planında da gösterilen ana eksen doğrultusuna yaklaşık olarak oturtulmuş ve GPS alıcıları gibi, COM portlardan bilgisayara bağlanmıştır. Çift frekanslı ve RTK özellikli birincil DGPS alıcısı desimetre-altı, tek frekanslı olan ikincil sistem ise metre-altı hassasiyetle konum belirlemektedir. GPS sinyalleri için anten eğim açısı 10º olarak, en yüksek PDOP değeri sınırı 5 olarak, konum verisi alma aralığı da 30 saniyede bir olarak belirlenmiştir.

Platform hareket etmeden önce birtakım kalibrasyon, ölçü ve testler gerçekleştirilmiştir. DGPS antenlerinin offset değerleri Total Station ile ölçülmüştür. Alıcıların fiks yapıp yapmadığının kontrolü ve PC ile bağlantı sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiş, veri kaydı testi (logging) yapılmıştır. Gyropusula kalibrasyonu için güneşe doğrultu gözlemi yapılmış ve almanak değerleriyle karşılaştırma yapılarak, gyropusulanın 0.23º sapmayla ana eksene oturtulduğu tespit edilmiştir.

Milli Savunma Bakanlığı'ndan gelen talep üzerine, yine hedef kuyu noktasını merkez alan ve kenarlarından ikisi kuzeye yönelmiş, köşegen uzunluğu da 2 deniz mili olan karenin köşe koordinatları hesaplanmış ve bakanlığa bildirilmiştir.

Konumlandırma sistemi ile DP sisteminin karşılaştırılabilmesi için, hedef koordinatlar WGS84 datumuna dönüştürülmüştür. Hedefe olan 800 km'lik yol ortalama 2.5 – 3 knot hız ile yaklaşık 7 günde alınmıştır. Hedef konuma yaklaşılırken, birincil GPS anteninin sinyal almadığı tespit edilmiş, yapılan incelemelerden sonra bunun, platforma ait olup alıcı bağlantısı için kullanılan kablodan kaynaklandığı anlaşılmış ve yeni bir kablo ile değişim yapılarak alıcı anteni Kontrol Odasının üst kısmında bir yere nakledilerek sorun çözülmüştür. Tekrar konum verisi üretmeye başlayan birincil alıcının anteninin offset değeri yeniden ölçülmüştür.

Bu konumlandırma uygulamasında, hedef konumdaki su derinliği yaklaşık 1800 metredir. Platform hedef konuma ulaştıktan sonra yüzey konumlandırması, 2 m yaklaşıklıkla gerçekleştirilmiştir. Hedefe ulaştıktan sonra yüzey konumlandırması gerçekleştirilmiş; daha sonra, bir önceki uygulamadakine benzer şekilde LBL yöntemiyle tabana işaretler yayılarak kalibrasyonları gerçekleştirilmiş, ROV kullanılarak da kuyu işaretleri yerleştirilmiştir. Böylece, tabandaki konumlandırma

işlemi de tamamlanmış ve sondaj işlemi başlamıştır. Nihai konum raporu için ROV yardımıyla tabandaki sondaj ekipmanının konumu 4 ana yönden ölçülmüş; yüzey konumlandırmasının nihai raporu için de 1 sn aralıklarla 1 saatlik ölçü yapılmıştır. Bu uygulamada yüzey ve taban konumlandırması arasındaki fark 4 m olarak ölçülmüş ve final raporu hazırlanmıştır.

Bu çalışmada DGPS düzeltmeleri, İstanbul, Malta, Kahire, Bakü, Viyana ve Faro referans istasyonlarından (Şekil 6.4) sağlanmıştır. Konumlandırma tamamlandıktan sonra konumlandırma sistemi sökülmüş (demobilisation) ve personelle birlikte karaya çıkarılarak süreç tamamlanmıştır.

6.5 Uygulama V : MariNAV Test

MariNAV yazılımı, anlık olarak alıcılardan gelen verileri kullanarak ya da dosyadan verileri okuyarak konumlandırma yapma özelliklerine sahiptir. Bu uygulamada, daha önce toplanmış olan örnek veriler kullanılmıştır. Örnek veriler, ham NMEA verilerini (Çizelge 6.1) ve Şekil 6.12'de platform planı üzerinde görülen offset değerlerini içermektedir. Dosya kaynağında yer alan bu verilerle birlikte, konumlandırması yapılacak olan platforma ilişkin offset değerleri de MariNAV'da bu amaçla tasarlanmış veri giriş formu kullanılarak girilmiştir.

MariNAV, bu örnek verilerin yer aldığı dosyadan NMEA cümlelerini okuyarak, platformun hedef, yani 'rotary table' noktasının (bu uygulamada aynı zamanda lokal koordinat sisteminin orijinidir) konumunu belirlemek için yapılacak hesaplamalarda kullanılacak olanları ve arayüzde gösterilmesi arzu edilen diğer bilgileri dosyadan çekmektedir. Konumlandırmada $GPGLL NMEA cümlesinden enlem/boylam verisi alınmakta, platformun istenen noktalarının konumları global sistemde hesaplanmakta ve platform sembolü de bu hesaplamalara göre anlık olarak hareket etmektedir. Ayrıca, $GPGGA cümlesinden fiks bilgisi, $GPVTG cümlesinden yer üzerindeki hız bilgisi ve $GPGSA cümlesinden, tüm uydu verileri ve DOP verileri alınarak kullanıcı arayüzünde gösterilebilmektedir. Bunların yanında gyropusuladan gelen $IIHDG NMEA cümlesinden azimut değerleri alınarak platformun azimutu belirlenebilir ve ekranda görüntülenebilir; ayrıca pitch ve roll değerlerinin yer aldığı cümlelerden bu değerler de alınabilir ve ekranda görüntülenebilir. Bu uygulamada, ikili anten konumlarından hesaplanan azimut değeri MariNAV arayüzünde görülmektedir. MariNAV'da arka planda, alınan konum verileri ve offset değerleri

Çizelge 6.1 : MariNAV test verileri.

03/11/2010 01:46:03.844 $GPGGA,014604.00,4216.16454609,N,03335.41262291,E,4,09,0.8,19.748, M,36.020,M,12.0,1016*43

03/11/2010 01:46:03.940$GPGSA,A,3,28,05,07,08,10,13,17,19,26,,,,1.4,0.8,1.1*36

03/11/2010 01:46:04.006$GPZDA,014604.05,03,11,2010,00,00*64

03/11/2010 01:46:04.843$GPGGA,014605.00,4216.16457780,N,03335.41377270,E,4,09,0.8,19.767, M,36.020,M,13.0,1016*47

03/11/2010 01:46:04.940$GPGSA,A,3,28,05,07,08,10,13,17,19,26,,,,1.4,0.8,1.1*36

03/11/2010 01:46:05.006$GPZDA,014605.05,03,11,2010,00,00*65

03/11/2010 01:46:05.842$GPGGA,014606.00,4216.16459540,N,03335.41490463,E,4,09,0.8,19.778, M,36.020,M,14.0,1016*47

03/11/2010 01:46:05.939$GPGSA,A,3,28,05,07,08,10,13,17,19,26,,,,1.4,0.8,1.1*36

03/11/2010 01:46:06.005$GPZDA,014606.05,03,11,2010,00,00*66

03/11/2010 01:46:06.843$GPGGA,014607.00,4216.16459155,N,03335.41603116,E,4,09,0.8,19.776, M,36.020,M,15.0,1016*46

03/11/2010 01:46:06.939$GPGSA,A,3,28,05,07,08,10,13,17,19,26,,,,1.4,0.8,1.1*36

03/11/2010 01:46:07.005$GPZDA,014607.05,03,11,2010,00,00*67

03/11/2010 01:46:07.844 $GPGGA,014608.00,4216.16458789,N,03335.41715856,E,4,09,0.8,19.778,M,36.020, M,16.0,1016*49

03/11/2010 01:46:07.940$GPGSA,A,3,28,05,07,08,10,13,17,19,26,,,,1.4,0.8,1.1*36

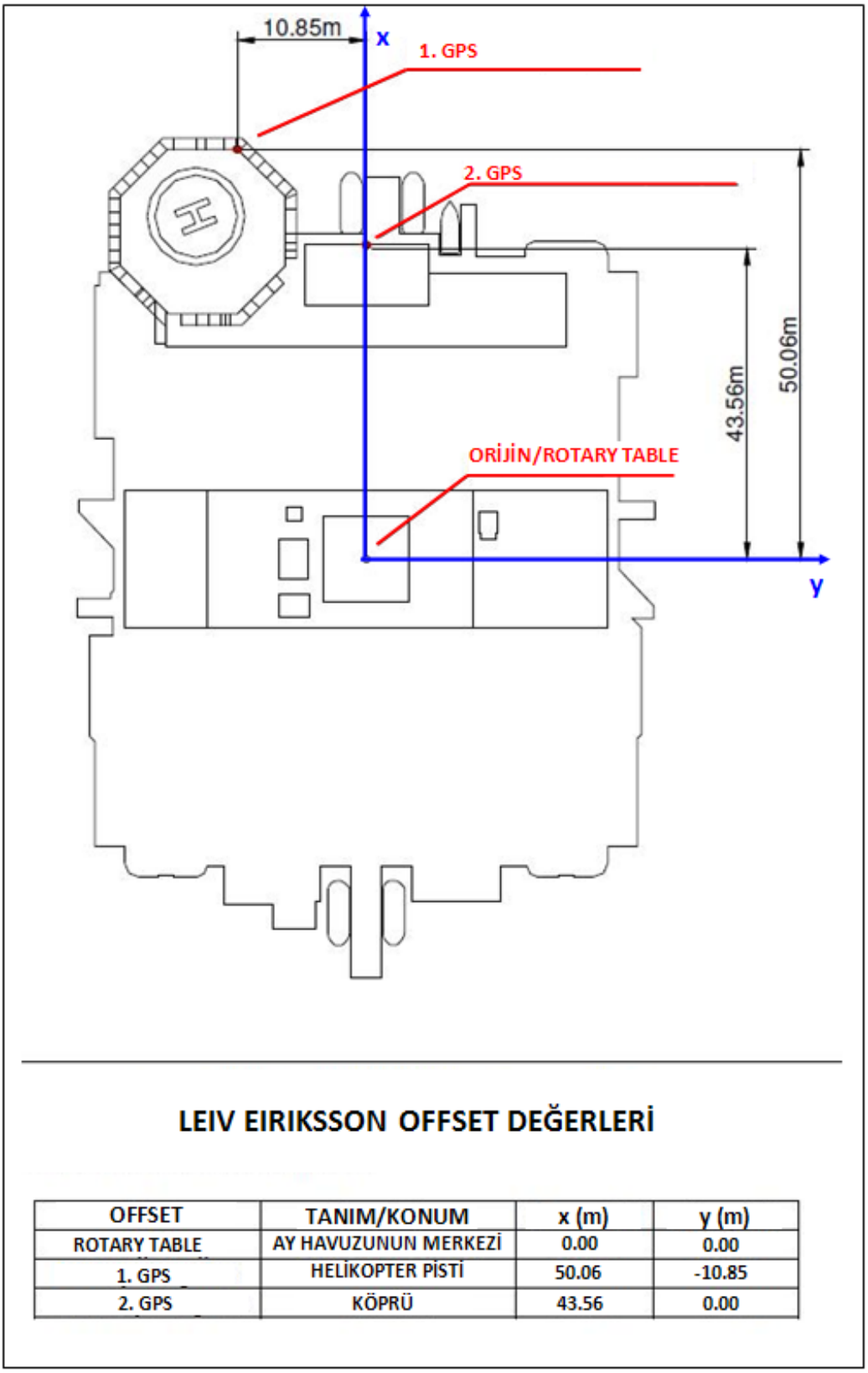
03/11/2010 01:46:08.006$GPZDA,014608.05,03,11,2010,00,00*68

03/11/2010 01:46:08.843$GPGGA,014609.00,4216.16461268,N,03335.41830274,E,4,09,0.8,19.800, M,36.020,M,17.0,1016*4B

……

ile anlık olarak benzerlik dönüşüm parametreleri hesaplanmakta, daha sonra da bu değerler kullanılarak ‘rotary table’nin koordinatları hesaplanmaktadır. Test verilerinin MariNAV’da kullanımı ile yapılan konumlandırma uygulamasına ilişkin ekran görüntüleri Şekil 6.13 – 6.21’de verilmiştir.

Şekil 6.13’te, veri kaynağının seçildiği arayüz yer almaktadır. Bu uygulama için veri kaynağı dosya olarak seçilmiştir. Seçilen dosyada, gerçek hayatta yapılmış bir konumlandırma uygulaması sırasında kaydedilmiş NMEA verileri yer almaktadır.

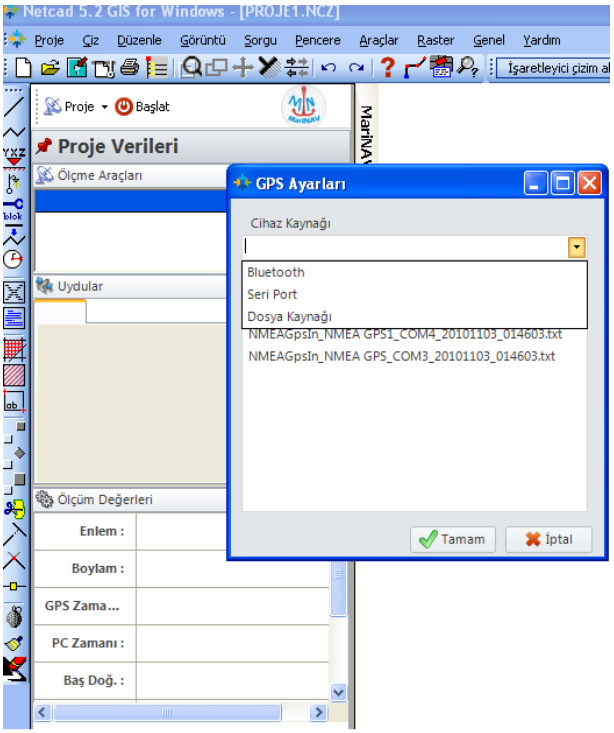


LEIV EIRIKSSON OFFSET DEĞERLERİ

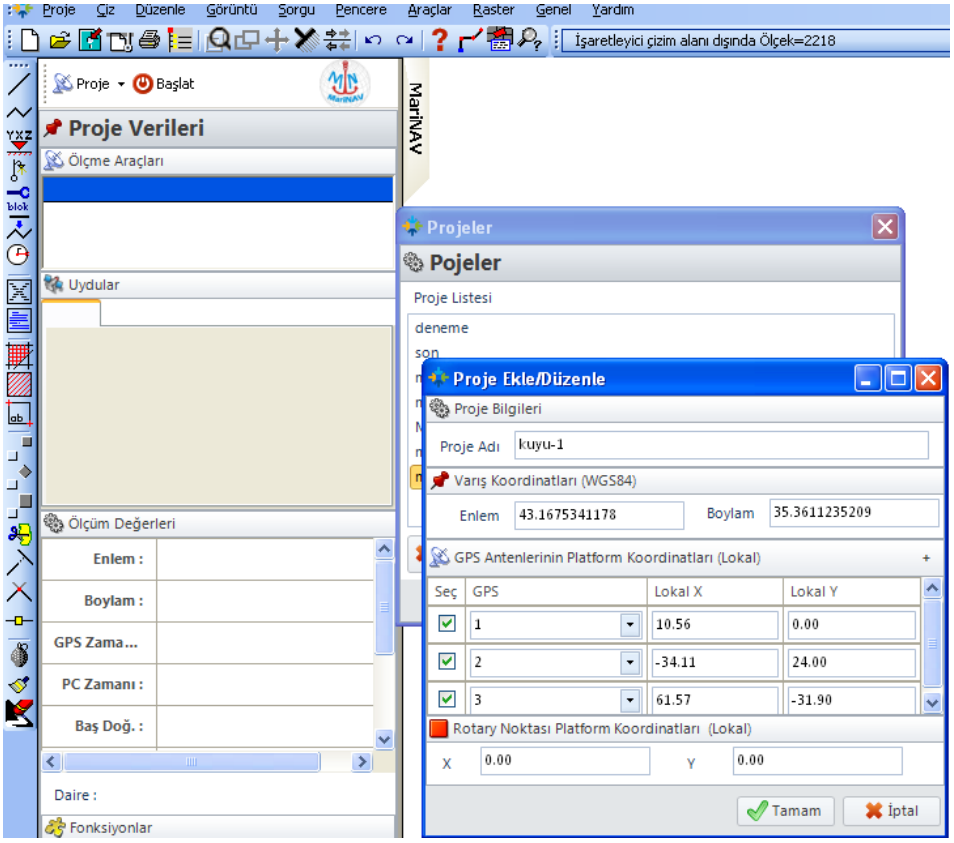
OFFSET	TANIM/KONUM	x (m)	y (m)
ROTARY TABLE	AY HAVUZUNUN MERKEZİ	0.00	0.00
1. GPS	HELİKOPTER PİSTİ	50.06	-10.85
2. GPS	KÖPRÜ	43.56	0.00

Şekil 6.12 : Offset şeması (Semisub).

Şekil 6.14'te, yeni proje oluşturma, hedef koordinatlarının ve offset değerlerinin girişinin yapıldığı arayüz görülmektedir.

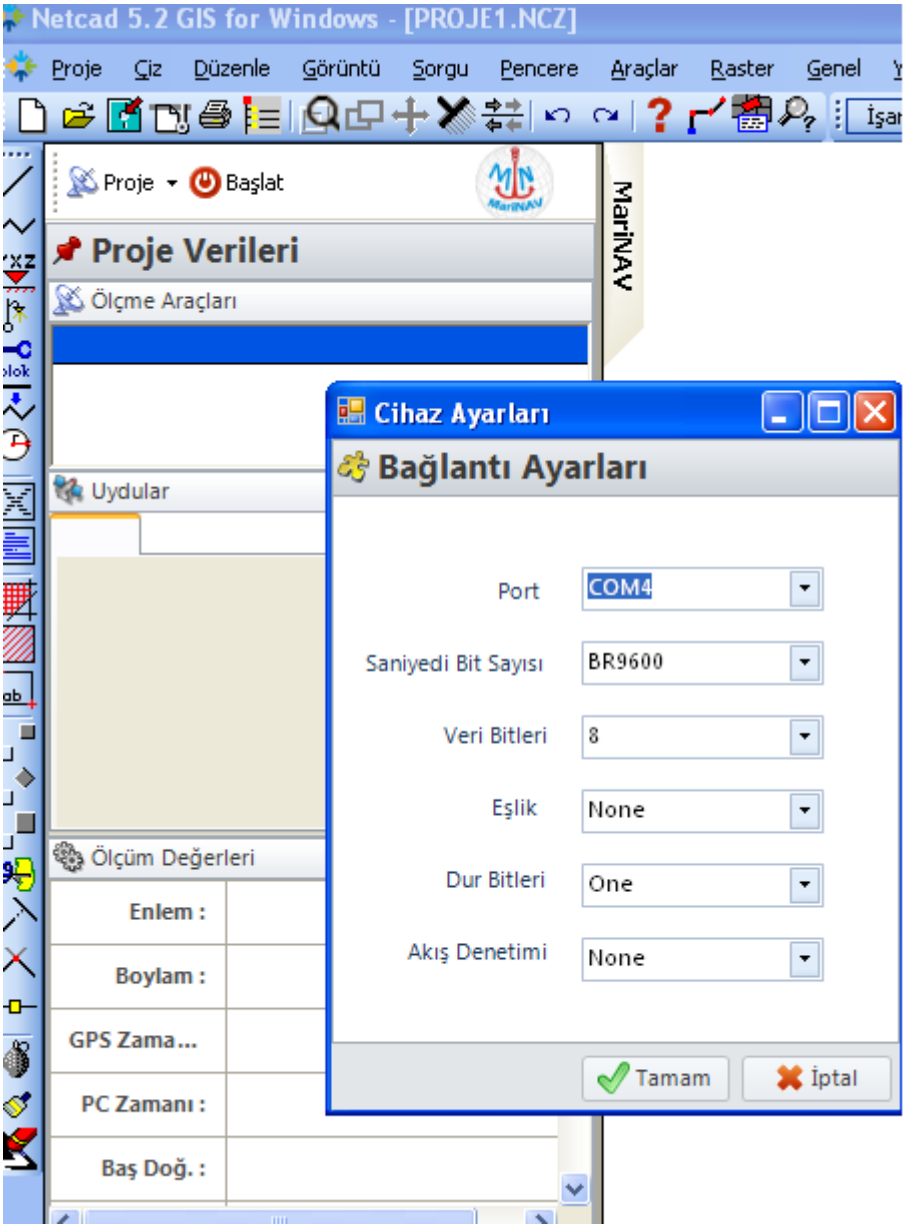


Şekil 6.13 : MariNAV – veri kaynağı seçme arayüzü.

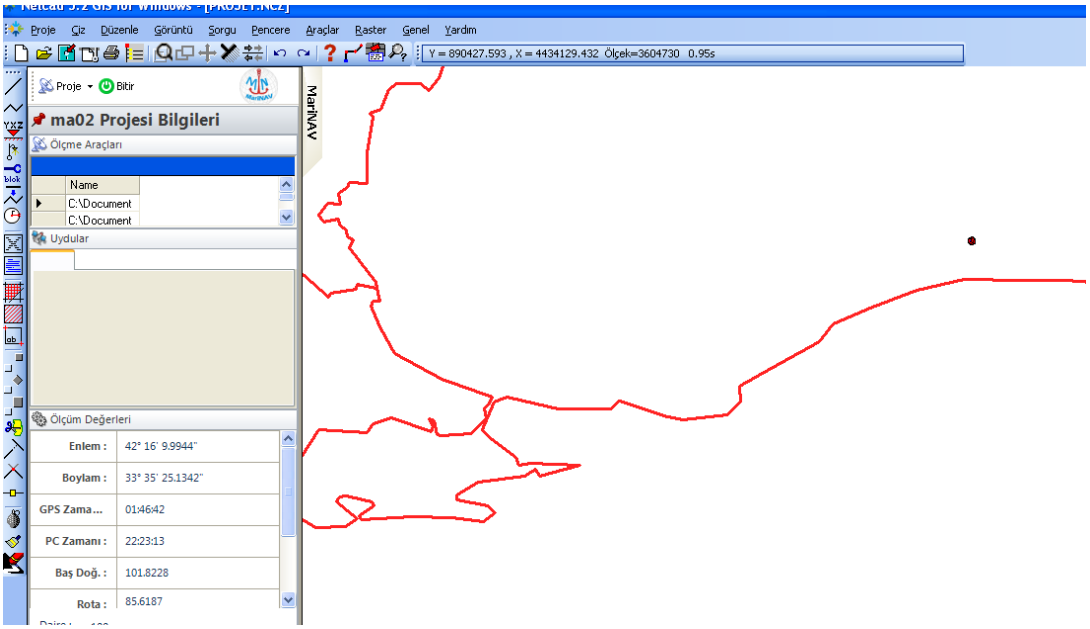


Şekil 6.14 : MariNAV – proje oluşturma ve veri giriş arayüzü.

Şekil 6.15'te MariNAV'da, gyropusulanın bağlantı ayarlarının gerçekleştirildiği arayüz yer almaktadır. Şekil 6.16'da ise, çalışma bölgesinin harita üzerindeki genel konumu görülmektedir. Platformun bulunduğu konumdan GNSS konum verilerinden hesaplanan 'rotary table' konumuna göre, hedef konuma doğru hareketi Şekil 6.17'de yer almaktadır. Platformu idare eden personel, örneğin bu arayüzü kullanarak hedefe ne kadar mesafe kaldığını, hangi doğrultuda gittiklerini, bulunulan konuma ait bilgileri ve altlık batimetri haritalarından derinliğe ait bilgileri görebilmektedir. MariNAV, mevcut olduğu taktirde bu gibi altlık verileri sunabilmektedir.

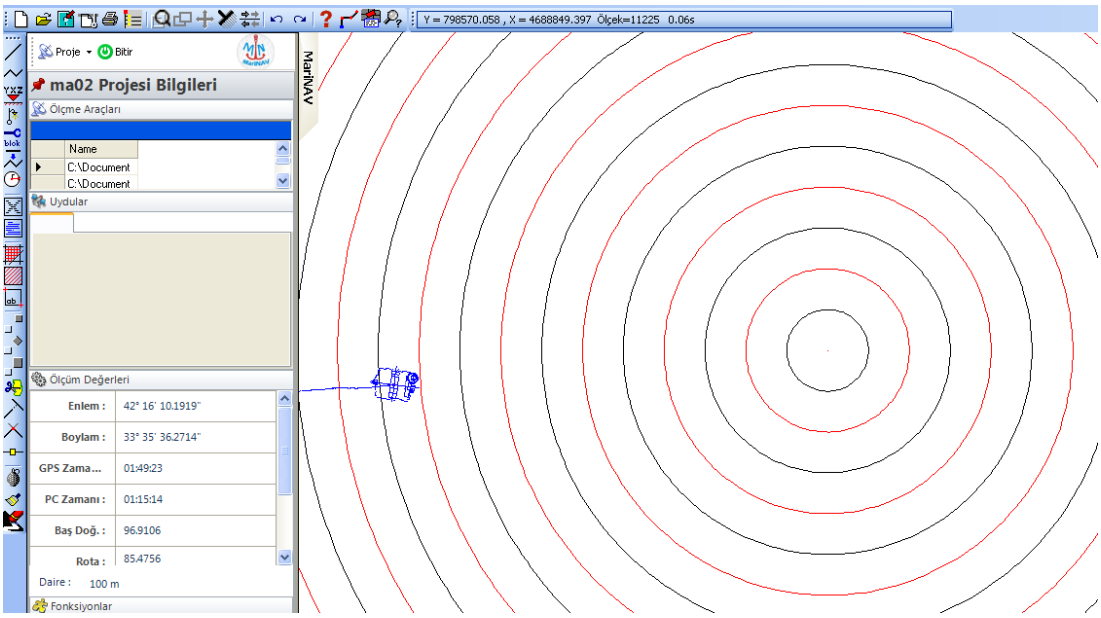


Şekil 6.15 : MariNAV – gyropusula bağlantı ayarları.



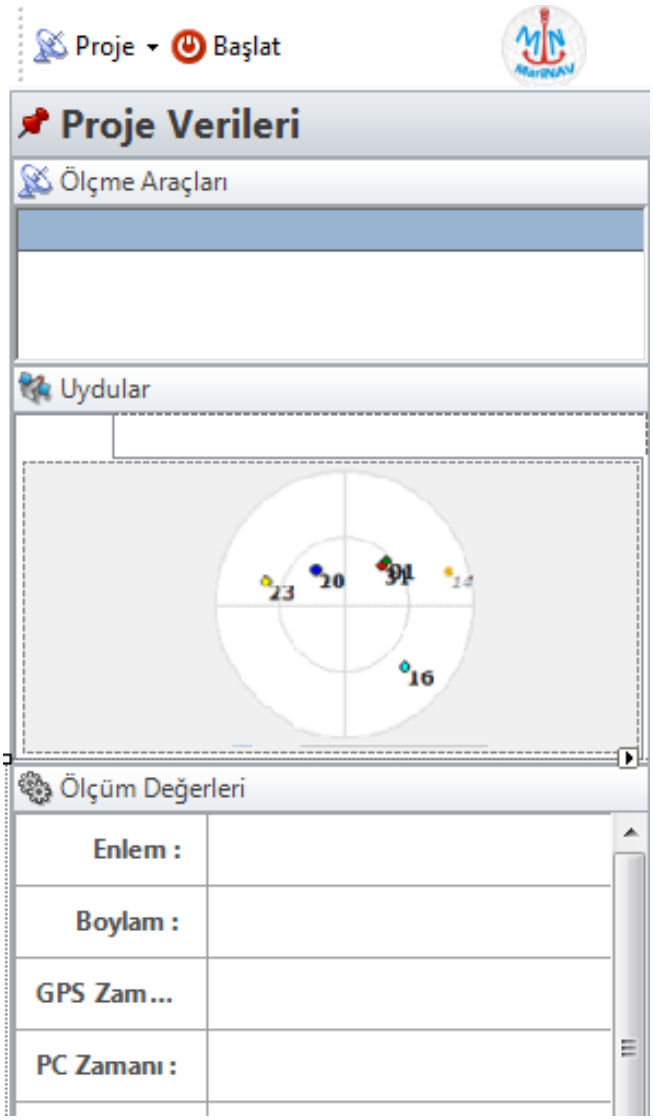
Şekil 6.16 : Çalışma bölgesi genel konumu.

Hedefe uzak mesafedeyken hedefin etrafına çizilen dairelerin yarıçapları 10 km, 1 km gibi daha büyük değerlerde iken, hedefe yaklaşıldıkça 100 m, 50 m, 10 m, 1 m gibi değerler almaktadır (Şekil 6.17, 6.19 ve 6.20).

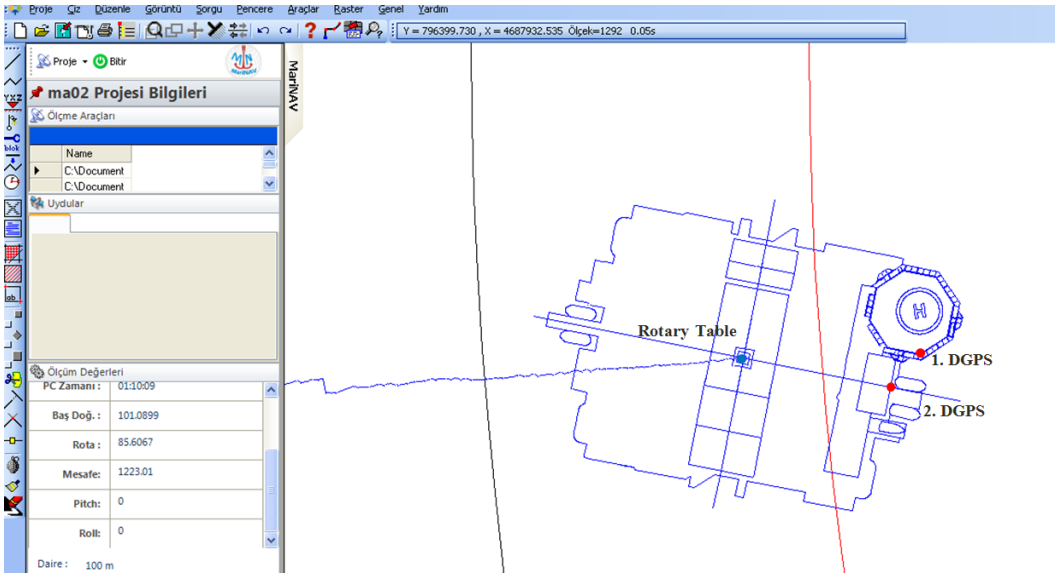


Şekil 6.17 : MariNAV – platform, hedef ve yaklaşma daireleri.

Şekil 6.18'de, o anda hangi uyduların gözlendiğini gösteren ve bu uydulara ilişkin bilgilerin sorgulanabileceği MariNAV arayüzü görülmektedir. Şekil 6.19'da ise, DGPS antenlerinin ve 'rotary table'nin konumu görülmektedir.

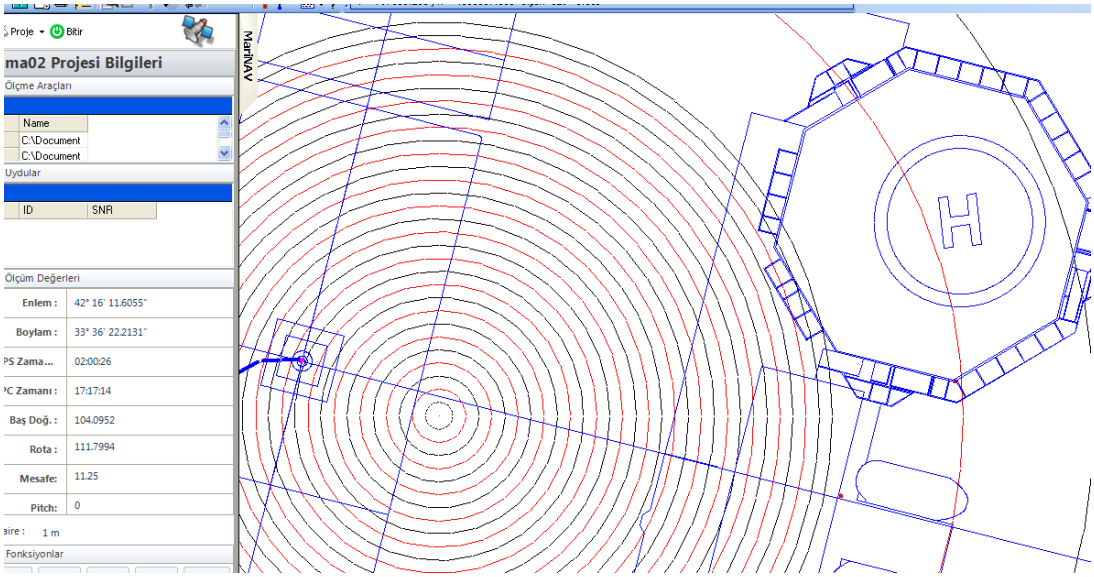


Şekil 6.18 : MariNAV – uydu bilgileri arayüzü.



Şekil 6.19 : MariNAV – platformun hedefe ilerleyişi.

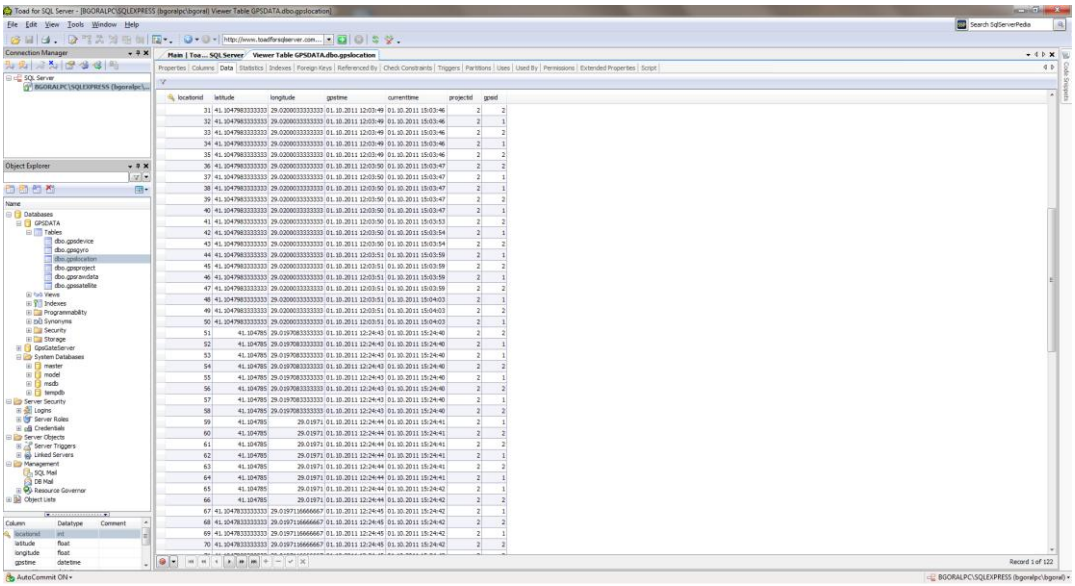
Şekil 6.20'de platform hedefe sabitlenmek üzere hedef konuma yaklaşmış bir durumda görülmektedir. Konum toleransı olarak belirlenen alana girildikten sonra konumlandırma sonlandırılıp, hedeflenen azimuta göre platform yönlendirildikten sonra, platformun sabitlenmesi için platform türüne göre uygulanan yöntemler devreye sokulacaktır. 'Jack-up' türü platformlarda ayakların tabana oturması ile



Şekil 6.20 : MariNAV – platformun hedefe ulaşması.

sabitleme söz konusudur. 'Semisub' ya da 'drillship' türü platformlarda ise ya çapalama işlemine geçilecek ya da daha yeni nesil olanlarında DP sistemi devreye girerek platformun arzu edilen konumda sabit kalmasını sağlayacaktır. Derin denizlerdeki kuyularda, yüzey konumlandırmasının yanında, genel bilgileri 3.4.4 başlığı altında anlatılan deniz tabanında akustik konum belirleme sistemleri ile kuyubaşının konumlandırılması gerçekleştirilmektedir. Bu işlemden sonra da platformun ve kuyubaşının nihai koordinatları belirlenip, sondaj işlemine başlanmaktadır.

Şekil 6.21'de konumlandırmada kullanılan ve GNSS alıcılarından gelerek dosya kaynağına kaydedilen NMEA cümlelerinden MariNAV tarafından alınarak üretilen koordinat değerlerine ilişkin bilgilerin yer aldığı veritabanı tablosu görülmektedir.



Şekil 6.21 : Koordinat bilgilerinin yer aldığı veritabanı tablosu.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Petrol ve doğal gaz, dünyadaki gelişmişlik, ekonomi, sanayileşme, refah düzeyi, teknoloji, siyasi istikrar ve politika gibi kavramlarla iç içe geçmiş ve günümüz dünyasında, birincil enerji kaynağı olarak peşinden koşulan stratejik bir madde haline gelmiştir. Komşularında çok miktarda rezervler bulunsa da ülkemiz bir petrol ülkesi değildir. Türkiye, günlük petrol ihtiyacının ancak %10 kadarını üretebilmekte, geri kalanını ise ithal etmektedir. Son yıllarda tüm dünyada petrol ve doğal gaz endüstrisi, arama çalışmalarında kara alanlarındaki faaliyetlerin yanında, denizlere yönelmektedir. Türkiye de, özellikle 2000'li yılların başında Akçakoca açıkları/Karadeniz'de açılan deniz kuyusundaki doğal gaz keşfinden sonra, çevresindeki denizlerde petrol/doğal gaz arama faaliyetlerini yoğunlaştırmıştır. Çevremizde, başta Karadeniz Havzası olmak üzere, denizlerde arama çalışmaları sürmekte, açık deniz platformları kuyular açmaya devam etmektedir.

Ülkemizde yerleşik petrol şirketlerinin, sığ ve derin denizlerde petrol arama konusunda henüz yeterli becerileri, deneyimleri, donanımları, altyapıları mevcut değildir. Açık denizlerde sondaj yapılacak kuyuların konumları, verilerin toplanması, işlenmesi, yorumlanması, haritaların çıkarılması ve modellemelerin yapılması gibi çalışmalara göre belirlenmektedir.

Deniz alanlarında kuyu açmak için, sığ sularda 'jack-up', derin sularda ise 'semi-submersible' veya 'drillship' türü açık deniz sondaj platformları (offshore drilling platform/rig) kullanılmaktadır. Kullanılacak bu platformların başka bir kuyu yerinden ya da beklediği bir limandan, koordinatı bilinen kuyu yerinin üzerine getirilmesi (Rig Moving) ve platformun üzerindeki sondaj kulesi doğrultusunun, açılması planlanan noktaya, belirlenen hassasiyet sınırlarında konumlandırılması gerekmektedir. Denizlerde yapılan hidrokarbon arama faaliyetlerinin yüksek maliyetli çalışmalar olduğu ve denizlerde açılan bir kuyunun maliyetinin sığ deniz kuyuları için onlarca milyon Amerikan Dolarını, derin deniz kuyuları için de birkaç yüz milyon Amerikan Dolarını bulduğu dikkate alındığında, platformun istenen yere taşınması sırasında planlanan rotadan sapması nedeniyle yaşanacak bir gecikme, hem

zaman kaybına hem de maliyetlerde artışa neden olacaktır. Bir konumda hidrokarbon bulunması için çok sayıda bileşenin aynı anda bir arada olması gerekmektedir. Bu nedenle, platformdaki sondaj kulesi orta ekseninin hedeflenen kuyu koordinatlarına, belli bir tolerans sınırı içerisinde oldukça hassas biçimde ve olabildiğince kısa sürede getirilmesi oldukça önemlidir. Benzer şekilde, daha önce açılmış bir kuyu için, geliştirme çalışmaları ya da üretime yönelik çalışmalarda da yine çok hassas biçimde konumlandırma yapılması gerekmektedir. Ayrıca, istenen konuma konumlandırılan 'semi-submersible' ya da 'drillship' türü sondaj platformunun, bulunduğu yerde izlenmesine gereksinim vardır. Ülkemizde bu çalışmaları gerçekleştirecek teknolojik donanım, yazılım ve teknik personelin bulunmadığı, bu nedenle halen bu hizmetlerin bu konuda faaliyet gösteren yurtdışı menşeli kuruluşlardan temin edildiği tespit edilmiştir.

Çalışmanın amacı, denizlerde petrol/doğal gaz arama kuyusu açmak için kullanılan platformların, bir konumdan diğerine taşınması sırasında navigasyonunu ve öngörülen kuyu koordinatlarına göre konumlandırılmasını sağlayacak ve bu platformun konumunun, konumlandırıldığı mekânlarda istenen sınırlar içerisinde kontrol altında tutulabilmesi için kuyu açma çalışmaları sırasında anlık olarak izlenmesine olanak verecek bir konumlandırma ve izleme sisteminin (alet, donanım ve yazılım sisteminin) geliştirilmesidir. Ülkemizde bu konuda ilk kez araştırmaların gerçekleştirileceği bu çalışma sonucunda sözü edilen konulardaki dışa bağımlılığın ortadan kaldırılması, bu hizmetlerin ithal edilmesinin önüne geçilmesi ve bu gibi becerilerin ülkemize kazandırılması hedeflenmiştir.

Denizlerde yapılan tüm ölçmeler ve diğer çalışmalar genellikle konum bilgilerini temel aldığından, denizlerde konum belirleme çok önemli bir görevdir. Konum belirlemede oluşabilecek bir hata, yüksek maliyetli olan bu çalışmaları geçersiz kılabilecektir. Genel olarak ölçme gemilerinin tümü, biri temel sistem diğeri yedek sistem olmak üzere en az iki konum belirleme sistemine sahiptir. Son yıllarda DGPS, global olması sayesinde ve sağladığı doğruluk nedeniyle, geleneksel konum belirleme sistemlerinin yerini almış ve neredeyse tüm uygulamalarda birincil sistem olarak kullanılmaya başlamıştır. Buna rağmen, bazı durumlarda DGPS yeterli doğruluğu sağlayamayabilir veya hiç konum belirleyemeyebilir ya da GPS'nin kullanımı kısıtlanabilir. Tek başına uydu tabanlı bir sistem olan GPS'ye bağımlı olmak olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bunun yanında, ölçü ve konum belirleme

güvenirliği bakımından, fazla ölçü yapmak gerekmektedir. [3] Bu nedenlerle, denizlerde yapılan konum belirleme çalışmalarında diğer uydu tabanlı konum belirleme sistemlerinin de (GLONASS ve GALILEO gibi) kullanımı ve farklı ilkeleri temel alan diğer konum belirleme sistemleriyle (yersel radyo bazlı sistemler, ilave sensörler gibi) entegrasyon sağlanması oldukça önem kazanmaktadır.

Tez çalışması kapsamında, konumlandırmada kullanılan benzer sistemler incelenmiş, çalışmalara katılınmış ve bir konumlandırma sisteminde bulunması gereken nitelikler ortaya konarak alternatif bir konumlandırma sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen konumlandırma sisteminin konum belirleme bileşenleri olarak GPS, GLONASS ve GALILEO sistemlerinden konum verilerini alma özelliklerine sahip çift frekanslı GNSS alıcıları kullanılmıştır. Platformun azimutunun anlık olarak belirlenmesi için, azimutun yanında pitch ve roll değerlerini ölçen gyropusula sensörü sisteme dahil edilmiştir. Çalışma kapsamında sistem tasarımı yapılmış, elektronik bileşenlerin uyumlu bir biçimde entegrasyonu sağlanmış, GNSS alıcılarıyla yapılacak konum ölçmeleri için farklı yöntemlerle (DGNSS, RTK) ve farklı kaynaklardan (uydu, yer istasyonu, ağ gibi) farklı araçlarla (GSM modem, radyo modem) düzeltme verlerinin anlık olarak alınmasına yönelik çalışmalar yapılmış ve bir referans istasyonu oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında, sistem bileşenlerinin en önemlilerinden biri olan MariNAV (v1.0) konumlandırma yazılımı geliştirilmiştir. MariNAV konumlandırma yazılımı, GNSS alıcılarından seri ara birim aracılığıyla bilgisayara gelen NMEA cümlelerinden konum verilerini ayrıştırıp, dönüşümler gibi gerekli işlemleri yaparak platformdaki sondaj kulesi orta ekseninin koordinatlarını anlık olarak hesaplamakta ve bu değerlere bağlı olarak platformu grafik bir arayüzde Mekansal/Coğrafi Bilgi Sistemi yaklaşımıyla, dünya üzerindeki konumuna göre görselleştirmekte, platformun konumunun kontrol edilmesini ve yönlendirilmesini sağlamakta ve elde edilen bilgileri veritabanında saklayarak daha sonra sorgulanmasına ve analiz edilmesine imkan vermektedir.

Açık denizler gibi dinamik çevrelerde konum belirleme çalışmalarında DGNSS ve gyropusula, iyi bir entegrasyon sağlamaktadır. Genel olarak konum belirlemede fazla konum ölçüsü olduğu zaman EKK yöntemi uygulanabilir. Böylece, konum bilgisinin kalitesi ortaya konabilir ve kaba hatalar önlenebilir. Konumlandırmada kullanılan ikincil ve üçüncül sistemler kalite kontrolü ve yedekleme içindir. Entegrasyon sayesinde bir sistem diğerinin eksikliğini kapatır ve konum belirleme garanti edilir.

Geliştirilen konumlandırma sisteminde, birincil ve ikincil şeklinde bir GNSS sensör ayrımı yapılmamakta, üç alıcının hepsi de hesaplamalara katılmaktadır. Bu alıcılardan herhangi bir tanesinde sorun çıkması durumunda ya da verilerinin uyuşumsuz olduğu durumda, diğer iki sensörden gelen veriler konum hesaplanmasında kullanılmaktadır. MariNAV yazılımı, n tane GNSS sensörünün konumlandırma sisteminde kullanılmasına ve konumun bu verilere göre hesaplanmasına olanak sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Tasarlanan bu sistemin avantajı, tüm sensör verileri fazla ölçü sayısını arttırmakta ve konumlandırma sisteminin güvenirliğini iyileştirmektedir. Bu nedenle platformun sondaj ekseninin konum değerleri daha doğru, güvenilir ve daha iyi istatistik kalitede olacaktır. Aslında, iki DGPS/DGNSS alıcısı, platformun konumlandırılması ve yönlendirilmesi için yeterlidir. Sistemde yer alacak üçüncü alıcı, fazla ölçü ve güvence amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, gyropusulanın ölçtüğü ve DGPS/DGNSS ölçülerinden elde edilen azimut açısı da fazla ölçü olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında üçüncü alıcı, ileride yapılması olası platform hareketini belirleme (attitude determination) çalışmalarında da kullanılabilecektir [114]. Geliştirilen konumlandırma sisteminin bileşenleri ve özellikleri ile yazılımın bileşenleri Bölüm 5.1 ve 5.3'te verilmiştir. Teze ilişkin sonuçların daha iyi değerlendirilmesi için bu bilgilerin hatırlanmasında yarar vardır.

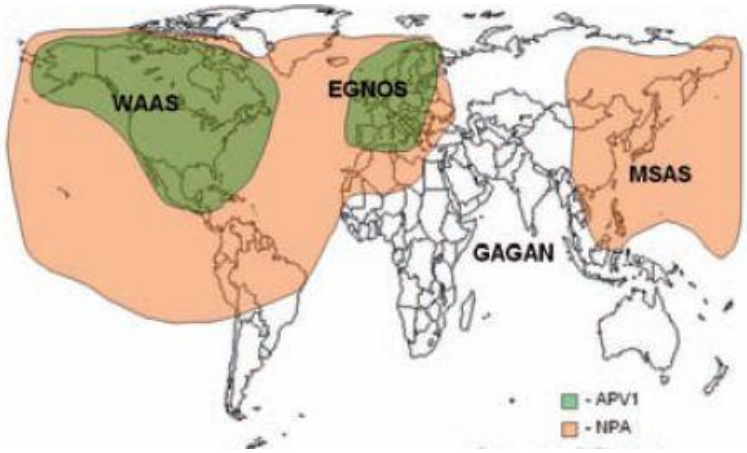
Tez çalışması sürecinde çeşitli konumlandırma uygulamalarına katılım sağlanmış ve bu uygulamalardan elde edilen deneyimlerden, geliştirilen konumlandırma sisteminde yararlanılmıştır. Sistem geliştirildikten sonra, açık denizlerde yapılacak gerçek bir konumlandırma uygulamasına katılmak amaçlanmış, ancak böyle bir çalışma gerçekleşmemiştir. Bu nedenle sistemin testleri, gerçekte yapılmış bir çalışmaya ait konumlandırma verileriyle gerçekleştirilmiştir. Buna göre dosyadan NMEA verileri başarılı bir şekilde MariNAV tarafından alınmış ve platformun sondaj ekseninin koordinatları anlık olarak hesaplanmış ve görsel arayüzde platform, altlık sayısal harita üzerinde hareket etmiştir.

Testler sonucunda konumlandırma sisteminin yetenekleri ile üzerinde çalışılması gereken noktalar ve ileride yapılacak çalışmalar için öneriler ortaya konmuştur.

Tez çalışması süresince yapılan araştırmalarda aşağıdaki bulgular tespit edilmiştir:

- Konumlandırma sisteminin olası kullanıcıları, özellikle Türkiye'nin çevresindeki denizlerde faaliyet gösteren ve denizlerde kuyu açmak amacıyla platformları kullanan yerli ve yabancı petrol şirketleridir. Bunun yanında, açık denizlerde konum belirleme amaçlı herhangi bir uygulamada, geliştirilen konumlandırma sistemi kullanılabilecektir.
- Karadeniz'de kıyıdan yaklaşık 13 km uzaklıktaki sabit deniz yapısında, çift frekanslı bir jeodezik GPS alıcısı ile TUSAGA-Aktif/CORS-TR ağından RTK düzeltmeleri ile hassas konum belirlenmesine çalışılmış; ancak Düzce kent merkezine (Düzce merkezdeki TUSAGA-Aktif istasyonu) yaklaşık 42 km, Zonguldak kent merkezine de yaklaşık 61 km mesafede olan bu açık deniz yapısı üzerinde kurulu alıcıyla TUSAGA-Aktif düzeltmeleri alınamamış ve konum belirleme yapılamamıştır. Buradan da anlaşılacağı gibi, ağın modeline göre açık denizde kısıtlı bir mesafeye kadar ancak hizmet verilmektedir.
- TUSAGA-Aktif/CORS-TR sisteminin tasarımı yapılırken, denizlerde hassas konum belirleme gereksinimleri yeterince dikkate alınmamıştır. Türkiye'nin çevresindeki denizlerde hidrokarbon arama çalışmalarının yakın gelecekte yoğunlaşarak artacağı ve çevremizdeki denizlerde uluslararası yeni boru hatlarının kurulması gibi çalışmaların ivmeleneceği dikkate alındığında, bu ihtiyaçları karşılayabilecek şekilde, hassas konum verisi sağlayan bir düzeltme kaynağı gereksiniminin karşılanması kaçınılmaz olacaktır. Bunun alternatiflerinden biri, Türkiye ve çevre denizleri de kapsayacak şekilde GNSS için uydu tabanlı ulusal bir takviye sisteminin (SBAS) kurulması ya da kıyı kesimlerinde yeterince hassas konum belirleme verisi sağlayacak ulusal bir 'Beacon' zincirinin oluşturulması olabilir.
- Kıyıdan fazla uzakta olmayan (<10 km), örneğin 'jack-up' platformların konumlandırılması gibi, açık deniz konumlandırma çalışmalarında TUSAGA-Aktif/CORS-TR ağından ya da kurulacak standart bir referans istasyonundan yararlanılabilecektir. Çünkü, 'jack-up' platformların çalışma alanı genelde görece sığ sulardır (derinlik < 100 – 120 m), yani kıyıya yakın alanlardır.

- Çalışma alanının kıyıdan uzaklığı ve su derinliği arttıkça, yersel düzeltme kaynaklarından veya CORS benzeri ağlardan düzeltmeler almak imkansız hale gelmektedir. Bu nedenle, açık denizlerde daha uzak mesafelerdeki konumlandırma çalışmalarında düzeltme hizmeti sağlayan ücretli uydu kaynaklı düzeltme hizmetlerinden (StarFIX, VERIPOS/Inmarsat gibi) yararlanılarak hassas konumların belirlenmesi gerektiği tespit edilmiştir.
- Kıyıdan açık denizdeki platform üzerindeki gezici alıcılara RTK düzeltmeleri, GSM şebekelerinin kapsama alanı içerisinde kalındığı sürece GSM/GPRS modemlerle; mesafe kısıtına bağlı olarak da radyo modemlerle iletilebilmektedir.
- Türkiye'nin kuzey ve batı bölgeleri ile deniz alanları anlamında Karadeniz'in batı kesimi ile Ege Denizi, ücretsiz olarak GNSS konum düzeltme verisi sağlayan EGNOS sisteminin kapsama alanına girmektedir (Şekil 7.1). Bu bölgelerde yapılacak çalışmalarda konumların iyileştirilmesi için bu sistemden yararlanılabilecektir.
- Açık denizlerdeki konumlandırma çalışmalarında veri iletim araçları olarak IRIDIUM, INMARSAT gibi sistemler kullanılabilir.



Şekil 7.1 : EGNOS kapsama alanı.

- Bir diğer çözüm seçeneği de, denizde çalışma yapılacak alana göre kıyıda uygun bir noktaya referans istasyonu olacak bir alıcının yerleştirilmesi ve bu noktadan RTK düzeltmelerinin uydu telefonu aracılığıyla açık denizdeki alıcılara iletilmesidir. Burada uydu telefonunun maliyeti 1500 Amerikan Doları, aboneliği de 70/80 Amerikan Doları/ay'dır.

- Açık denizdeki platformda internet bağlantısı bulunması durumunda, NTRIP'den yararlanılarak konumların iyileştirilmesi mümkündür.
- Açık denizde belirlenen bir noktaya yerleştirilen şamandıra veya benzeri sabitlenen bir aracın üzerine kurulacak kalıcı bir GNSS alıcısının konumunun hassas biçimde belirlenmesi ve bu sayede daha açıklardaki deniz araçlarında bulunan GNSS alıcılarına düzeltme yayınlanarak bu araçların konumlarının da hassas bir şekilde belirlenmesi; bu şekilde silsile biçiminde daha uzaklardaki araçların konumlarının da hassas biçimde belirlenmesi söz konusu olabilir.
- SBAS'nin kapsama alanına girmeyen ve GBAS sistemlerinin yetersiz olduğu bölgelerde, kullanıcılara GNSS düzeltme verilerinin iletimi için uzun dönemli çözüm olarak, orta yer yörüngesindeki (MEO) uydular düşünülebilir. Bir diğer çözüm de insansız hava araçları olabilir. İlgilenilen alanın üzerine konumlandırılacak bu araçlar, yeterli iletişim altyapısı sayesinde kullanıcılara düzeltme verilerini iletebilirler. Bu araçların avantajı, gereksinim duyulduğunda istenen yere hareket ettirilebilmeleridir. Uzun süreli balonlar ya da LF radyo dalgaları da kullanılabilecek alternatif araçlardandır. [144]
- Geliştirilen konumlandırma ve izleme sistemi, başka sistemlerle (örneğin platformun DP sistemi) gerçekleştirilen bir konumlandırma hizmetinin kontrolünde de kullanılabilecektir. Bu gibi durumlarda kontrol edilecek sistemden, konumlandırma sistemine verilerin aktarılması ve anlık kontrollerin yapılabilmesi önemlidir.
- Bazı uygulamalarda ikincil/üçüncül düzeltme kaynağı olarak, IALA 'Radiobeacon' Servisinin radyo bazlı bir navigasyon sistemi olan Denizcilik DGPS sisteminde yer alan istasyonlar kullanılmaktadır. 7 tanesi Türkiye'de bulunan bu istasyonların, 6 tanesi öneri durumundayken, 373 ID numaralı Turkeli Lt uluslararası kodlu olanı faal vaziyettedir. Bu sistem, RTCM düzeltmeleri yayınlamaktadır ve GPS'yle belirlenen konuma uygulandığında 1 – 3 m doğruluk sağlamaktadır.
- Konumlandırma sistemindeki DGNSS/RTK özellikli üçüncü GNSS alıcısı ve pitch ve roll değerlerini ölçebilen gyropusula, ileride yapılacak Platform

Hareketini Belirleme (Attitude Determination) çalışmalarında da kullanılabilecektir.

- Geliştirilen konumlandırma ve izleme sistemi Makine Otomasyonu (Machine Automation) gibi karada yapılacak uygulamalarda da kullanılabilecek bir sistemdir.

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen konumlandırma ve izleme sistemi, teknoloji ile birlikte sürekli geliştirmeye ve yeniliğe açık olduğundan, sistemin iyileştirilmesi için daha sonra yapılacak çalışmalarda aşağıdaki konular üzerinde çalışılmasının yararlı olacağı değerlendirilmiştir:

- Çalışma kapsamında elektronik donanımların entegrasyonu gerçekleştirilmiş, GNSS alıcılarının konum hesabı anlamında da entegrasyonu sağlanmıştır. Daha sonraki çalışmalarda, özellikle gyropusulanın da hesaplama anlamında entegrasyonunun sağlanması yararlı olacaktır. Gyropusula da hesaplama anlamında entegre olduğunda, GNSS alıcılarının ürettiği koordinatlar ve gyropusulanın ürettiği azimut ölçüleri birlikte dengelemeye girecektir.
- Bunun yanında, GNSS alıcılarının üreteceği konum verileri için yazılımda eşik değerler konularak, hatalı konum verisi üretilmesinin ve bunların konum hesabında kullanımının önüne geçilmesi sistem için önemli bir iyileştirme olacaktır. Eğer konum sensörlerinden herhangi biri çalışmazsa ya da yeterli doğruluğu vermezse, bu değerler dışadüşen olarak değerlendirilebilir ve ikincil sistemin birincil sistemin yerine geçmesi yerine, kalan diğer iki sensörden gelen veriler konum hesaplanmasında kullanılabilir.
- Navigasyon yazılımında DGPS verilerinin kalite kontrolü yapılabilir. Örneğin, eğer en az uydu sayısı ya da HDOP için belirlenen değer gibi bir veya daha fazla kalite kontrol parametresi sınırı aşarsa, on metreler düzeyinde hatanın oluşabileceği en kötü durumlar gerçekleşmeden önce DGPS sistemi yazılıma veri aktarmayı durdurabilir [97]. Yapılan bazı çalışmalar, FDE (Fault Detection and Exclusion) algoritmalarının navigasyon çözümünü engelleme eğiliminde olan hatalı GPS ölçmelerinin elimine edilmesine olanak sağladığını göstermektedir. Bu yöntemde belli bir doğruluk düzeyi ve eşik belirlenebilir ve ölçüler buna göre

karşılaştırılarak hatalı olanlar elimine edilebilir. [145] Bu gibi bileşenler, MariNAV yazılımının gelecekteki iyileştirme çalışmalarında mutlaka bulunmalıdır.

- Yersel radyo bazlı bir navigasyon sistemi de ilave bir konum belirleme sistemi olarak sisteme dâhil edilebilir ve entegrasyonu sağlanabilir.
- Çalışma kapsamında öncelikle konumlandırmaya konsantre olunmuş; bununla beraber bunu takip eden süreç izleme olduğundan, tezde her iki konu konsept olarak birlikte ele alınmıştır. Gelecekteki çalışmalarda konumlandırma bileşeninin iyileştirilmeye devam edilmesinin yanında, özellikle izleme konusuna odaklanılması yararlı olacaktır.
- Konumlandırma ve izleme sisteminde, Uzak Masaüstü uygulamasıyla uzaktan izleme yapılmasına yönelik çalışmalar yapılabilir.
- İlerde yapılacak çalışmalarda, güneşe yapılan yatay doğrultu ölçmeleri ile azimut belirleme ve gyropusula kalibrasyonu için MariNAV'da bir arayüz geliştirilebilir ve online kaynaklardan ya da kayıtlı kütüklerden güneşin almanak değerleri elde edilerek, hesaplamada kullanılması sağlanabilir. Bunun için artık neredeyse bütün platformlarda internet bağlantısı bulunmaktadır; bulunmasa bile IRIDIUM gibi mobil internet bağlantı araçlarıyla bağlantı sağlanabilir.
- MariNAV yazılımının UKOOA formatlarındaki verileri import/export edebilmesine yönelik çalışmaların yapılması, yazılımın uluslararası düzeyde rekabet edebilmesi için yararlı olacaktır.

Bu çalışma ile MariNAV v1.0 geliştirilmiştir. Şüphesiz ki MariNAV'ın zaman içinde geliştirilme süreci devam etmeli ve yazılımın kullanıcıya sağlayacağı olanaklar her yeni versiyonla arttırılmalıdır. MariNAV v1.0, petrol platformlarının konumlandırılması konusundaki temel gereksinimleri karşılamakla beraber, geliştirilmesi durumunda aranan ve tercih edilecek bir yazılım olarak piyasada yerini alabilecek özellikte bir yazılım niteliği taşımaktadır.

Ülkemizdeki üniversitelerde her yıl çok sayıda yüksek lisans ve doktora tez çalışması yapılmaktadır. Ancak maalesef, oldukça yararlı amaçlarla başlanan bu gibi çalışmaların birçoğu, çalışmada ulaşılan bulguları test etmek ve ulaşılan sonuçları uygulamaktan uzak biçimde, kütüphane tez kataloglarındaki yerlerini, bir daha açılıp

bakılmamak üzere almaktadırlar. Bu çalışmalardan mühendislik alanlarında yer alanlarının çoğunluğunun konusu, temel araştırma kapsamında olanlar hariç, birer ürüne/hizmete veya yönteme dönüşebilecek Ar-Ge çalışmaları niteliğindedir. Bu çalışmaların çıktılarının, ülkemizin ithal ettiği birçok ürün ve hizmetin ikamesi olacağı ve ülkemizin kalkınmasına katkı sağlayacağı kesindir.

Doktora tez çalışması ile geliştirilecek sistemin gerçek hayatta da uygulanabilecek bir ürüne dönüşmesi ve üretilecek bilimsel bilginin bu amaçla kullanımı için tez çalışması bir proje haline getirilmiş ve Sistem A.Ş. firmasının da desteğiyle, Ar-Ge çalışmalarında üniversite-sanayi işbirliğinin arttırılması için hibe destek sağlayan T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Sanayi Araştırma ve Geliştirme Genel Müdürlüğü'nün yürüttüğü, üniversite-sanayi (özel sektör) işbirliğinin kurumsallaştırılması, ülkemize katma değer yaratacak ve uluslararası pazarlardaki rekabet gücünün artırılmasına katkı sağlayacak yeni ürün ve/veya üretim yöntemi geliştirilmesi, mevcut üründe ve/veya üretim yönteminde yenilik yapılması amacıyla sanayinin ihtiyaçları doğrultusunda belirlenecek yüksek lisans ve/veya doktora tez çalışmalarının desteklenmesi amacıyla yürütülen bir hibe destek programı olan SANTEZ programına [4] proje başvurusunda bulunulmuştur. Bakanlığın yaptığı değerlendirmelerden sonra, proje konusunun bir sanayi ürününe dönüşecek nitelikte olduğu tespit edilmiş ve çalışma Bakanlıkça desteklenmeye değer bulunmuştur. Bu sayede, çalışma kapsamında gereksinim duyulan bileşenlerin temini sağlanmış, ülkemizde mevcut olmayan bir sistem geliştirilmiş ve açık denizlerde hidrokarbon arama çalışmaları gibi çalışmalarda ihtiyaç duyulan konumlandırma hizmetinin ulusal kaynaklarla, daha düşük maliyetlerle sağlanması mümkün hale getirilmiştir.

Geliştirilen konumlandırma ve izleme sistemi, açık denizlerde hidrokarbon aramada kullanılan platformların konumlandırılmasının ve izlenmesinin yanında, deniz sismik ölçmelerinde, denizlerdeki boru/kablo hatlarının döşenmesinde, deniz yapılarının yapılmasında, batıkların araştırılmasında ya da buna benzer herhangi bir çalışmada kullanılabilecektir. Ayrıca sistem, karalarda yapılacak konumlandırma çalışmalarına da uyarlanabilecek bir sistemdir. Bu nedenle daha farklı sektör ya da alanlarda farklı kullanıcılara sunulması söz konusudur.

KAYNAKLAR

[1] **TPAO**, 2011. 2010 Yılı Hampetrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu, Türkiye.

[2] **Atalay, R., ve Öztürk, M. T.,** 2010. Meksika Körfezinde Offshore Platform Yangını. *Enerjide Hedef Dergisi.* Sayı. 2, sayfa. 61-65.

[3] **Celik, R. N.,** 1996. Integration of DGPS and Conventional Systems In Offshore Surveying, *PhD Thesis*, University of Newcastle upon Tyne, Department of Surveying, Newcastle upon Tyne, Tyne and Wear, UK.

[4] **Url-1** <*http://sagm.sanayi.gov.tr/ServiceDetails.aspx?dataID=108*>, alındığı tarih 29.07.2011.

[5] **Url-2** <*http://www.pigm.gov.tr/petrol_potansiyelimiz.php*>, alındığı tarih 29.03.2011.

[6] **TPAO**, 2010. TPAO Yıllık Rapor 2009, Türkiye.

[7] **Url-3** < *http://www.pigm.gov.tr/ruhsat_haritasi.html*>, alındığı tarih 18.06. 2011.

[8] **TPAO**, 2008. TPAO Yıllık Rapor 2007, Türkiye.

[9] **Korkmaz M. O., ve Yılmaz, M.,** 2010. Jeofizik Sismik Yöntemlerle Prospektlerin Tespiti Sonrası Sondaj Öncesi Petrol Platformlarının Konumlandırılması, *Türkiye 19. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi,* Petrol ve Doğal gaz Oturumu, Ankara, Türkiye, 23-26 Kasım.

[10] **Url-4** <*http://www.tpao.gov.tr/v1.4/index.php?option=com_frontpage*>, alındığı tarih 28.03.2011.

[11] **Url-5** <*http://www.tpao.gov.tr/v1.4/*>, alındığı tarih 28.03.2011.

[12] **Url-6** <*http://www.pigm.gov.tr/img2/sismikbuyuk.jpg*>, alındığı tarih 03.08. 2011.

[13] **Url-7** <*http://tr.wikipedia.org/wiki/Navigasyon*>, alındığı tarih 28.07.2011.

[14] **IMO-MSC Circ 645**, 1994. Guidelines for vessels with dynamic positioning systems, *International Maritime Organisation, The Maritime Safety Committee (MSC), Ship Design and Equipment Sub-Committee,* London, UK.

[15] **Url-8** <*http://www.rigzone.com/data/rig_report.asp?rpt=type*>, alındığı tarih 24.08.2011.

[16] **Sabuncu T.,** 1983. Gemi Hareketleri, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, sayfa 110-111 ve 310, İstanbul.

[17] **Url-9** <*http://www.shipmotion.se/imu.html*>, alındığı tarih 06.08.2011.

[18] **Url-10** <*http://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/BD306BBB3E7DA73FC1256DAB00353083?OpenDocument*>, alındığı tarih 08.02.2011.

[19] **Url-11** <*http://www.abanoffshore.com/Rigfleetdetails.aspx?id=26*>, alındığı tarih 23.08.2011.

[20] **Url-12** <*http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=339&c_id=24* >, alındığı tarih 29.07.2011.

[21] **Bennett&Associates LLC (USA) and Offshore Technology Development INC (Singapore),** 2005. Jack up Units-A Technical Primer for the Offshore Industry Professional. Alındığı tarih 06.08.2011, alındığı Url: http://www.bbengr.com/jack_up_primer.pdf

[22] **Url-13** <*http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=338&c_id=24*>, alındığı tarih 22.07.2011.

[23] **Url-14** <*http://portalmaritimo.com/2010/10/01/plataformas-semi-submersive is -%E2%80%93%C2%A0semisubs/*>, alındığı tarih 22.07.2011.

[24] **Url-15** <*http://www.regjeringen.no/en/dep/jd/Documents-and-publications/nouer/2008/nou-2008-8-2/8/6.html?id=507442*>, alındığı tarih 01.08.2011.

[25] **Url-16** <*http://www.rigzone.com/training/insight.asp?i_id=306*>, alındığı tarih 01.06.2011.

[26] **Url-17** <*http://www.marinetraffic.com/ais/tr/showallphotos.aspx?imo=9471862#top_photo*>, alındığı tarih 01.08.2011.

[27] **Url-18** <*http://www.rigzone.com/data/rig_reports.asp*>, alındığı tarih 09.12.2010.

[28] **Url-19** <*http://www.upstreamonline.com/live/article232892.ece*>, alındığı tarih 26.01.2011.

[29] **Url-20** <*http://www.deepwater.com/fw/main/IDeepwater-Horizon-i-Drills-Worlds-Deepest-Oil-and-Gas-Well-419C151.html*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[30] **Url-21** <*http://www.towingline.com/archives/651*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[31] **Retscher, G.,** 2009. Multi-sensor Fusion Using a Kalman Filter and Knowledge-based Systems, *ION GNSS 2009, Algorithms for Multi-sensor Fusion-1 Session*, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[32] **Chen, R., Chen, Y., Pei, L., Chen, W., Liu, J., Kuusniemi, H., Leppakoski, H., and Takala, J.,** 2009. A DSP-based Multi-sensor Multi-network Positioning Platform, *ION GNSS 2009, Multi-sensor Navigation Session*, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[33] **Kurt, M.,** 2003. Hareketli Platform İzlemede Güncel Yaklaşımlar, *Doktora Tezi*, YTÜ, İstanbul, Türkiye.

[34] **Url-22** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Decca_Navigator_System*>, alındığı tarih 25.08.2011.

[35] **Url-23** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Omega_(navigation_system)*>, alındığı tarih 25.08.2011.

[36] **Url-24** <*http://en.wikipedia.org/wiki/LORAN#eLORAN*>, alındığı tarih 25.08.2011.

[37] **Mattos, P. G.,** 2009. GNSS and eLORAN Tightly Coupled, *ION GNSS 2009, Alternatives and Backups to GNSS Session*, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[38] **Jiao, M. H., Hui, H. Y., De-cai, Z., Feng, W. J., and Ming, H. Z.,** 2009. Design and Analysis of Nanosecond Time Synchronization System of Each Station of Each Chain of Chinese LORAN-C, *ION GNSS 2009, Timing & Scientific Applications Session*, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[39] **Bass, V., Efremov, P., Zarubin, S., Tsarev, V., and Choglokov, A.,** 2008. Present Status and Future Developments of the Russian Radionavigation System Chayka and Joint Chayka/Loran-C Radionavigation Chains. *NAV08/ILA37 Conference&Exhibition*, London, UK, 28-30 October. Alındığı tarih 02.08.2011, alındığı Url: http://www.loran.org/Meetings/Meeting2008/Papers/Tsarev_Reserve.pdf

[40] **Url-25** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Syledis*>, alındığı tarih 25.08.2011.

[41] **Url-26** <*http://en.wikipedia.org/wiki/VHF_omnidirectional_range*>, alındığı tarih 25.08.2011.

[42] **Url-27** <*http://en.wikipedia.org/wiki/SHORAN*>, alındığı tarih 25.08.2011.

[43] **Url-28** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Error_analysis_for_the_Global_Positioning_System*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[44] **Mateu, I., Boulanger, C., Issler, J. L., Ries, L., Rodriguez, J. A. A., Wallner, S., Kraus, T., Eissfeller, B., Mulassano, P., Caporale, M., Germaine, S., Guyomard, J. Y., Bastide, F., Godet, J., Hayes, D., Serant, D., Thevenon, P., Julien, O., and Hein, G. W.,** 2009. Exploration of Possible GNSS Signals in S-band, *ION GNSS 2009, Enhanced and Developing Systems Session*, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[45] **Url-29** <*http://tycho.usno.navy.mil/gpscurr.html*>, alındığı tarih 05.01.2011.

[46] **Url-30** <*http://www.gps.gov/systems/gps/*>, alındığı tarih 05.01.2011.

[47] **Bonhoure, B., Boulanger, C., and Legenne, J.,** 2009. GPS – GIOVE Mixed PVT Experimentation, *ION GNSS 2009, Galileo Signal Structure GPS-Galileo Interoperability and PPP and Network-Based RTK-2 Sessions*, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[48] **Url-31** <*http://en.wikipedia.org/wiki/GPS*>, alındığı tarih 17.01.2011.

[49] **Url-32** <*http://www.colorado.edu/geography/gcraft/notes/gps/gps_f.html*>, alındığı tarih 17.01.2011.

[50] **Lienhart, W.,** 2009. Leica GPS1200+, The Only Future Proof GNSS, Leica Geosystems AG Technical Literature-White Paper, Heerbrugg, Switzerland.

[51] **Aktuğ, B.**, 2002. Kinematik Objelerin GPS İle İzlenmesi: Sayısal Harita Destekli Bir Navigasyon Sistemi, *Yüksek Lisans Tezi,* İTÜ, İstanbul, Türkiye.

[52] **Arribas, J., Bernal, D., Prades, C. F., Closas, P., and Fernandez-Rubio, J. A.,** 2009. A Novel Real-Time Platform for Digital Beamforming with GNSS Software Defined Receivers, *ION GNSS 2009, Multipath Effects & Mitigation Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[53] **Elsobeiey, M., and El-Rabbany, A.,** 2009. Effect of Second-Order Ionospheric Delay on GPS Orbit and Precise Point Positioning, *ION GNSS 2009, PPP and Network-Based RTK-1 Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[54] **Tang, H. W., Blanch, J. T., Enge, P., and Chan, F. C.,** 2009. Flight Test Data Validation of Dual-Frequency GPS Measurement Error Characteristics, *ION GNSS 2009, Aviation Applications Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[55] **Nelson, R.A.,** 1999. The Global Positioning System: A National Resource, Via Satellite Magazine, vol. **November**.

[56] **Dixon, C. S., and Morrison R, G.,** 2008. A Pseudolite-Based Maritime Navigation System: Concept through to Demonstration. *Journal of Global Positioning Systems.* Vol. **7**, no. 1, pp. 9-17.

[57] **Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., and Collins, J.,** 2001. Global Positioning System: Theory and Practice. New York: Springer-Verlag Wien.

[58] **Kaplan, E.D.,** 1996. Understanding GPS Principles and Applications. Artech House Inc., Northwood, MA, USA.

[59] **Url-33** <*http://www.glonass-ianc.rsa.ru/en/CUSGLONASS/*>, alındığı tarih 29.02.2012.

[60] **Zinoviev, A. E., Veitsel, A. V., and Dolgin, D. A.,** 2009. Renovated GLONASS: Improved Performances of GNSS Receivers, *ION GNSS 2009, GLONASS Modernization, QZSS, & Other GNSS Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[61] **Url-34** <*http://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS*>, alındığı tarih 17.01.2011.

[62] **Tobias, G., Hidalgo, I., Mozo, A., Rodriguez, D., Binda, S., Gonzalez, F., Mudrak, A., Tavella, P., Sesia, I., and Cerretto, G.,** 2009. Building Galileo Navigation System: Two years of GIOVE-M Experimentation, *ION GNSS 2009, Galileo System Design & Services Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[63] **Url-35** <*http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/index_en.htm*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[64] **Url-36** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_(satellite_navigation)*>, alındığı tarih 17.06.2011.

[65] **Url-37** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Beidou_navigation_system*>, alındığı tarih 02.07.2011.

[66] **Url-38** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Compass_navigation_system*>, alındığı tarih 02.07.2011.

[67] **Url-39** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Gnss#GPS*>, alındığı tarih 15.01.2011.

[68] **Öcalan, T., ve Soycan, M.,** 2011. Ulusal ve Yerel GNSS/CORS Ağları ve Türkiye'deki Yasal Durum, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Bülteni*, Mart 2011 sayısı, sayfa 6-10.

[69] **Wang, S., Zhang, J., Li, R., and Xu, Q.,** 2009. An Improved Method on Ionospheric Delay Calculation in Multi-Constellation Navigation Systems, *ION GNSS 2009, GNSS SBAS Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[70] **Delgado, N. B., and Nunes, F. D.,** 2009. A Convex Geometry Approach to Dynamic GNSS Satellite Selection for a Multi-Constellation System, *ION GNSS 2009, Next Generation GNSS Integrity Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[71] **Li, X., Zhang, X., and Guo, F.,** 2009. Study on Precise Point Positioning Based on Combined GPS and GLONASS, *ION GNSS 2009, PPP and Network-Based RTK-1 Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[72] **Thölert, S., Erker, S., Furthner, J., and Meurer, M.,** 2009. Determination and Analysis of Interference Affecting Signal in Space Measurement, *ION GNSS 2009, Galileo Signal Structure GPS-Galileo Interoperability Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[73] **Lainez, M. D., and Romay, M. M.,** 2009. OD&TS Process Evolution Based on Interoperability Between Different Navigation Satellite Systems, *ION GNSS 2009, Enhanced and Developing Systems Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[74] **Ohshima, Y., Kawaguchi, Y., Takahashi, T., Soga, H., Moriguchi, T., Noda, H., Kogure, S., and Kishimoto, M.,** 2009. Navigation Payload Test of Proto-Flight Model (PFM) for the High-Accuracy Positioning Experimental System (HIAPEX) for the Quasi-Zenith Satellite System (QZSS), *ION GNSS 2009, GLONASS Modernization, QZSS, & Other GNSS Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[75] **Hama, S., Takahashi, Y., Amagai, J., Fujieda, M., and Nakamura, M.,** 2009. Development of the Time Management System, *ION GNSS 2009, Timing & Scientific Applications Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[76] **Url-40** <*http://qzss.jaxa.jp/is-qzss/index_e.html*>, alındığı tarih 01.12.2010.

[77] **Zhang, Y., Lee, S., and Chen, C.,** 2009. Achieving Sub 20 cm Autonomous Positioning Accuracy Using Nexteq PAD Dual-frequency Receivers, *ION GNSS 2009, New Product Announcements Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[78] **Url-41** <*http://en.wikipedia.org/wiki/GNSS_augmentation*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[79] **Walter, T., Blanch, J., and Enge, P.,** 2010. Future Augmented-Improvement for Dual-Frequency SBAS. *GPS World.* Vol. **21**, no. 3, pp. 28-35.

[80] **Enge, P.,** 2009. GNSS Evolutionary Architecture Study, *ION GNSS 2009, Program Updates-High Integrity Systems Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[81] **Url-42** <*http://www.omnistar.nl/products-services/*>, alındığı tarih 02.08. 2011.

[82] **Booth, J. S., and Snow, R. N.,** 2009. An Evaluation of OmniSTAR XP and PPP as a Replacement for DGPS in Airborne Applications, *ION GNSS 2009, GNSS GBAS Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[83] **Urquhart, L.,** 2009. Atmospheric Pressure Loading and its Effects on Precise Point Positioning, *ION GNSS 2009, Surveying & Geodesy Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[84] **Url-43** <*http://www.skyfix.com/artikkel.aspx?AId=49&back=1&MId1=4*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[85] **Url-44** <*http://www.veripos.com/services.html*>, alındığı tarih 09.07.2011.

[86] **Wang, J. J., Kodagoda, S., and Dissanayake, G.,** 2009. Vision Aided GPS/INS System for Robust Land Vehicle Navigation, *ION GNSS 2009, Multi-sensor Navigation Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[87] **Bancroft, J. B.,** 2009. Multiple IMU Integration for Vehicular Navigation, *ION GNSS 2009, Land Based Applications-1 Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[88] **Xu, Z., Li, Y., Rizos, C., and Xu, X.,** 2009. A Novel Time Synchronization on PC104 Platform for Implementation of a MEMSIMU/GPS Integrated System, *ION GNSS 2009, Multi-sensor Navigation Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[89] **Url-45** <*http://work1.dosits.org/people/navigatn/1.htm*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[90] **Url-46** <*http://www.divediscover.whoi.edu/tools/navigation-sound.html*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[91] **Url-47** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra-short_baseline*>, alındığı tarih 12.04.2011.

[92] **Vickery, K.,** 1998. Acoustic Positioning Systems: A Practical Overview of Current Systems, *Dynamic Positioning Conference*, Houston, Texas, USA, October, 13-14.

[93] **Url-48** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Long_base_line_sonar*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[94] **Url-49** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Remotely_operated_underwater_vehicle*>, alındığı tarih 29.07.2011.

[95] **Url-50** <*http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=343&c_id=17* >, alındığı tarih 29.07.2011.

[96] **Url-51** <*http://www.rigzone.com/training/insight.asp?insight_id=342&c_id=20*>, alındığı tarih 10.01.2011.

[97] **Chen, H., Moan, T., and Verhoeven H.,** 2007. Safety of Dynamic Positioning Operations on Mobile Offshore Drilling Units. *Reliability Engineering&System Safety 93 (2008)*, pp. 1072–1090.

[98] **Chen, H., and Moan T.,** 2005. DP incidents on mobile offshore drilling units on the Norwegian Continental Shelf. *Advances in Safety and Reliability*, vol. **1**. pp. 337–44.

[99] **OLF-No:72,** 2002. Guidelines for Acceptance Criteria for Offshore Service Vessels. *The Norwegian Oil Industry Association (OLF)*, Stavanger, Norway.

[100] **Abrahamsen, B.,** 2002. DP Requirements for Drilling and Intervention Units, Statoil Governing Document TR1029, v1. *Dynamic Positioning Committee, Dynamic Positioning Conference*, Houston, Texas, USA, September 17-18.

[101] **DGPS Guidelines, Issue No:1,** 1994. Guidelines for the Use of DGPS in Offshore Surveying, *UKOOA Surveying and Positioning Committee*, London, UK.

[102] **Melgard, T., Vigen, E., Orpen, O., and Ulstein, J.H.,** 2010. Pulling in All Signals, PPP with GPS and GLONASS: The New G2. *GPS World.* Vol. **21**, no. 3, pp. 28-35.

[103] **Url-52** <*http://www.gnsspro.com/referencestations.php*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[104] **Baroni, L., Kuga, H. K., and O'Keefe, K.,** 2009. Analysis of Three Ambiguity Resolution Methods for Real Time Static and Kinematic Positioning of a GPS Receiver, *ION GNSS 2009, Modeling and Algorithms Session*, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[105] **Kahveci, M.,** 2010. TPAO Jeodezi Kursu Eğitim Dökümanı.

[106] **Andrei, C. O., Chen, R., Kuusniemi, H., Pajares, M. H., Juan, J. M., and Salazar, D.,** 2009. Ionosphere Effect Mitigation for Single-Frequency Precise Point Positioning, *ION GNSS 2009, PPP and Network-Based RTK-1 Session*, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[107] **Marucco, G., Dominici, F., Falco, G., and Dovis, F.,** 2009. A Study of DGPS Performance in Case of Limited Bandwidth Availability, *ION GNSS 2009, GNSS GBAS Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[108] **Yamada, H., Takasu, T., Kubo, N., and Yasuda, A.,** 2009. Effect of GLONASS Orbit Error on Long Baseline GPS/GLONASS RTK, *ION GNSS 2009, GLONASS Modernization, QZSS, & Other GNSS Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[109] **Heo, Y., Li, B., Lim, S., and Rizos, C.,** 2009. Development of a Network Real-Time Kinematic Processing Platform, *ION GNSS 2009, PPP and Network-Based RTK-2 Session*, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[110] **Zhang, S., Lim, S., Rizos, C., and Guo, J.,** 2009. Atmosphere Decomposition for VRS-Based Network-RTK System, *ION GNSS 2009, PPP and Network-Based RTK-2 Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[111] **Zhang, B.,** 2009. Determination of Un-Differenced Atmospheric Delays for Network-Based RTK, *ION GNSS 2009, PPP and Network-Based RTK-2 Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[112] **Url-53** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Gyroscope*>, alındığı tarih 02.08.2011.

[113] **Url-54** <*http://en.wikipedia.org/wiki/Gyrocompass*>, alındığı tarih 02.08. 2011.

[114] **Korkmaz, M. O., Güney, C., Avcı, Ö., Pakdil, M. E., ve Çelik, R. N.,** 2010. Web-Based Integrated Precise Positioning System Design and Testing for Moving Platforms in Offshore Surveying. *XXIV FIG Congress, Facing the Challenges–Building the Capacity, TS 3I Positioning Techniques for Hydrography*, Sydney, Australia, April 11-16.

[115] **Özaslan, Ö.,** 2011. Web Tabanlı Jeodezik Amaçlı Mekansal Veri Tabanı Tasarımı ve Uygulamaları, *Doktora Tezi*, İTÜ, İstanbul, Türkiye.

[116] **Colombo, O. L.,** 2009. Shortening the Convergence Time of Wide-Area Real-Time Kinematic Solutions, *ION GNSS 2009, PPP and Network-Based RTK-1 Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[117] **Url-55** <*http://www.rtcm.org/overview.php#Committees*>, alındığı tarih 03.08.2011.

[118] **Url-56** <*https://ssl29.pair.com/dmarkle/puborder.php?show=3*>, alındığı tarih 03.08.2011.

[119] **Url-57** <*www.navcen.uscg.gov/pubs/dgps/rctm104/Default.htm*>, alındığı tarih 23.11.2010.

[120] **Url-58** <*http://www.rtcm.org/*>, alındığı tarih 23.11.2010.

[121] **Bagge, A.,** 2001. DGPS Data Formats 2.0, Garbsen, Germany. Alındığı tarih 03.08.2011, alındığı Url: www.geopp.de/download/DGPS-data-formats2.pdf

[122] **Url-59** <*http://www.network-rtk.info/euler/euler.html*>, alındığı tarih 29.12.2010.

[123] **Boriskin, A., and Zyryanov, G.,** 2009. Advanced GNSS RTK and GNSS Heading in Single OEM Board: Algorithms and Performance, *ION GNSS 2009, Marine Applications Session,* Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

[124] **Talbot, N., C.,** Compact Data Transmission Standard for High-Precision GPS, Trimble Navigation.

[125] **Artushkin, I., Boriskin, A., and Kozlov, D.,** 2008. ATOM: Super Compact and Flexible Format to Store and Transmit GNSS data, *Proceedings of ION-GPS 2008*, Savannah, Georgia, USA.

[126] **Url-60** <*http://www.nmea.org/content/nmea_standards/nmea_083_v_400.asp*>, alındığı tarih 30.12.2010.

[127] **Url-61** <*http://aprs.gids.nl/nmea/*>, alındığı tarih 03.08.2011.

[128] **Url-62** <*http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm*>, alındığı tarih 03.08.2011.

[129] **Url-63** <*http://www.boondog.com/tutorials/gps/gps.html*>, alındığı tarih 11.12.2010.

[130] **Url-64** <*http://home.mira.net/~gnb/gps/nmea.html#gpgsv*>, alındığı tarih 31.12.2010.

[131] **Maretron SSC200,** Solid State Rate/Gyro Compass User's Manuel Rev. 1.7

[132] **IMO-RES.MSC.74(69)**, 1998. Recommendation On Performance Standards For Shipborne Combined GPS/GLONASS Receiver Equipment, *International Maritime Organisation*, *The Maritime Safety Committee (MSC)*, London, UK.

[133] **IMCA M 141,** 1997. Guidelines on the Use of DGPS as a Position Reference in DP Control Systems, *International Maritime Contractors Association*, London, UK.

[134] **Leica GPS1200+ v7.0 ve Leica GRX1200 Series**, User Manual v7.0 cihaz kullanım kılavuzları.

[135] **Çelik, R. N., Utkan, U., Halıcıoğlu, K., and Avcı, Ö.,** 2006. Personal Navigation with the Combination of GPS, Mobile Phones and Printed Tourist Maps, *FIG XXIII Congress and XXIX General Assembly-Shaping the Change*, Munich, Germany, October 8-13.

[136] **HGK,** 2011. Genel Haritacılık Bilgileri, alındığı tarih 10.08.2011, alındığı Url: http://www.hgk.msb.gov.tr/hgk/genel/genelharitacilik.pdf

[137] **Ayan, T.,** 1999. Dengeleme Hesabı II Ders Notları, İTÜ, İstanbul.

[138] **Kutoğlu, Ş. H.,** 2001. GPS Ağlarının Ülke Nirengi Ağlarına Entegrasyonu, *Doktora Tezi*, İTÜ, İstanbul, Türkiye.

[139] **Url-65** <*http://aa.usno.navy.mil/data/docs/AltAz.php*>, alındığı tarih 24.09.2011.

[140] **Url-66** <*http://www.jgiesen.de/azimuth/*>, alındığı tarih 07.10.2011.

[141] **Url-67** <*http://www.netcad.com.tr/*>, alındığı tarih 13.04.2011.

[142] **Url-68** <*http://www.componentfactory.com/*>, alındığı tarih 17.04.2011.

[143] **Url-69** <*http://info.ogp.org.uk/geodesy/CurrentDB.html#availability*>, alındığı tarih 30.06.2011.

[144] **Jensen, A. B. O., and Sicard, J. P.,** 2010. Challenges for Positioning and Navigation in the Arctic. *Coordinates.* Vol **VI**. no: 10. pp. 10-13.

[145] **Clark, B. J., and Bevly, D. M.,** 2009. FDE Implementations for a Low-Cost GPS/INS Module, *ION GNSS 2009, GNSS-Inertial Navigation Systems-2 Session*, Savannah, Georgia, USA, September 22-25.

EKLER

EK A : Türkiye'deki arama ve üretim sahalarını gösterir harita.
EK B : Türkiye'de sismik hatları ve kuyu yerlerini gösterir harita.
EK C : Jack-up sistem tasarımı.
EK D : Semisub sistem tasarımı.
EK E : MariNAV genel akış şeması.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad **:** Mahmut Olcay Korkmaz

Doğum Yeri ve Tarihi **:** Boğazlıyan/Yozgat - 08.11.1975

Adres **:** TPAO Genel Müdürlüğü Söğütözü Çankaya/Ankara

e-posta **:** korkmazma_olcay@hotmail.com

Yüksek Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İşletme Mühendisliği

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği

İş Deneyimi:

-**2008 – Halen,** Harita Mühendisi, TPAO (Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı) Gn. Md., Arama Dai. Bşk. Yorum Sistemleri Müdürlüğü

-**2006 – 2008,** Proje Sorumlusu, TÜBİTAK, Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB), Avrupa Birliği 6. Çerçeve Programı CORNET projesi

-**2005 – 2006,** Yedeksubay, HGK (Harita Genel Komutanlığı), Kartografya Dairesi

-**2004 – 2005,** Harita Mühendisi, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, EÜAŞ (Elektrik Üretim AŞ) Gn. Md., İnşaat Emlak Kamulaştırma Harita Etüt Dairesi

-**2004,** Harita Mühendisi, Infotech Mobil ve Lokasyon Bazlı Teknolojiler AŞ

-**2000,** Harita Mühendisi, Uncuoğlu Harita

Yer Aldığı Projeler:

-*CORNET (COllective Research NETwork) projesi 2006-2008* TÜBİTAK Teknoloji ve Yenilik Destek Programları Başkanlığı (TEYDEB) Avrupa Birliği 6 Çerçeve Programı Projesi (Avrupa Komisyonu destekli)

-*Araç Navigasyon Sistemi Projesi, 2004,* Infotech Mobil ve Lokasyon Bazlı Teknolojiler AŞ (Teleatlas Firması/Belçika ile ortak proje)

-*Mekansal Risk Yönetimi Projesi, 2004,* Infotech Mobil ve Lokasyon Bazlı Teknolojiler AŞ (TÜBİTAK ve TTGV destekli)

-*Tektonik Deformasyonların Jeodezik Ölçme Teknikleri ile İzlenmesi, 2004,* Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı (Boğaziçi Üniversitesi Araştırma Fonu Desteğiyle)

-*Kuzey Anadolu Fayı'nın Doğu Kesiminin Kabuk Deformasyonlarının ve Blok Kinematiğinin GPS Ölçümleri ile Araştırılması, Depremselliği ve Deprem Potansiyelinin Değerlendirilmesi, 2003-2004,* Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı (TÜBİTAK projesi)

-*İzmit-Düzce depremleri sonrası Marmara Bölgesi'nde GPS ile post sismik deformasyon çalışmaları, 2001-2003,* Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı (MIT, HGK, İTÜ, TÜBİTAK ve BÜ ortak projesi)

Tez çalışmalarıyla ilgili olarak tez sürecinde yer alınan eğitimler ve faaliyetler :

-*Denizde Kişisel Canlı Kalma Teknikleri Eğitimi, 2009.* KTÜ Deniz Bilimleri Fakültesi Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, Sürmene, Trabzon.

-*Basic Offshore Safety Induction & Emergency Training (BOSIET), Helicopter Underwater Escape Training (HUET) ve Hydrogen Sulphide Awareness & Escape (H2S) Eğitimleri, 2010,* OTI (Occupational Training International), Bakü, Azerbaycan.

-2 adet sığ deniz kuyusu için jack-up türü platformların konumlandırma çalışmaları

-2 adet derin deniz kuyusu için semi-submersible türü platformların konumlandırma çalışmaları

Yayın Listesi:

▪ Güney, C., Çelik, R. N., and **Korkmaz, M. O.,** 2011. Positioning of the Offshore Platform. *30th International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering (OMAE 2011), SYMP1-Offshore Technology. Session: Mooring, Anchoring and Station Keeping.*19-24 Haziran 2011, Rotterdam, The Netherlands.

▪ **Korkmaz M. O.,** ve Yılmaz, M., 2010. Jeofizik Sismik Yöntemlerle Prospektlerin Tespiti Sonrası Sondaj Öncesi Petrol Platformlarının Konumlandırılması. *TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası – Türkiye 19. Uluslararası Jeofizik Kongre ve Sergisi, Petrol ve Doğal gaz Oturumu* 23 - 26 Kasım 2010 Ankara, Türkiye.

▪ **Korkmaz, M. O**., Güney, C., Avcı, Ö., Pakdil, M. E., ve Çelik, R. N., 2010. Web-Based Integrated Precise Positioning System Design and Testing for Moving Platforms in Offshore Surveying. *FIG Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity, TS 3I - Positioning Techniques for Hydrography* 11-16 April 2010 Sydney, Australia.

▪ **Korkmaz, M. O.,** Sümen, H. H. ve Çelik, R. N., 2005. Arz Zinciri Yönetiminde CBS Kullanımı. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası - 10. Türkiye*

Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 28 Mart - 1 Nisan 2005 Ankara, Türkiye.

- Özener, H., Garagon Doğru, A., **Korkmaz, M.O.,** and Turgut, B., 2004. Investigation of the Past and Present Crustal Deformations Inferred from Different Types of Geodetic Data on the Western Part of North Anatolian Fault Zone. *AGU 2004 Western Pacific Geophysics Meeting.* 16–20 August 2004, Honolulu, Hawaii, USA.

- Özener, H., Gürkan, O., Yılmaz, O., Garagon Doğru, A., Turgut, B., **Korkmaz, M.O.,** Avcı, Ö., Halıcıoğlu, K., Doğan, M., Süslü, O., ve Altın, A., 2004. Tektonik Deformasyonların Jeodezik Ölçme Teknikleri İle İzlenmesi. BÜ-BAP Tarafından Desteklenen 04T301 Kodlu Proje Sonuç Raporu, İstanbul, Türkiye.