

**ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MÜHENDİSLİK YAPILARINDA MEYDANA GELEN DEFORMASYONLARIN
HİDROGRAFİK VE HAVA FOTOGRAMETRİSİ YÖNTEMLERİ İLE
MODELLENMESİ; EREN ENERJİ LİMANI ÖRNEĞİ**

GEMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞEVKİ ÜNAL

HAZİRAN 2019

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MÜHENDİSLİK YAPILARINDA MEYDANA GELEN DEFORMASYONLARIN
HİDROGRAFİK VE HAVA FOTOGRAMETRİSİ YÖNTEMLERİ İLE
MODELLENMESİ; EREN ENERJİ LİMANI ÖRNEĞİ

GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şevki ÜNAL

DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Kurtuluş Sedar GÖRMÜŞ

ZONGULDAK
Haziran 2019

KABUL:

Şevki ÜNAL tarafından hazırlanan “Mühendislik Yapılarında Meydana Gelen Deformasyonların Hidrografik ve Hava Fotogrametrisi Yöntemleri ile Modellenmesi; Eren Enerji Limanı Örneği” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 28/06/2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kurtuluş Sedar GÖRMÜŞ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü



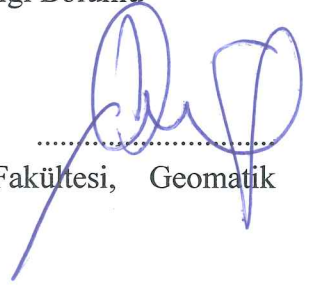
Üye : Doç. Dr. Füsun BALIK ŞANLI

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Eray KÖKSAL

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.../.../2019



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”



Şevki ÜNAL

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

MÜHENDİSLİK YAPILARINDA MEYDANA GELEN DEFORMASYONLARIN HİDROGRAFIK VE HAVA FOTOGRAMETRİSİ YÖNTEMLERİ İLE MODELLENMESİ; EREN ENERJİ LİMANI ÖRNEĞİ

Şevki ÜNAL

**Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kurtuluş Sedar GÖRMÜŞ

Haziran 2019, 143 sayfa

Mühendislik yapıları çevresel koşullara tasarım sınırları içerisinde uzun yıllar dayanmak zorundadır. Çevresel faktörlerden kaynaklı yapı üzerinde oluşan konumsal değişimlere deformasyon denir. Deformasyon miktarı zamana dayalı öngörülen sınırlar içerisinde olabilir ve deformasyon ölçüm yöntemleri ile belirlenir.

Tasarım aşamasında kullanılan çevresel fiziksel parametreler tasarım değerlerinin üzerine çıktığında yapıda fiziksel hasara neden olur. Bu hasar yapının tamamen yâda kısmen yıkılmasına, işlev görmemesine, can kaybına ve çevredeki yapıların da zarar görmesine neden olabilir.

ÖZET (devam ediyor)

Bu çalışmada gözlem altına alınan olay, 18 Ocak 2018 tarihinde Batı Karadeniz sahil bandında Eren Enerji ticari limanında şiddetli fırtınalar sonucu mendirek ve su alma yapılarında meydana gelen maddi hasar oluşmuştur.

Söz konusu hasarın belirlenmesi, onarılması ve maliyet analizlerinin yapılması için hasarlı bölgelerde 3D modelleme çalışmaları yapılmıştır. Yapının su altında kalan bölgeleri için akustik iskandil, su üstünde kalan ve ulaşılamayan bölgeler için insansız hava aracı ile hava fotogrametrisi yöntemleri tercih edilmiştir.

Çalışmanın amacı hava ve deniz platformları kullanarak farklı fiziksel ortamlarda bulunan yapıya ait su altı ve su üstünü tanımlayan nokta bulutu veri kümesi üreterek bütünleşik bir arazi modeli oluşturmaktır.

Farklı sistemler ile üretilen veriler proje verileri ile karşılaştırılarak oluşan hasar tespit edilmiştir, proje tasarım değerleri üzerine çıkan dalga boyu parametresinin neden olduğu hasar incelenmiştir, maliyet analizi yapılmıştır ve onarım projesi hazırlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Hidrografik ölçmeler, ses hızı, çok ışınlı akustik sistem, ortofoto, sayısal arazi modeli, nokta bulutu, patch testi, insansız hava aracı, trueortofoto,

Bilim Kodu: 616.01.00

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

MODELING OF THE DEFORMATIONS IN ENGINEERING STRUCTURES WITH HYDROGRAPHY AND AIR PHOTOGRAMMETRY METHODS; EREN ENERGY HARBOR SAMPLE

Şevki ÜNAL

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatik Engineering**

Thesis Advisor: Assist Prof. Dr. Kurtuluş Sedar GÖRMÜŞ

June 2019, 143 pages

Engineering structures have to last for many years within the design boundaries of environmental conditions. The spatial changes in the structure caused by environmental factors are called deformation. The amount of deformation can be within the prescribed limits based on time and is determined by deformation measurement methods.

When the environmental physical parameters used in the design phase exceed the design values, they cause physical damage to the structure. This damage may result in the complete or partial destruction of the structure, non-functioning, loss of life and damage to surrounding structures.

In this study, an observation was made on 18 January 2018 in the Western Black Sea coastal band at Eren Energy commercial port, which caused material damage in the breakwater and water intake structures as a result of severe storms.

ABSTRACT (continued)

In order to determine the damage, repair and cost analysis, 3D modeling studies were carried out in the damaged areas. Air photogrammetry methods have been preferred by the unmanned aerial vehicle for acoustic soundings for the underwater areas of the building and over the water.

The aim of the study is to create an integrated land model by producing a point cloud data set that defines the underwater and water surface of the structure in different physical environments by using air and sea platforms.

The data produced by different systems were compared with the project data and the damage caused by the wavelength parameter on the project design values was examined, the cost analysis was performed and the repair project was prepared.

Key Words: Hydrographic measurements, sound velocity, multi-beam acoustic system, orthophoto, digital terrain model, point cloud, patch test, unmanned aerial vehicle, trueortofoto,

Sicence Code: 616.01.00

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında bilgi ve birikimleri ile bana yol gösteren, yardımları ve desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen hocam Dr. Öğr. Üyesi Kurtuluş Sedar GÖRMÜŞ'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında bilgi birikimlerini benden esirgemeyen meslektaşlarım; Yılmaz BAŞKA, Uğur ÇOLAK, Sven ROGGEMAN, Imran EYRE ve Hasan GEZGİN'e teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xxi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 ÇALIŞMANIN AMACI.....	1
1.2 ÇALIŞMANIN AKIŞI	2
BÖLÜM 2 DERİNLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ.....	3
2.1 DERİNLİK BELİRLEMENİN KISA TARİHİ.....	3
2.2 DERİNLİK BELİRLEMEDE KLASİK YÖNTEMLER	5
2.2.1 Lata İskandil.....	5
2.2.2 İp İskandil	6
2.1.3 Tel İskandil	7
2.3 DERİNLİK BELİRLEMEDE MODERN İSKANDİL YÖNTEMLERİ	7
2.3.1 Hidrostatik İskandil.....	7
2.3.2 Termometre İskandil.....	8
2.3.3 Lidar İskandil	9
2.3.4 Uzaktan Algılama Yöntemleri ile İskandil	9
2.3.5 Fotogrametrik Yöntemler ile İskandil.....	10

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.3.6 Yandan Taramalı Sonar	10
2.3.7 Akustik İskandil	13
2.3.7.1 Tek Işınlı Akustik İskandil (Singlebeam)	15
2.3.7.2 Çift Işınlı Akustik İskandil (Doublebeam).....	16
2.3.7.3 Çok Kanallı Akustik İskandil (Multichannel).....	17
2.3.7.4 Çok Işınlı Akustik İskandil (Multibeam)	18
2.3.7.4.1 Çok Işınlı Akustik Sistemlerin Ana Bileşenleri	20
2.3.7.4.2 Çok Işınlı Akustik Sistemlerin Matematiksel Modeli	22
2.3.7.4.3 Çok Işınlı Akustik Sistemlerin Kalibrasyonu.....	22
2.3.7.5 Akustik Sistemler ile Ölçüm Plan Tasarımı	32
2.4 İSKANDİL ÖLÇÜMLERİNDE PREZİSYON	35
2.5 DERİNLİK BELİRLEMEDE HATA KAYNAKLARI.....	36
2.5.1 Klasik Ölçme Yöntemlerinde Hata Kaynakları	36
2.5.2 Akustik Ölçme Yöntemlerinde Hata Kaynakları.....	36
2.6 SU ALTI HARİTALARININ SINIFLANDIRILMASI VE IHO STANDARTLARI ..	37
2.7 SES HIZININ MODELLEMESİ.....	39
2.8 BATİMETRİK ÇALIŞMALARDA REFERANS YÜZEYİ	44
2.8.1 Düşey Datum	44
2.8.2 Ortalama Su Seviyesinin Belirlenmesi	46
2.8.2.1 Mareograf Çeşitleri	46
2.8.2.2 Mareograf İstasyonları	48
BÖLÜM 3 HAVA FOTOGRAMETRİSİ.....	51
3.1 DİJİTAL FOTOGRAMETRİ.....	52
3.1.1 Fotogrametrinin Matematiksel Modeli	53
3.1.2 Fotogrametrik Yönelme İşlemleri.....	53
3.1.3 Ortofoto ve Gerçek Ortofoto Üretimi	55
3.1.4 Fotogrametrik Nokta Bulutu Üretimi.....	56

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

BÖLÜM 4 UYGULAMA	59
4.1 ÇALIŞMA BÖLGESİ	59
4.1.1 Fırtınada Hasar Alan Bölgeler	63
4.2 FOTOGRAMETRİK ÇALIŞMALAR	70
4.2.1 Çalışmada Kullanılan İnsansız Hava Aracı	70
4.2.2 GPS Alıcısı Özellikleri	71
4.2.3 Fotogrametrik Arazi Çalışmaları	71
4.2.3.1 Yer Kontrol Noktaları Tesisi ve Ölçümü	71
4.2.3.2 Ana Mendirek Uçuş Planlaması ve Görüntü Alımı	73
4.2.3.3 Tali Mendirek Uçuş Planlaması ve Görüntü Alımı	74
4.2.4 Fotogrametrik Değerlendirme	75
4.2.4.1 Ana Mendirek Fotogrametrik Değerlendirme	75
4.2.4.2 Tali Mendirek Fotogrametrik Değerlendirme	86
4.2.4.3 Ana Mendirek Fotogrametrik Değerlendirme Sonuçları	90
4.2.4.4 Tali Mendirek Fotogrametrik Değerlendirme Sonuçları	93
4.2.4.5 Fotogrametrik Nokta Bulutunun Temizlenmesi	96
4.3 HİDROGRAFİK ÇALIŞMALAR	103
4.3.1 Hidrografik Ölçüm Ekipman, Donanım ve Teknik Özellikleri	104
4.3.2 Hidrografik Sistem Kalibrasyonu (Patch Test)	109
4.3.2.1 Dönme (Roll) Parametresi	111
4.3.2.2 Yalpalama (Pitch) Parametresi	112
4.3.2.3 Sapma (Heading-Yaw) Parametresi	113
4.3.2.4 Geçikme (Latency) Parametresi	114
4.3.3 Hidrografik Veri Toplama	116
4.3.4 Hidrografik Veri Temizleme	116
4.4 FOTOGRAMETRİK VE HİDROGRAFİK VERİLERİN BİRLEŞTİRİLMESİ	118
4.5 HASAR TESPİT ANALİZİ	121

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5 SONUÇLAR.....	125
KAYNAKLAR.....	129
EKLER	133
EK-1: Zonguldak Valiliği Meteoroloji Müdürlüğü Raporu	133
EK-2: İnsansız Hava Aracı Teknik Özellikleri.....	134
EK-3: GNSS GPS Teknik Özellikleri	135
EK-4: Tusaga aktif sistemi ile yer kontrol noktaları ölçüm çizelgesi	136
EK-5: 0-20 m arası ses hızı kolonu parametre Çizelgesi.....	137
EK-6 20-28 m arası ses hızı kolonu parametre Çizelgesi.....	138
EK-7: Ana mendirek fırtına sonrası ve onarım sonrası 3D modelleme	139
EK-8: Tali mendirek fırtına sonrası ve onarım sonrası 3D modelleme.....	140
EK-9: 3D Yazıcı ile üretilen mendirek sayısal yükseklik modeli	141
ÖZGEÇMİŞ	143

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 Batı Karadeniz sahil bandında hasar alan limanlar	2
Şekil 2.1 Piri Reis Haritası	4
Şekil 2.2 Brooke İskandil Aleti	4
Şekil 2.3 Lata iskandil yöntemi ile derinlik ölçümü	6
Şekil 2.4 İp iskandil yöntemi ile derinlik ölçümü	7
Şekil 2.5 Tel iskandil yöntemi ile derinlik ölçümü	7
Şekil 2.6 Hava Lidar Sistemi.....	9
Şekil 2.7 Fotogrametrik Yöntem ile Derinlik Ölçümü Sudaki Kırılma	10
Şekil 2.8 Yandan taramalı sonar ölçüm şekli	11
Şekil 2.9 Ses ışınlarının zemine göre yansıma davranışları	12
Şekil 2.10 SONAR sistemi veri toplama görüntüsü.....	12
Şekil 2.11 Yandan taramalı sonar sisteminde oluşan akustik gölge görüntüsü	13
Şekil 2.12 Tek ışınlı akustik iskandilin ana bileşenleri	14
Şekil 2.13 Analog kayıt ölçüm şekli	16
Şekil 2.14 Tek ışınlı iskandil sistemi ile şevli bölgede ölçüm	16
Şekil 2.15 Çift ışınlı akustik sonar ile şevli zeminde ölçümün geometrik ilkesi	17
Şekil 2.16 Çok kanallı akustik iskandil	18
Şekil 2.17 Çok kanallı akustik sonar kritik derinlik.....	18
Şekil 2.18 Çok ışınlı akustik sonar taram genişliği ve ses ışın açısı	19
Şekil 2.19 Transdüserden çıkan ve zeminden yansıyan ses ışın genişliği	19
Şekil 2.20 Çok ışınlı akustik iskandil transdüserin 45° açılı monte edilmesi.....	20
Şekil 2.21 Transdüserin ölçüm teknesine monte edilmesi	22
Şekil 2.22 Çok ışınlı iskandil matematiksel modeli	22
Şekil 2.23 Kalibrasyon parametre yönleri	23
Şekil 2.24 Su altı sabit kalibrasyon platformu	23
Şekil 2.25 Kalibrasyon yaparken ölçülmesi gereken hatlar ve yönleri	24
Şekil 2.26 Roll parametresi kalibrasyonunda ölçüm hat yönleri ve konumları	24
Şekil 2.27 Roll parametresinin farklı açılarda derinlikteki hata oranı	25

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.28 Roll parametresi gidiş-dönüş hattında açısal hata görseli.....	25
Şekil 2.29 İki yönde ölçülmüş profil hattındaki 0.5° roll hatası.....	26
Şekil 2.30 Pitch parametresi kalibrasyonu ölçüm hat yönleri ve konumları.....	26
Şekil 2.31 Pitch parametresi nedeni ile eğimli zeminde derinlik hata oranı	27
Şekil 2.32 Pitch parametresi eğimli zeminde standart sapmaya etkisi.....	27
Şekil 2.33 Aynı yönde gidilen iki profilin 5° pitch düzeltmesiz hatalı durumu	28
Şekil 2.34 Yaw parametresi kalibrasyonunda ölçüm hat yönleri ve konumları.....	28
Şekil 2.35 Yaw parametresinin konuma yansıttığı hata oranı.....	29
Şekil 2.36 Yaw parametresi eğimli zeminde standart sapmaya etkisi	29
Şekil 2.37 Kalibrasyon ekranı	30
Şekil 2.38 Geçikme parametresinin konum üzerindeki hata grafiği	31
Şekil 2.39 Latency parametresi eğimli zeminde standart sapmaya etkisi	31
Şekil 2.40 Tel, ip ve lata ölçüm plan tasarımı	32
Şekil 2.41 Tek ışınlı (Singlebeam) iskandil yöntemi ölçüm planı tasarımı	33
Şekil 2.42 Tek ışınlı iskandil yönteminde eğim düzeltmesi getirilmeden şevli arazide ölçüm. 33	
Şekil 2.43 Çok ışınlı (Multibeam) iskandil yöntemi ölçüm planı tasarımı	34
Şekil 2.44 Sıcaklığın ses hızına etkisi	41
Şekil 2.45 Farklı Formüllere göre Ses Hızı Değişimleri.....	41
Şekil 2.46 Tuzluluk oranının ses hızına etkisi.....	42
Şekil 2.47 Derinlik parametresinin ses hızına etkisi	42
Şekil 2.48 Ses Hızı Sensörü	43
Şekil 2.49 Ses Hızı Profili.....	44
Şekil 2.50 Ortalama Deniz Seviyesi.....	44
Şekil 2.51 Ayın çekiminden kaynaklı gel git hareketi	45
Şekil 2.52 Gelgit seviyeleri arasındaki ilişki.....	46
Şekil 2.53 Eşel istasyonuna nivelman yapılması	47
Şekil 2.54 Kaydedici Maregraf İstasyonu	47
Şekil 2.55 Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) Mareograf İstasyonları 48	
Şekil 3.1 Fotogrametrinin Tarihsel Gelişimi.....	52
Şekil 3.2 Dijital Görüntü Yapısı ve Örnekleme Aralığı (GSD)	52
Şekil 3.3 İç yöneltme işlemi ile oluşturulan ışın demeti	54

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.4 Gerçek (True) ortofoto üretimi	56
Şekil 3.5 Epipolar geometrik koşul	56
Şekil 4.1 Eren Limanı Genel Yerleşim Planı	60
Şekil 4.2 Eren Liman İnşaatı Vaziyet Planı	60
Şekil 4.3 Dökü gemisi ile çekirdek dolgu imalatı	61
Şekil 4.4 Yapı kafasında (Müzvar) hasar görebilecek kritik alanlar	61
Şekil 4.5 Rüzgar Yönleri	63
Şekil 4.6 Fırtına günü 18/01/2018-19/01/2018 tarih aralığında TUDES Amasra İstasyon verileri	64
Şekil 4.7 Multibeam ile ölçüm yapılan 28/01/2018 tarihinde TUDES Amasra istasyon verileri	65
Şekil 4.8 Eren Limanı Ana Mendirek Hasar Görüntüsü	66
Şekil 4.9 Ana Mendirek Hasar Alan Proje Kesitleri	66
Şekil 4.10 Eren Limanı Tali Mendirek Hasar Görüntüsü	67
Şekil 4.11 Tali Mendirek Hasar Alan Proje Kesitleri	68
Şekil 4.12 Eren Limanı Su Alma Yapısı Hasar Görüntüsü	69
Şekil 4.13 Su Alma Yapısı Hasar Alan Proje Kesitleri	69
Şekil 4.14 Soğutma Suyu Hattı Güzergâhı	70
Şekil 4.15 DJI Phantom 4 insansız hava aracı bileşenleri	70
Şekil 4.16 DJI Phantom 4 sensör konum görüntüsü	71
Şekil 4.17 Tali Mendirek Yer Kontrol Noktaları	72
Şekil 4.18 Ana Mendirek Yer Kontrol Noktaları	72
Şekil 4.19 Ana Mendirek Nadir ve Oblik (Eğik) Görüntü Alımı	74
Şekil 4.20 Tali Mendirek Nadir ve Oblik(Eğik) Görüntü Alımı	75
Şekil 4.21 Workflow add photos bölümü ekran görüntüsü	76
Şekil 4.22 Dijital görüntülerin exif bilgileri	77
Şekil 4.23 Projeksiyon dönüşümü ekran görüntüsü	78
Şekil 4.24 “Processing setting” ekran görüntüsü	78
Şekil 4.25 “Align Photos” ekran görüntüsü.	79
Şekil 4.26 Ana Mendirek Yer Kontrol Noktası Tesisi Ekran Görüntüsü	80

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.27 Filter Photos by Markers işlemi ile YKN görüntü filtreleme işlemi ekran görüntüsü	81
Şekil 4.28 Ana Mendirek Optimizasyon sonrası YKN hata miktarları ekran görüntüsü.....	82
Şekil 4.29 Ana Mendirek Nokta Bulutu (Dense Cloud) üretilmesi aşaması.....	83
Şekil 4.30 ‘Nokta bulutu üzerinden Arbitrary seviyesinde üçgen model üretilmesi’	84
Şekil 4.31 Sayısal yüzey modeli (DSM) ve sayısal arazi modeli (DTM).	85
Şekil 4.32 5.5 cm/ pix çözünürlükte Ana Mendirek Sayısal Yükseklik Modeli Üretilmesi	85
Şekil 4.33 Sayısal yükseklik modeli üzerinden 1.3 cm/ pix çözünürlükte Ana Mendirek Ortofoto Üretilmesi	86
Şekil 4.34 Bağlama Noktası Üretilmesi (Tie Points).	87
Şekil 4.35 Tali Mendirek Yer Kontrol Noktası Tesisi Ekran Görüntüsü.	87
Şekil 4.36 Tali Mendirek Optimizasyon sonrası YKN hata miktarları ekran görüntüsü.	88
Şekil 4.37 Tali Mendirek Nokta Bulutu (Dense Cloud) üretilmesi aşaması	88
Şekil 4.38 5.3 cm/ pix çözünürlükte Tali Mendirek Sayısal Yükseklik Modeli Üretilmesi	89
Şekil 4.39 Sayısal yükseklik modeli üzerinden 1.3 cm/ pix çözünürlükte Tali Mendirek Ortofoto Üretilmesi	90
Şekil 4.40 Ana mendirek fotogrametrik değerlendirme raporu	91
Şekil 4.41 Ana Mendirek Yer Kontrol Noktaları ve Hata Miktarları	92
Şekil 4.42 Tali mendirek fotogrametrik değerlendirme raporu.....	93
Şekil 4.43 Tali Mendirek Yer Kontrol Noktaları ve Hata Miktarları.....	94
Şekil 4.44 Ana Mendirek Yoğun Nokta Bulutu Üzerinden Oluşturulan Sayısal Yüzey Modeli	95
Şekil 4.45 Tali Mendirek Yoğun Nokta Bulutu Üzerinden Oluşturulan Sayısal Yüzey Modeli	96
Şekil 4.46 Nokta bulutu üzerinden bölge seçimi.....	96
Şekil 4.47 9.731.845 adet noktadan oluşan ham veri kümesi	97
Şekil 4.48 Nokta bulutu üzerinde gürültü (noise) verilerin temizlenmesi	97
Şekil 4.49 3.225.769 adet noktadan oluşan bozuk veri kümesi	98
Şekil 4.50 6.506.076 adet noktadan oluşan gürültüden arındırılmış veri kümesi	98
Şekil 4.51 7.662.531 adet noktadan oluşan ham veri kümesi	99
Şekil 4.52 2.361.648 adet noktadan oluşan bozuk (noise) veri kümesi	99
Şekil 4.53 5.300.883 adet noktadan oluşan final veri kümesi.....	100

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.54 Ana mendirek su kesim hattı çizimi.....	101
Şekil 4.55 Tali mendirek su kesim çizimi	101
Şekil 4.56 Gürültü veriden temizlenmiş ana mendirek sayısal yükseklik modeli (+0.0m / +9.9 m).....	102
Şekil 4.57 Gürültü veriden temizlenmiş tali mendirek sayısal yükseklik modeli (+0.2 m / +15.00 m)	102
Şekil 4.58 Hidrografik Ölçüm Teknesi (Efe hüseyin).....	103
Şekil 4.59 Wassp 3250 Multibeam	104
Şekil 4.60 SMC IMU- Hareket Sensörü.....	105
Şekil 4.61 Ses Hızı Sensörü	105
Şekil 4.62 M600 GNSS GPS.....	106
Şekil 4.63 QPS QINSY Ekran Görüntüsü.....	107
Şekil 4.64 Çok ışınlı iskandil kalibrasyon yazılımı‘ QPS QIMERA’	107
Şekil 4.65 WASSP Multibeam Sistemi Bağlantı Şeması.....	108
Şekil 4.66 Çok ışınlı iskandil sistemi kurulum offset parametreleri	109
Şekil 4.67 GPS Kurulumu, Bar Check ve Ses Hızı Ölçümü.....	109
Şekil 4.68 İniş ve Çıkış yönünde ses hızı değişim grafiği	110
Şekil 4.69 28 m derinlikte iniş yönünde ses hızı değişim grafiği	110
Şekil 4.70 Kalibrasyon öncesi roll sapma parametresi	111
Şekil 4.71 Kalibrasyon sonrası roll sapma parametresi	112
Şekil 4.72 Kalibrasyon öncesi roll sapma parametresi	112
Şekil 4.73 Kalibrasyon sonrası roll sapma parametresi	113
Şekil 4.74 Kalibrasyon öncesi heading sapma parametresi	113
Şekil 4.75 Kalibrasyon sonrası heading sapma parametresi	114
Şekil 4.76 Kalibrasyon öncesi latency sapma parametresi	115
Şekil 4.77 Kalibrasyon sonrası latency sapma parametresi	115
Şekil 4.78 Ölçüm ekranı ve Navigasyon Ekranı Görüntüsü	116
Şekil 4.79 QPS QIMERA programı ile Bölgesel Temizlik ve Filtreleme Ekranı.....	117
Şekil 4.80 -20 m Derinlikte bulunan termik santral su alma yapısı pipo detayı (beton su alma pipo detayı)	117
Şekil 4.81 Batimetrik ölçüm ile oluşturulan 1/1000 Ölçekli Harita.....	118
Şekil 4.82 Farklı platformlarda üretilen nokta verisinin birleştirilmesi	119

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.83 Yatay güzergah planları ekran görüntüsü	120
Şekil 4.84 Oluşturulan yüzey modeli ve enkesit hatları ekran görüntüsü	120
Şekil 4.85 Tali mendirek hasarlı bölgede kesit incelemesi	122
Şekil 4.86 Tali mendirek hasarsız bölgede kesit incelemesi	123
Şekil 5.1 İnş. Yük. Müh. Fevzi Akkaya Fırtına Takvimi	127
Şekil 5.2 Mendirek geometrisinin hasar görme şablonu (Failure mode for a rubble mound)	127



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Frekanslara Göre Yutulma Oranları.....	14
Çizelge 2.2 İskandil Yöntemlerinde Prezisyon Değerleri	35
Çizelge 2.3 Hidrografik Haritaların Sınıflandırılması.....	37
Çizelge 2.4 Hidrografik Mesahalar İçin Minimum IHO Standartları	38
Çizelge 2.5 IHO Standartlarına Göre Üretilecek Harita Ölçekleri.....	39
Çizelge 2.6 Ses hızı matematiksel modelleri	40
Çizelge 2.7 Mareograf istasyonları arasındaki farklar	49
Çizelge 4.1 50 Yıl dönüş aralıklı aşırı dalgaların transformasyonu modeli sonuçları	62
Çizelge 4.2 Rüzgâr Kuvveti Bofor Skalası	63
Çizelge 4.3 Kamera Kalibrasyon Parametreleri	91
Çizelge 4.4 Ana mendirek yer kontrol noktaları hata miktarları.....	93
Çizelge 4.5 Tali mendirek yer kontrol noktaları hata miktarları	94
Çizelge 4.6 Wassp 3250 multibeam echosounder teknik özellikleri	104
Çizelge 4.7 SMC IMU- Hareket sensörü teknik özellikleri	105
Çizelge 4.8 Valeport SVP ses hızı sensörü teknik özellikleri	106
Çizelge 4.9 M600 GNSS GPS teknik özellikleri	106
Çizelge 5.1 Çalışma sonucu üretilen veri boyut özet Çizelgesi	126



EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
EK-1: Zonguldak Valiliği Meteoroloji Müdürlüğü Raporu	133
EK-2: İnsansız Hava Aracı Teknik Özellikleri	134
EK-3: GNSS GPS Teknik Özellikleri	135
EK-4: Tusaga aktif sistemi ile yer kontrol noktaları ölçüm çizelgesi	136
EK-5: 0-20 m arası ses hızı kolonu parametre Çizelgesi	137
EK-6 20-28 m arası ses hızı kolonu parametre Çizelgesi	138
EK-7: Ana mendirek fırtına sonrası ve onarım sonrası 3D modelleme	139
EK-8: Tali mendirek fırtına sonrası ve onarım sonrası 3D modelleme	140
EK-9: 3D Yazıcı ile üretilen mendirek sayısal yükseklik modeli	141



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

H	: Su derinliği
b	: Barmotre değeri
s	: Suyun özgül ağırlığı
L	: Cam borunun uzunluğu
r	: Cam borunun rengi değişmemiş kısmı
Δt	: Okunan sıcaklık farkı
ρ_m	: Ortalama su yoğunluğu
α	: Basınç sabiti
C	: Işık hızı
n	: Suyun kırılma katsayısı
C'	: Işığın suda yayılma hızı
t	: ışığın seyir süresi
$Q1^0$: Düşük frekanslı iskandil çıkış açısı
$Q2^0$: Yüksek frekanslı iskandil çıkış açısı
t1	: Düşük frekanslı iskandil tarafından okunan derinlik
t2	: Yüksek frekanslı iskandil tarafından okunan derinlik
V	: Ses hızı
S	: Eğik mesafe
y,z	: Ölçüm noktası koordinatları
r	: Roll offset parametresi
dz	: Derinlik farkı
da	: Karşılıklı hat mesafesi
a	: Pitch parametresi
da	: Hatlar arası kayma miktarı
y	: Yaw offset parametresi
X	: i ışını için bağıl mesafe

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

TD	: Saniyedeki gecikme miktarı
Vh	: En yüksek tekne hızı
Vl	: En düşük tekne hızı
α	: Multi beam tarama açısı
Δ	: Delta
ρ	: Ölçüm hatları arası bindirme oranı
L1	: Tarama mesafesinin yarısı
L2	: Hatlar arası bindirme mesafesi
S	: Bindirme değerine göre hesaplanan ölçüm hatları arası yatay mesafe
a	: Sabit hatların toplamı
b*d	: Derinliğe bağlı hataların toplamı
b	: Derinliğe bağlı hata faktörü
C	: Sesin yayılma hızı
T	: Sıcaklık
S	: Tuzluluk
ρ	: Enlem
λ	: Ölçek
ω, φ, κ	: Dönüklük
X _o , Y _o , Z _o	: Öteleme
C	: 1. Görüntü kamera merkezi
C'	: 2. görüntü kamera merkezi
X	: Objeye üzerinde nokta
x	: Objeye üzerindeki X noktasının 1. Görüntü üzerindeki konumu
x'	: Objeye üzerindeki X noktasının 2. Görüntü üzerindeki konumu
X,Y,Z	: Lokal kamera koordinat sistemindeki nokta koordinatı
u, v	: Görüntü koordinat sisteminde öngörülen nokta koordinatı
f	: Odak uzaklığının piksel cinsinden değeri
cx, xy	: Ana nokta offset değerleri
K1,K2,K3,K	: Radyal distorsiyon katsayıları
P1,P2,P3,P4	: Teğetsel distorsiyon katsayıları
w, h	: Pikseldeki görüntü genişlik ve yükseklik

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

KISALTMALAR

CAD	: Computer Aided Design
DEM	: Digital Elavation Model
DSM	: Digital Surface Model
DTM	: Digital Terrain Model
EXIF	: Exchangeable Image File Format
GPS	: Global Positioning System
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GSD	: Ground Sampling Distance
HAT	: High Astronomical Tide
IHA	: İnsansız Hava Aracı
IHB	: International Hydrographic Bureau
IHO	: International Hydrographic Organization
LAS	: Laser Point Cloud File
LAT	: Lowest Astronomical Distance
LM	: Local Matching
MSL	: Mean Sea Level
MVS	: Multi View Stereo
RG	: Region Growing
RGB	: Red Green Blue Colors
RMS	: Root Mean Square
RS	: Nivelman Noktası
SFM	: Structure From Motion
SGM	: Semi Global Matching
SONAR	: Sound Navigation and Ranging
TUDES	: Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi
TUREF	: Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi
TUSAGA	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS ağI
YKN	: Yer Kontrol Noktası
3D	: Üç Boyut



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 ÇALIŞMANIN AMACI

Mühendis kelimesi arapça kökenli geometri ve çizim ile uğraşan anlamına gelen hendese kelimesinden türemiştir. İngilizce mühendis anlamına gelen ‘Engineer’ ise latince zekâ anlamına gelen ‘ingenium’ ve tasarlamak icat etmek anlamına gelen ‘ingeniare’ kelimelerinden türemiştir. İnsanların ihtiyaçları doğrultusunda bilimsel parametreleri ve malzeme teknolojisini kullanılarak tasarlanan, inşa edilen; yol, baraj, tünel, liman vb. yapılara mühendislik yapıları denir.

Mühendislik yapıları çevresel koşullara tasarım sınırları içerisinde uzun yıllar dayanmak zorundadır. Yer kabuğu hareketlerinden kaynaklı deprem, atmosferdeki değişimler, rüzgâr, güneş, dalga, doğal afet gibi çevresel fiziksel parametreler mühendislik yapılarında zamana dayalı oturma, eğilme, bükülme, kırılma gibi konumsal değişimlere uğrar ve bu değişimlere deformasyon denir. Yapıda oluşan deformasyonlar tasarım aşamasında öngürülen sınırlar içerisinde olabilir ve deformasyon ölçüm yöntemleri ile belirlenebilir. Çevresel parametrelerin tasarım sınırları dışına çıkmaları yapılarda fiziksel hasara neden olur bu hasar yapının yıkılmasına, kullanılmamasına neden olur ve maddi hasarın yanında can kaybına yol açabilir.

Bu çalışmada büyük mühendislik yapılarında çeşitli sebeplerden dolayı meydana gelen deformasyonların belirlenmesi çalışmaları yürütülmüştür. 18 Ocak 2018 tarihinde Batı Karadeniz sahil bandında bulunan; Ereğli, Kozlu, Kilimli, Filyos, Çatalağzı (Eren Enerji) ve Cide limanlarında şiddetli fırtınalar sonucu büyük çapta maddi hasar meydana gelmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 Batı Karadeniz Sahil Bandında Hasar Alan Limanlar

Söz konusu hasarların tespit edilmesi, onarılması ve maliyet analizlerinin yapılması için proje bölgesinde (Çatalağzı) deniz dibi ve liman yapılarının modellenmesi çalışmaları yürütülmüştür. Modelleme çalışmalarında deniz dibi modellenmesi için akustik iskandil, liman yapılarının modellenmesi için hava fotogrametrisi yöntemleri tercih edilmiştir.

Çalışmanın amacı hava ve deniz platformları kullanarak farklı fiziksel ortamlarda bulunan mühendislik yapısına ait su altı ve su üstünü tanımlayan nokta bulutu veri kümesi üreterek bütünleşik bir arazi modeli oluşturmaktır.

1.2 ÇALIŞMANIN AKIŞI

Çalışmada ayrı ayrı bölümlerde, hidrografik ve fotogrametrik ölçme yöntemleri hakkında teorik bilgiler verilmiştir. Hidrografik ölçme yöntemleri, hata kaynakları, ses hızı ve kullanılan referans yüzeyleri anlatılmıştır. Dijital fotogrametrinin matematiksel modeline değinilmiştir. Ölçüm ve değerlendirmede kullanılan ekipman ve yazılımlar hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın uygulama kısmı; hidrografik ve fotogrametrik sistemlerin kurulması, sistemlerin kalibrasyonu, arazi çalışmaları, ölçümlerin yapılması, verinin değerlendirilmesi ve hasar tespit analizini yapılmasını kapsamaktadır.

BÖLÜM 2

DERİNLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

2.1 DERİNLİK BELİRLEMENİN KISA TARİHİ

Hidrografik ölçümler, yeryüzünün sularla örtülü bölgelerinin topoğrafik durumunu belirlemek amacı ile geliştirilmiş bir bilimdir ve klasik haritacılığın bir koludur.

Deniz, göl ve akarsularla örtülü bölgelerin harita ve planlarının yapılması hidrografik ölçümlerin genel konusudur. Deniz ve göllerin ortalama su seviyelerini saptamak ve bu ortamlarda gravite ölçmeleri yapmak, bilimsel araştırma ve teknik hizmetler için özel hidrografik ve oşinografik ölçmeler yapmak hidrografik ölçmelerin kapsamına girer.

Dünya yüzölçümünün %71 oranında sularla kaplı olduğu düşünülürse hidrografik ölçümlerin önemi ortaya çıkar.

XII. yüzyılda Arapların pusulayı icat etmeleri ve bunun denizciler tarafından kullanılmaya başlanması, insanoğlunun denizlere açılmasına ve denizlere ait bilgilerin toplanması ve kayıt altına alınmasına olanak sağlamıştır.

Bu alanda ilk önemli bilgiler XV. Yüzyılın sonu ile XVI. Yüzyılın başlarında Kristof Kolomb, Vasco da Gamma ve Macellan gibi ünlü denizcilerin seyahatları sırasında topladıkları bilgiler ve çizdikleri krokilerdir (Tur 2017).

İlk deniz haritaları XIII. Yüzyılda İtalya kıyılarında yapılmış Portolane adı ile bilinen haritalardır ve zamanın olanaklarına göre Doğrultu ve Uzaklık ölçmesi yöntemleri ile oluşturulan ilk haritalarda derinlik bilgileri gösterilmemiş olmasına rağmen zamanın deniz seyri için çok önemli altlıklardır (Tur 2017).

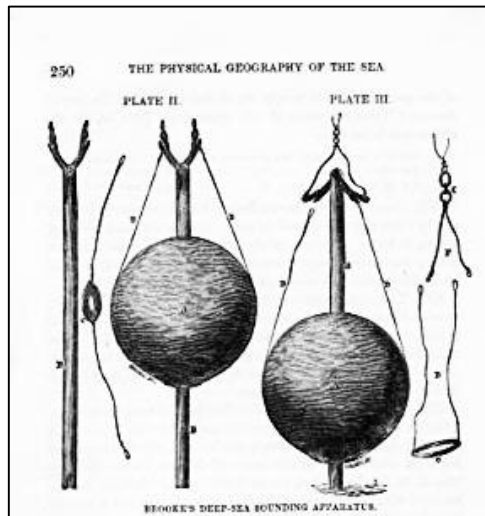
XVI. yüzyılda yaşamış ünlü Türk Amiralî Piri Reis tarafından yapılmış deniz haritaları geliştirilmiş portolaneler için güzel bir örnektir ve yaptığı haritalar ile Türk Deniz Haritacılığın piri olarak kabul edilir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Piri Reis Haritası

Pratik amaçlar için yapılan bu haritalarda limanlar ve kıyılar için ayrıntılı bilgiler vardır. Sualtı zemini hakkında detaylı bilgi yoktur, 1650 yılında Varenius herhangi bir ölçmeye dayanmadan deniz derinliğini bir Alman milini (7000 m) bulabileceğini söylemiştir.

Küçük derinliklerin XVIII. Yüzyılda ölçülebilmesine karşın büyük derinlikler için XIX. Yüzyılın ortasına, Brooke'un ağırlık atarak iskandil yöntemini uygulamasına kadar beklemek gerekmiştir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Brooke İskandil Aleti

Projeksiyon yöntemine göre yapılmış ilk deniz haritası 1659 yılında Gerhart Kremer (Mercator) tarafından gerçekleştirilmiştir.

XVII. yüzyıla kadar yapılan haritaların ana amacı, kıyıya yakın denizlerde gemi seyir güvenliğini sağlamaktır. Bu çalışmalar özel kurum ve şirketler tarafından yapılmıştır. Fransızlar 1720 yılında Pariste bir Deniz Harita Bürosu kurarak resmi anlamda harita yapmaya başlamışlardır.

XIX. yüzyıldan sonra ise Amerika, İngiliz, Fransız ve Alman Hidrografi daireleri kurulmuştur ve oşinografinin gelişmesine katkıda bulunmuşlardır.

XIX. yüzyıldan itibaren hidrografik ve oşinografik seyahatler önem kazanmıştır. 1872-1876 yılları arasında İngilizler tarafından yapılan Challenger seferine bilim adamları ve tecrübeli denizciler katılmıştır. Bu seferde Atlas Okyanusu, Büyük Okyanus ve Güney denizleri dolaşarak hidrografik ve oşinografik bilgiler toplanmış, konum ve derinlik ölçme yöntemleri için yeni yöntemler ve aletler geliştirilmiştir.

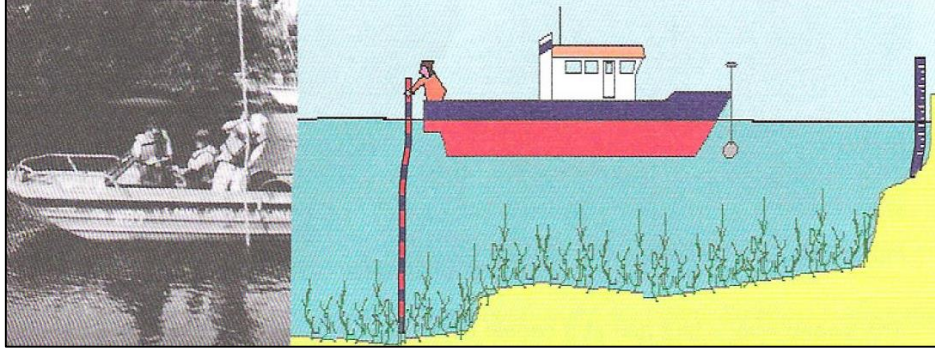
2.2 DERİNLİK BELİRLEMEDE KLASİK YÖNTEMLER

2.2.1 Lata İskandil

İskandil lataları ahşap veya metalden yapılmış ortalama 5m uzunluğunda üzerinde metre ve desimetre bölmeleri olan ölçüm çubuklarıdır. Ölçüm derinliğine göre birbirine eklenebilen, ölçüm sırasında zemine batmasını önleyen başlıkları vardır. Bu sistemin akustik sistemlere göre en büyük avantajı zeminde bitki örtüsü yoğun olan bölgelerde hassas sonuç vermesidir.

Ölçüm mantığı ise deniz zemine dik doğrultu anındaki derinlik okumasının kayıt altına alınmasına dayanır.

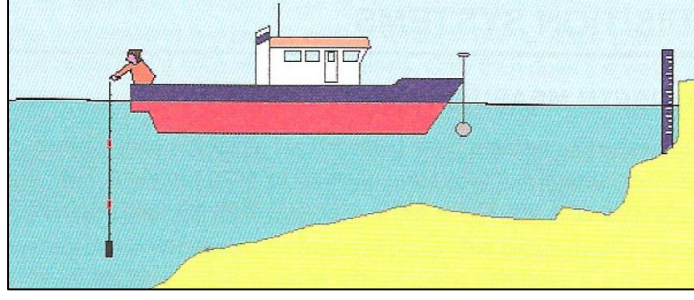
Uygulama sırasında; okumanın latanın düşey doğrultu zamanında yapılmasına, latanın deniz tabanına batırılmamasına, okuma yapılan teknenin hızının $V < 1.0$ m/s üzerinde olmamasına dikkat edilmedir (Şekil 2.3), (Özgen ve Algül 1977).



Şekil 2.3 Lata iskandil yöntemi ile derinlik ölçümü

2.2.2 İp İskandil

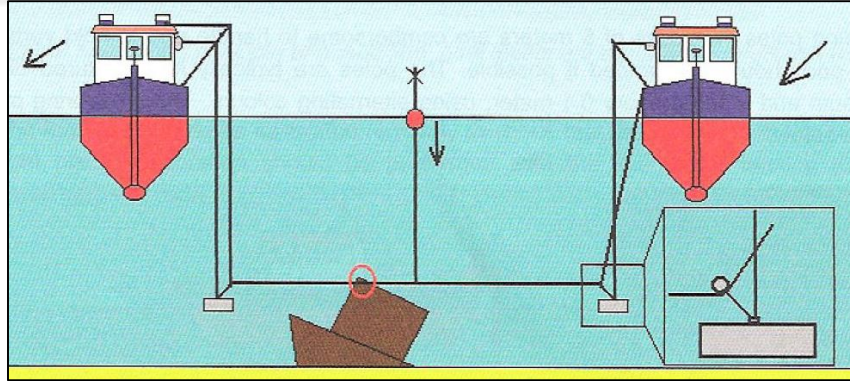
Bu yöntemin temel prensibi, ipin ucuna ağırlık takılarak derinliklerin ölçülmesi yöntemine dayanır. Kullanılan ipler su ortamında esnemesini en aza indirmek için genellikle keten, kenevir veya sentetik liflerden seçilir. İplerin uçlarına takılan ağırlıklar ise derinlik ölçülecek suya ve ölçüm anındaki akıntı hızına göre 2,5 – 10 kg arasında seçilir. İskandil ipi ilk kullanımdan önce en az bir gün ölçüm yapılacak bölgedeki su ortamında aynı sıcaklık, tuzluluk, basınç gibi şartlarda bekletilir ve gerilerek kurutulur. Kurutma işleminden sonra okuma aralıkları işaretlenir. Ölçüm sonrası ise esneme miktarı tekrar kontrol edilir. Günümüzde ipin esneme hatasına karşı zincir kullanılmaya başlanmıştır. Uygulama sırasında sudaki akıntı ipin bükülmesine neden olur ve teorik olarak bükülmeden kaynaklı hatanın ± 10 cm değerinin altında kalması için 0.5 m/s için 20 m, 0.7 m/s için 12 m 1.0 m/s için 8 m maksimum ölçme sınırı olarak belirlenmiştir. Ölçme sırasında su yüzeyinde oluşan dalgalar ise su kesim çizgisini net okumaya engel olur ve dalga boyunun yarısı kadar hatalı okumaya neden olabilir bu yüzden okumaların dalgasız havada yapılması tercih edilir. Okuma yapan kişinin ipin düşey konumda olduğundan ve ipin fazla salınan kısmının gergin olduğundan emin olması gerekir (Şekil 2.4), (Terlemezoğlu 2004).



Şekil 2.4 İp İskandil Yöntemi ile Derinlik Ölçümü

2.1.3 Tel İskandil

Lata ve ip iskandillerin derin sularda kullanılmasının zor olmasına karşı geliştirilen bu yöntemde makaraya sarılı tel ve ağırlık kullanılmaktadır. Makarının çevresi bilindiğinden devir sayısı sayılarak derinlik ölçümü gerçekleştirilir. Bu sistemlerde paslanmaz çelik teller kullanılır. Telin salınması sırasında kopmaması için 3 m/s hızı geçmemesi gerekir. Ölçüm aralığı 30 m ile 2000 m arasında değiştiğinden akıntıdan kaynaklı hatalar bu yöntemde de karşımıza çıkmaktadır. Tel uzunluğu makara devir sayısı ile ± 1 cm hassasiyette okunmasına karşın hata miktarı $\pm 0.01 H$ metre kabul edilir (Şekil 2.5), (Özgen ve Algül 1977).



Şekil 2.5 Tel İskandil Yöntemi ile Derinlik Ölçümü

2.3 DERİNLİK BELİRLEMEDE MODERN İSKANDİL YÖNTEMLERİ

2.3.1 Hidrostatik İskandil

Hidrostatik basınç ölçerleri kullanarak dolaylı yoldan derinlik ölçme yöntemidir. Cihaz ip yardımı ile sualtı tabanına indirilir ve derinliğin fonksiyonu olarak hidrostatik basınç ölçülür.

Tarihte Boyle-Mariotte kanunu kullanan ilk alet Thomson iskandilidir ve 100-200 m aralığında ± 5 m hassasiyetindedir. Warluzel iskandil aleti ise Thomson iskandilinin geliştirilmiş versiyonudur ve hem tuzlu suda hem tatlı suda kullanılabilir. Sistemin çalışma prensibi; sabit sıcaklıkta gaza yapılan basınç artar ve hacmi küçülür ve su boru içerisinde yükselir, boru içerisinde giren tuzlu su gümüş bromatın rengini değiştirir ve bu seviye cam boru üzerinden okunur. Okunan değer; atmosfer basıncı ve cam borunun indiği derinlikteki basıncın toplamına eşittir (Özgen ve Algül 1977).

$$H = \left(\frac{b}{1013} \times \frac{10.33}{5} \right) \times \left(\frac{L}{r} - 1 \right)$$

H: Su derinliği

b: Barometre değeri (mbar)

s: Suyun özgül ağırlığı

L: Cam borunun uzunluğu (m)

r: Cam borunun rengi değişmemiş kısmı (m)

2.3.2 Termometre İskandil

Su altında aynı noktada sıcaklık ve basınç ölçmek suretiyle dolaylı yoldan derinliğin bulunması yöntemidir. Bu yöntem 1000 m ve daha derin sularda uygulanır ve sarkıtma ipinin akıntı sebebi ile bükülmesi hatasının derinlik ölçümü üzerinde etkisi yoktur ve sağlanan prezisyon $\pm 0.005 H$ metredir. Bir plaka üzerine yerleştirilmiş iki adi termometre kullanılır ve termometrelerden biri su basıncına karşı kalın bir cam tüpün içinde diğeri ise açıktadır. Alet baş aşağı şekilde ip ya da tel yardımı ile su altına indirilir. Korumasız termometre su basıncı etkisinde bir değer okur, basınç muhafazası içerisinde korunan diğeri termometre ise inilen derinlikte doğrudan sadece sıcaklığı ölçer. Yaklaşık olarak her 10 m derinlik için 0.1°C olacağından basınç ve derinlik hesaplanır (Terlemezoğlu 2004).

$$H = \left(\left(\frac{10}{(\alpha \times \rho_m)} \right) \times \Delta t \right)$$

Δt =Okunan sıcaklık farkı

ρ_m =Ortalama su yoğunluğu

α = Basınç sabiti

2.3.3 Lidar İskandil

Işık kaynağından düşey doğrultuda gönderilen ışık ışınları su tabanından yansıtılarak geri döner. Işınların su içinde yayılma hızı 'C', suyun kırılma indisi 'n' ve seyir süresi 't' parametrelerinin ölçülmesi ile derinlik bilgisi sağlanır. Işınların su içinde dağılma ve yutulma etkisine karşın dalga boyları 0.48 mµ ile 0.55 mµ arasında bulunan lazer ışınları kullanılır (Şekil 2.6).

$$C' = \frac{C}{n}$$

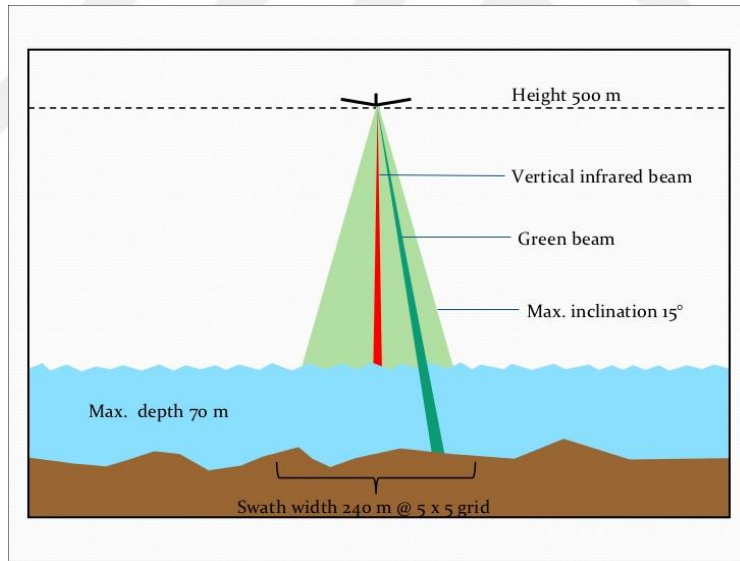
$$H = \frac{t}{2} \times C'$$

C= Işık hızı

n= Suyun kırılma katsayısı

C'=Işığın suda yayılma hızı

t= Işığın seyir süresi



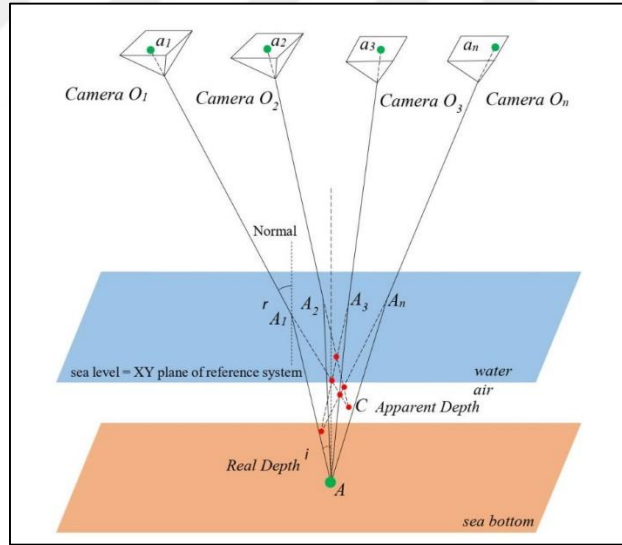
Şekil 2.6 Hava Lidar Sistemi

2.3.4 Uzaktan Algılama Yöntemleri ile İskandil

Uzaktan algılama yöntemleri ile derinlik ölçümleri derinliği 20 m ye kadar olan sığ sular için uygulanmaktadır. Bu derinliklerde 0,510-0,565 mµ dalga boyları algılayıcılar tarafından kaydedilebilmektedir ve yöntemin doğruluğu kullanılan uydu görüntüsünün çözünürlüğüne bağlıdır (Erener 2002).

2.3.5 Fotogrametrik Yöntemler ile İskandil

Hava taşıtları ile elde edilen SFM (Structure from motion) ve MVS (Multi view stereo) teknikleri ile işlenmiş olan görüntüler sığ sularda düşük maliyette veri üretilmesine olanak sağlar. Sistemin çalışma prensibi dijital görüntülerin kullanılarak sudaki kırılma açısına düzeltme getirmektir. Sığ sularda kullanılan bu yöntem ile ölçülebilecek derinlik su bulanıklığı ve su görünürlüğüne göre değişir. Rüzgâr deniz yüzeyi görüntüsünde kırıksıklıklara ve dalga oluşumuna neden olur. Deniz dibi görüntüsünün berrak olması ve dalgasız deniz yüzeyi uygulama aşamasında takip edilmelidir. Deniz tabanında kayalık yapı deseni, kumlu ve eğimin az değiştiği bölgelere göre daha net sonuç verir. Kumlu ve otlu deniz yatağında sistem kötü sonuçlar verebilir. Derinlik bilgisinin yanında; gel-git seviyeleri, kıyı kumulları, kayalık bölgeler, plaj erozyonu ve bitki örtüsü gibi çevresel özelliklerde kayıt altına alınmış olur. Sistemin çalışmasında sudaki kırılmanın etkisi büyüktür. Snella yasasına göre, bir ışık ışınının su derinliğine kırılmasının etkisi, su derinliği ve ışının hava / su ara yüzündeki yayılma açısından etkilenir (Şekil 2.7), (Agrafiotis 2019).



Şekil 2.7 Fotogrametrik Yöntem ile Derinlik Ölçümü Sudaki Kırılma

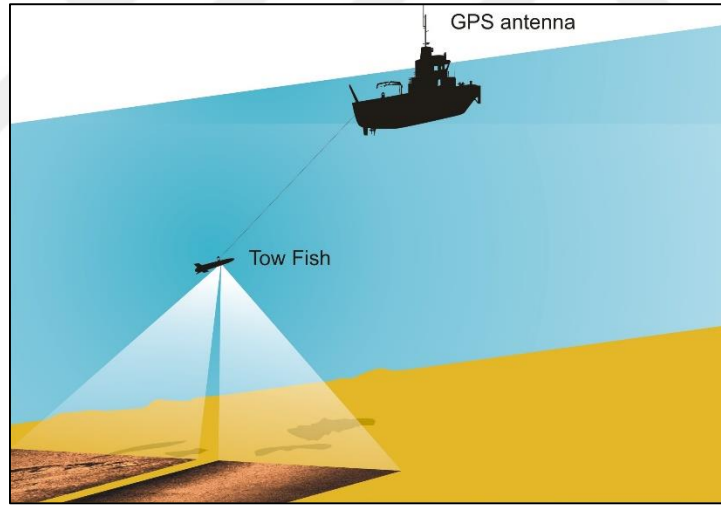
2.3.6 Yandan Taramalı Sonar

Yandan taramalı sonar, sualtı akustiği prensiplerine dayanan bir sualtı görüntüleme yöntemidir. Deniz tabanının akustik görüntüsünü oluşturmaya yarayan sonar sistemi açılımı ‘sound

navigation ranging' dir. Sistemin çalışma frekansı 10-500 kHz aralığındadır. Sistemin genel kullanım alanları ise;

- Obje belirleme amacı ile mayın arama, batık gemi araştırmaları, boru hattı belirleme, düşen uçak vb. detay çıkarımlarında,
- Zemin sınıflandırma çalışmalarında, tortu, çökelti, kaya, kum dalgalanmaları analizlerinde,
- Su altı inşaat yapılarının kontrolünde; açık deniz inşaat yapıları, boru hattı konum ve kaynak bağlantı noktaları sızdırmazlık tespit çalışmalarında, köprü ve diğer su altı yapıların analizlerinde kullanılır.

Sistem kullanılırken geminin yanına monte edilir ya da bir ip yardımı ile teknenin arkasından sürüklenir ve deniz tabanından yansyarak gelen sinyalleri kayıt altına alır. Sonar cihazının hidrofona diye adlandırılan hassas alıcıları vardır. İyi bir sonuç elde etmek için sistemlerin çoğu çift frekanslıdır (Şekil 2.8).

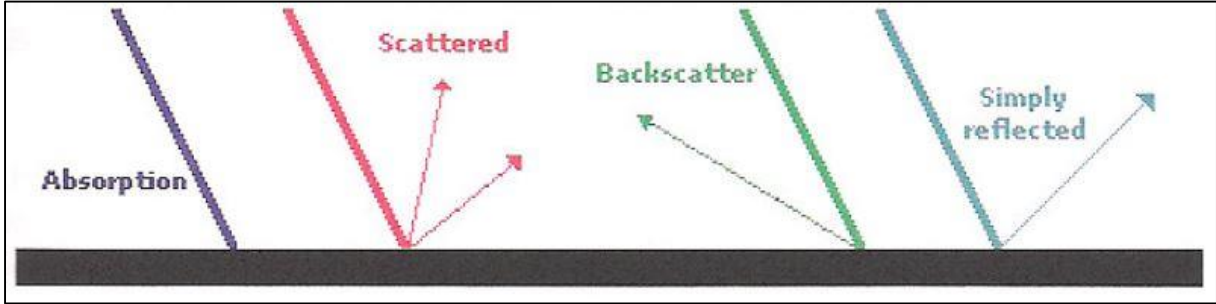


Şekil 2.8 Yandan Taramalı Sonar Ölçüm Şekli

500 kHz ile 1 MHz arası yüksek frekans yüksek çözünürlükte veri oluşturur. 50 kHz ya da 100 kHz düşük frekans değerleri düşük çözünürlükte veri oluşturmasına karşın kat ettiği mesafe daha iyidir.

Deniz tabana çarpan ses dalgaları zemin tarafından yutulur, doğrudan geri yansır ya da dağınık olarak geri yansır. Ses dalgalarının yansması ya da yutulması zemin yapısı hakkında bilgi verir.

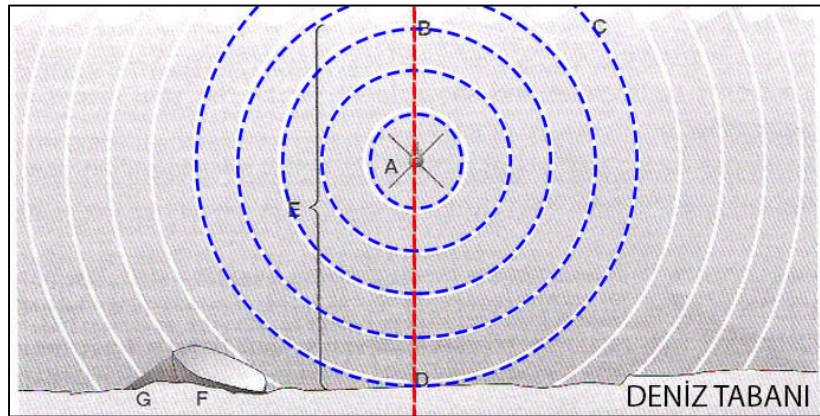
Sert veya kayalık zemin ses dalgalarını dağıtarak yansıtmasına karşın kumlu ve çamurlu deniz tabanı ses dalgalarını yutar.



Şekil 2.9 Ses Işınlarnın Zemine Göre Yansıma Davranışları

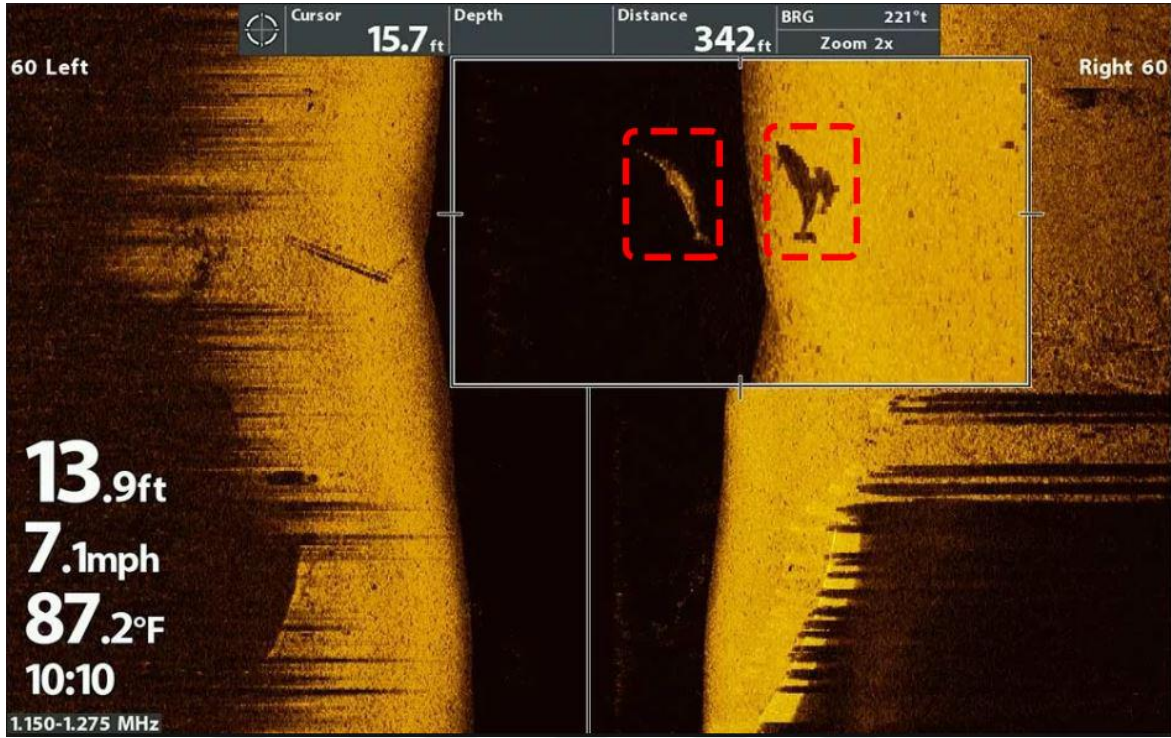
Yukarıdaki görselde; mor çizgi zemine gönderilen ve zemin tarafından yutulan (absorption) ses ışınlarını göstermektedir. Kırmızı çizgi ise zeminden yansıyan (scattered) fakat SONAR sistemine ulaşamayan dağınık ses ışınlarını göstermektedir. Yeşil çizgi ise zeminden dağınık olarak yansıyan fakat sisteme geri dönen (backscatter) ses ışınlarını göstermektedir (Şekil 2.9).

Yandan taramalı sonar görüntüsünde yüksek yoğunlukta geri dönen ses ışınları koyu tonda, düşük yoğunlukta geri dönen ses ışınları açık tonda, zeminden yansıyamayan ses ışınları ise beyaz tonda görünür.



Şekil 2.10 SONAR Sistemi Veri Toplama Görüntüsü

Sonar sistemi veri toplarken yukarıdaki görseldeki gibi hareket eder. Tekne tarafından çekilen sistem belirli bir derinlikte ses sinyali gönderir. Zeminden yansıyan ses sinyalleri zemin karakterine göre operatör ekranında iki boyutlu bir görsel oluşturur (Şekil 2.10).



Şekil 2.11 Yandan Taramalı Sonar Sisteminde Oluşan Akustik Gölge Görüntüsü

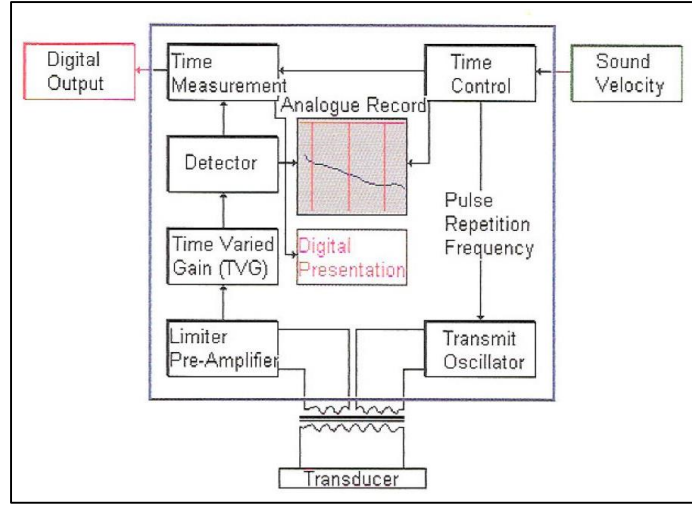
Yukarıdaki görselde yandan taramalı sonar ile ölçüm yapılırken sonarın altından geçen yunusların sonar görüntüsünde oluşturdukları akustik gölge görülmektedir (Şekil 2.11) (URL-1).

2.3.7 Akustik İskandil

Ses dalgalarının su içinde yayılma ve yansımalarını kullanan derinlik ölçme yöntemidir. Ses üreticiden çıkan ses dalgaları düşey doğrultuda hareket eden ses impulsları sualtı zeminine ulaşır ve yansyarak su yüzeyine geri döner. Ses hızı ve impulsların gidiş-dönüş süresi bilindiğinden derinlik mesafe hız-zaman bağlantısından bulunur.

$$H = \frac{t}{2} \times V$$

Ses hızı bulunduğu ortamın sıcaklığına, tuzluluk, derinlik ve basınca bağlı olarak 1390 m/s ile 1650 m/s arasında değişiklik gösterir. Normal koşullarda 0°C su sıcaklığı, %035 tuzluluk ve 760 mmHg basıncı altındaki su içinde sesin yayılma hızı $V_0 = 1500$ m/s kabul edilir.



Şekil 2.12 Tek Işınılı Akustik İskandilin Ana Bileşenleri

Ses hızı sisteme manuel olarak girilir ve ölçülen ses hızının seyahat süresinden derinlik ölçümüne dönüştürülmek için kullanılır.

Zaman kontrol ünitesi, yazma hızını dolayısıyla yankı sireninin yazılı derinliğini ve impulsların saniyedeki tekrarlama oranını kontrol eder.

İletim osilatörü belirli bir darbe uzunluğu ve frekansı olan bir elektrik darbesi oluşturur.

Transducer gönderilen ve yansıyan ses dalgalarını dönüştür (Şekil 2.12).

Ses hızı su içerisinde hareket ederken küresel bir şekilde her yöne yayılma eğilimi gösterir, bu yüzden enerjinin demetlenmiş olması gerekir. Sığ suların iskandilinde dalga boyları küçük olan frekanslardaki sesler kullanılır ve ses enerjisinin yutulma oranı frekanslara göre değişiklik gösterir.

Çizelge 2.1 Frekanslara Göre Yutulma Oranları

Frekans	Azalma Oranı
5 db/km	%56
10 db/km	%32
30 db/km	%3.2
40 db/km	%1

Akustik iskandil yöntemleri de kendi içinde tek ve çok ışınli sistemler olarak ayrılmaktadır.

2.3.7.1 Tek Işınli Akustik İskandil (Singlebeam)

Akustik iskandil aletlerinin temel bileşeni transdüser ve kontrol-kayıt ünitesidir. Transdüser sistemin su içinde olan kısmıdır ve gönderici-alıcı olarak çalışan iki ses üreticiden oluşur. Gönderici üreteç suya belirli frekanslar ile ses impulsları verir ve yansıyarak zeminden dönen impulslar alıcı durumundaki üreteç tarafından tespit edilir.

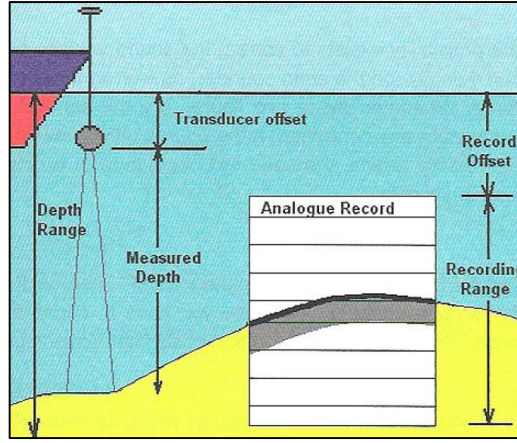
Sisteme dönen ses dalgalarının karşılaştırmasını kontrol ünitesi yapar. Kontrol ünitesine girilen ses hızı değerinden

$$H = \frac{t}{2} \times V$$

Bağıntısından sistem derinliği hesaplar, digital ortama ya da grafiksel ortama aktarır.

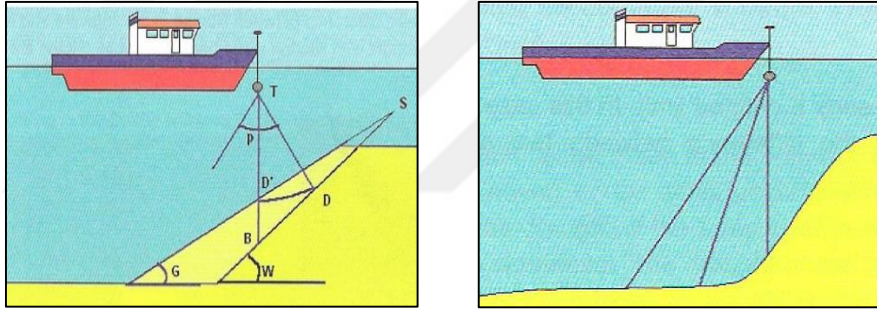
Akustik iskandil cihazlarında genellikle ses hızı 1500 m/s olarak kalibre edilmiştir. Ölçüm yapılan ortamın su sıcaklığı, tuzluluk oranı ve ölçüm derinliğine bağlı ses hızını değiştirebilecek parametreler için ses hızını değiştirmek ya da ses hızı düzeltmesi yapmak gerekir. Ölçüm yapılacak bölgede ip iskandil ile farklı lokasyonlarda ölçü yapılarak kontrol ünitesinde ses hızı iterasyon ile düzenlenebilir.

Transdüserden konik biçimde çıkan ses dalgalarından erken dönen ses dalgaları grafik verilerde ilk derinlik verilerini oluşturur. Grafik verideki çizgilerin düşey yönde kalınlaşması zemindeki eğimden kaynaklanan ve konik hareketten dolayı geç yansıyan ses dalgalarından oluşur. Grafik üzerinden derinlik okunurken düz zemin profilinde araziler için grafiğin üst yüzü okunur, eğimli bölgelerde ise değerlendirme farklıdır ve ölçüm değerlerine eğim düzeltmesi uygulamak gerekir (Şekil 2.13).



Şekil 2.13 Analog Kayıt Ölçüm Şekli

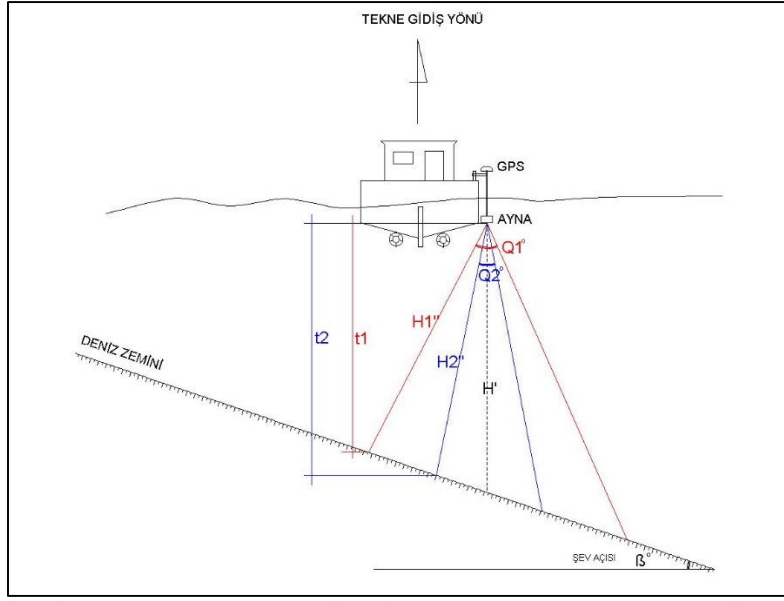
Tek frekanslı cihazlarda eğimli yerlerde ölçüm yaparken beam çıkış açısı en az olan transdüserler kullanılmalı ve çıkış açısının yarısı kadar eğik monte edilmelidir. Transdüsera şevden yansıyan ilk derinlik bilgisi doğru ölçüm olacaktır (Şekil 2.14).



Şekil 2.14 Tek Işnılı İskandil Sistemi İle Şevli Bölgede Ölçüm

2.3.7.2 Çift Işnılı Akustik İskandil (Doublebeam)

Eğimli arazilerde tek frekanslı iskandil cihazlarına eğim düzetilmesi gerekliliğine karşın eş zamanlı iki farklı frekans kullanımı ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Transdüser tepe açısı küçük ($\alpha/2 > 30^\circ$) ve yüksek frekanslı ses dalgaları ile tepe açısı büyük ($\alpha/2 > 30^\circ$) alçak frekanslı ses dalgaları gönderen iki ünite kullanılmaktadır (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 Çift Işınlı Akustik Sonar ile Şevli Zeminde Ölçümün Geometrik İlkesi

$$H' = t2 + \frac{\left((t2 - t1) \times \left(H1'' \times \sin\left(\frac{Q2}{2}\right) \right) \right)}{\left(H1' \times \sin\left(\frac{Q1}{2}\right) \right) - \left(H2'' \times \sin\frac{Q2}{2} \right)}$$

$$H' = t1 + \frac{\left((t2 - t1) \times \left(H1'' \times \sin\left(\frac{Q1}{2}\right) \right) \right)}{\left(H1' \times \sin\left(\frac{Q1}{2}\right) \right) - \left(H2'' \times \sin\frac{Q2}{2} \right)}$$

$Q1^0$: Düşük frekanslı iskandil çıkış açısı

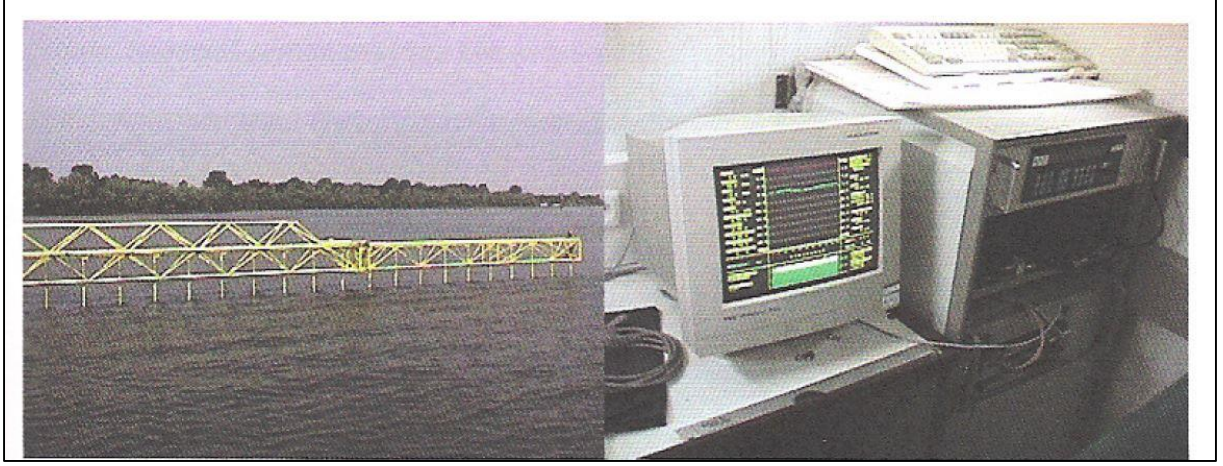
$Q2^0$: Yüksek frekanslı iskandil çıkış açısı

t1: Düşük frekanslı iskandil tarafından okunan derinlik, açık tonlu grafiğin üst kenarından okunan derinliktir.

t2: Yüksek frekanslı iskandil tarafından okunan derinlik ise koyu tonlu grafiğin üst kenarından okunan derinliktir.

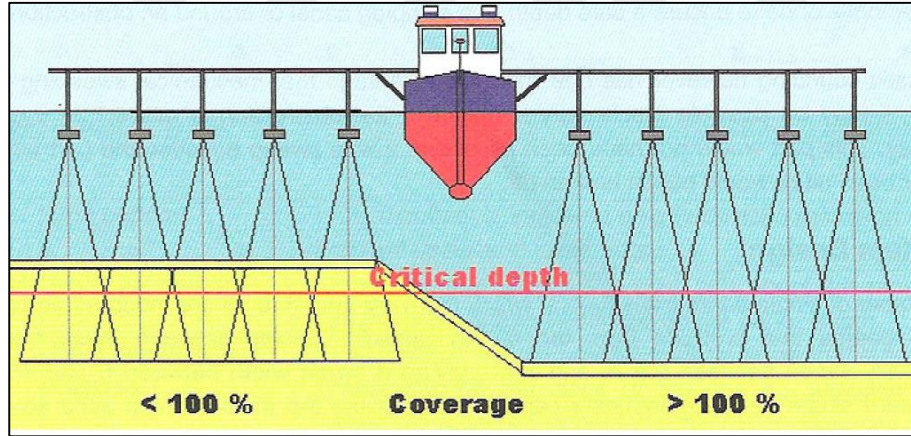
2.3.7.3 Çok Kanallı Akustik İskandil (Multichannel)

Çok kanallı echo sounderlar multi-beam echosounderların öncüleridirler ve bir platforma 1 m ile 3 m aralığında sıra ile yerleştirilmiş birden fazla tek frekanslı transdüserlerden oluşur (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Çok Kanallı Akustik İskandil

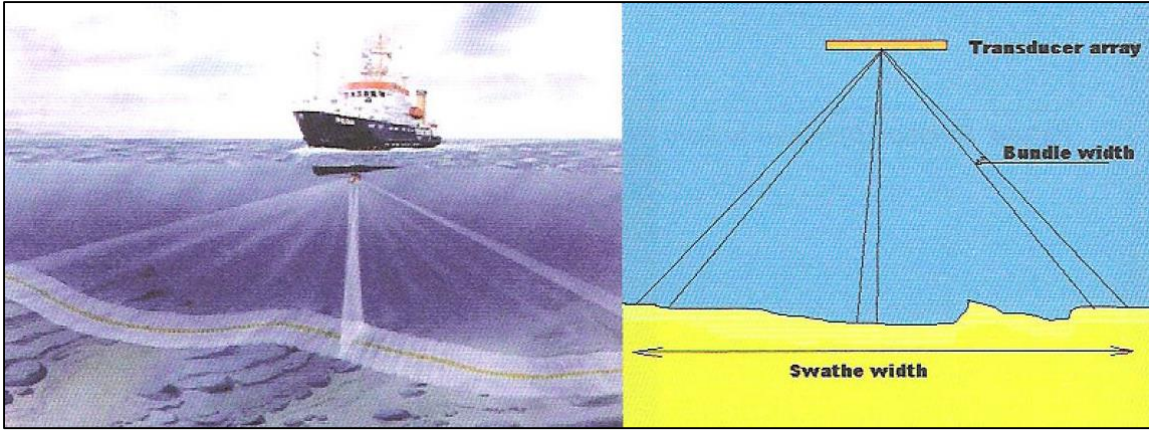
Çok kanallı echo sounderlar yatayda 8 ile 45 m ye varan tarama alanı oluştururlar. Sistem ile ölçüm yapmadan önce roll/yaw kalibrasyonuna ihtiyaç duyulur ve yan yana konumlandırılmış transdüser demetlerinin kesiştiği mesafenin (kritik derinlik) altındaki derinliklerde %100 tarama sağlanır. Ölçüm hatlarında ise min. %20 bindirme gereklidir (Şekil 2.17).



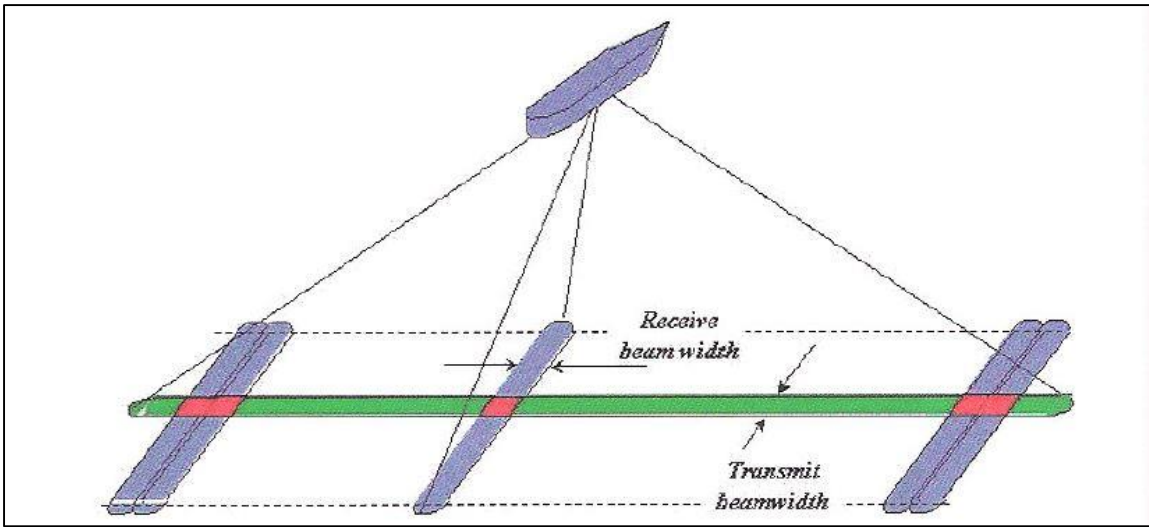
Şekil 2.17 Çok Kanallı Akustik Sonar Kritik Derinlik

2.3.7.4 Çok Işınlı Akustik İskandil (Multibeam)

Çok ışınlı akustik sonarlar bir transdüser demetinden üretilen çoklu derinlik bilgisini kullanırlar. Derinlikler ses demetinin taradığı açısız alan içinde üretilirler. Ses frekansları 12 ile 500 kHz arasında değişir. Tarama açısı 90° ile 180° arası değiştirilebilir hassas ölçümlerde genellikle 120° olarak kullanılır ve derinliğin 4 katı alanı tarar. Bir sinyalin açısı ise 0.5° ile 3° arasında değişir. Çözünürlük derinliğe bağlı olarak 1-15 cm aralığındadır (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 Çok Işınlı Akustik Sonar Tarama Genişliği ve Ses Işın Açısı



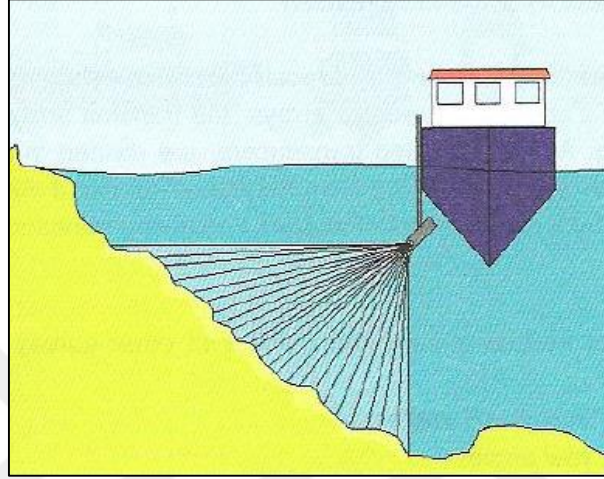
Şekil 2.19 Transdüserden Çıkan ve Zeminden Yansıyan Ses Işın Genişliği

Akustik sinyal transdüserden zemine gönderilir ve sinyalin bir kısmı ya da tamamı zeminden yansır ve transdüserine geri döner. Hangi sinyalin döndüğünü belirlemede üç farklı yöntem vardır ve bunlar; interferometrik algılama, genlik algılama ve faz algılama yöntemleridir (Şekil 2.19).

Çok ışınlı akustik sonarlar hidrografik ölçümlerde farklı amaçlar için kullanılır;

- Dip taramalarında (dredging) yüksek hassasiyet gerektiren inşaat işlerinde %100 kapsamlı veri gerektiren projelerde,
- Açık deniz (offshore) projelerinde boru hatlarının yerleştirilmesinde ve çalışan boru hatlarının durumunu kontrol etmek için ve kablo hatları için hazırlanan ön tasarım çalışmalarında,

- Yüksek gemi trafik yoğunluğu olan bölgelerin, limanların ve kanalların seyahat güvenliği açısından haritalandırılmasında kullanılır,
- Baraj, Set, Kanal ve limanların kontrol edilmesinde kullanılır. Kontrol amacı zemin taraması şeklinde olduğundan tarama açısı 90^0 ve transdüser açılı olarak yerleştirilir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 Çok Işınlı Akustik İskandil Transdüserin 45^0 Açılı Monte Edilmesi

2.3.7.4.1 Çok Işınlı Akustik Sistemlerin Ana Bileşenleri

Akustik veri işlemcisi

Akustik veri işlemcisi çok ışınlı sistemin kalbidir ve büyük miktarda veri işlemek zorundadır. Örnek olarak “Seabat” 8125 gibi saniyede 40 ses demeti gönderen bir sistemde bir demette 240 sinyal gönderdiğini düşünürsek verinin yoğunluğu ve büyüklüğü daha net anlaşılacaktır.

Kontrol Ünitesi

Kontrol ünitesi sistem çalışırken sistemin ayarlarını değiştirmeye yarayan ve anlık verileri grafiksel ekrana aktaran sistemdir.

Çok ışınlı akustik transdüser

Işın sayısı, ışın açısı ve maksimum derinlik mesafesi gibi parametreler transdüserin boyunu etkilemektedirler. Boyut dışında ürettikleri düz ya da yuvarlak dizilere göre ayrılırlar. Yuvarlak dizinin ana avantajı, dönüştürücü ve ışın numarası alma elemanının konumu arasında doğrudan bir ilişki olmasıdır. Faz demodülasyonu elektronik olarak dönen sinyali algılar ve bu sürece dizinin odaklanması denir. Sinyalin dalga boyu frekans ve ses hızına göre değişir.

Çevresel Sistemler

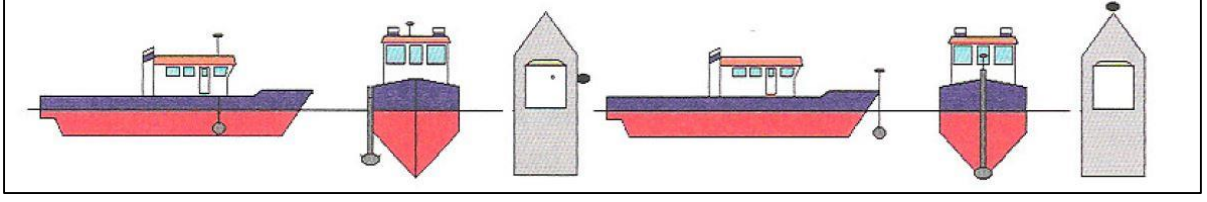
Çok ışınlı akustik sistemin çalışması için en az aşağıdaki sistemlere ihtiyaç vardır.

- Hareket sensörü; heave, roll ve pitch parametrelerini ölçmek için,
- Gyro pusula; yaw açısını ölçmek için,
- Konumlama sistemi; ölçüm verilerini koordinatlandırmak için,
- Yazılım; ölçüm navigasyonu ve veri değerlendirmek için,
- Ses hızı sensörü; farklı derinliklerde ses hızı profili oluşturmak için gerekmektedir.

Kurulum

Çok ışınlı akustik sistemler genellikle yüksek hassasiyette dijital arazi modeli (DTM) üretmek için kullanılır. Sistemin üretici tarafından belirlenen doğruluğu yakalaması için kullanıcı tarafından kurulum aşamasında bir takım şartların yerine getirilmesi gerekmektedir. Bu şartlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Sensör olduğunca ölçme platformuna dik yerleştirilmelidir. Eğer mümkün ise sistem $<5^{\circ}$ den küçük bir açı ile ileri doğru konumlandırılır ise ölçüm platformundan çoklu yansımaları engellenmiş olur.
- Sensör kurulu olduğu platformda aynı frekansta çalışan tek ışınlı akustik iskandilden, motor ve veri akışında parazit oluşturacak sistemlerden uzak bir yere konumlandırılmalıdır.
- Sistemin yerleştirildiği bölgede kesintisiz su akışının olduğundan emin olunmalıdır.
- Yüzer platforma monte edilen transdüser ölçüm sırasında tekne ve dalga hareketlerinden kaynaklı alçalma, yükselme ve ani dönüşlerde su seviyesi üzerine çıkmayacak bir derinliğe monte edilmelidir. Bu mesafe seyir halinde sığ bölgelerde transdüseri zemine veya kayalık bölgelere çarpmamak için genellikle 0.5 ile 1 m arasında olmalıdır.
- Transdüser tarama aralığı boyunca serbest görüş alanına sahip olmalı ve ölçüm platformunun gövdesi tarafından engellenmemelidir.
- Sistemin anlık konumu ise hassas olarak GPS ile belirlenmelidir.
- Transdüserin montajı araştırmanın türüne göre belirlenir. Sığ bölgelerde transdüser konumunun geminin en derin yerinin altına inmesi transdüserde hasara neden olabilir (Şekil 2.21).



Şekil 2.21 Transdüserin Ölçüm Teknesine Monte Edilmesi

2.3.7.4.2 Çok Işınlı Akustik Sistemlerin Matematiksel Modeli

Sistem birden fazla ses ışını farklı açılarda göndererek derinlik bilgisini üretir, bu işlemi yaparken açı ve zamanın birlikte kestirimini yapar (Şekil 2.22).

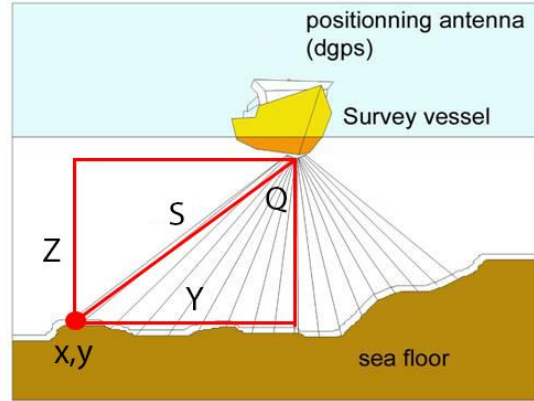
Ses hızının sabit olduğu düşünülürse;

$$S = \frac{t}{2} \times V$$

$$y = S \times \sin Q$$

$$z = S \times \cos Q$$

V= Ses hızı
S= Eğik mesafe
y, z= Ölçüm noktası koordinatları

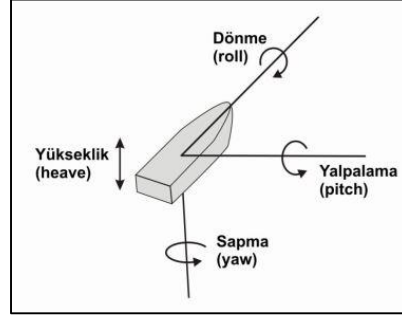


Şekil 2.22 Çok Işınlı İskandil Matematiksel Modeli

2.3.7.4.3 Çok Işınlı Akustik Sistemlerin Kalibrasyonu

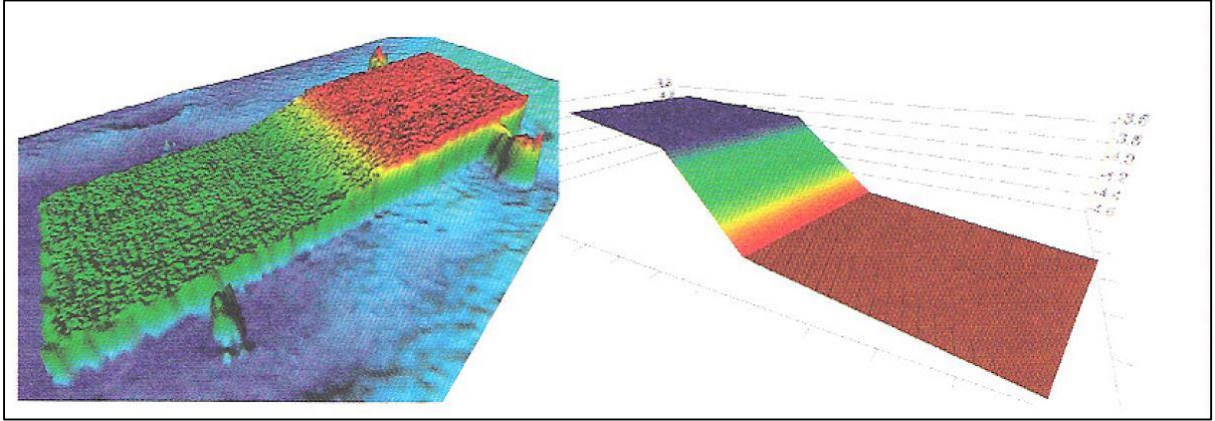
Çok ışınlı sistemlerin kalibrasyonunda Patch Test tekniği kullanılır. Bu teknik tarama açısının hizalanmasını belirlemek için mevcut zemini kullanan bir tekniktir. Genellikle çok ışınlı sistemin yazılımı ile birlikte kullanılır. Sistem kalibrasyonu yapılmadan önce tüm ek sistemler önceden kalibre edilmelidir ve test bölgesinde ses profil ölçümü yapılmalıdır. Patch testi

kullanılarak; konumlama ile tarama arasındaki gecikme (latency), dönme (roll), yalpalama (pitch), sapma (yaw) offset değerleri belirlenir (Şekil 2.23).



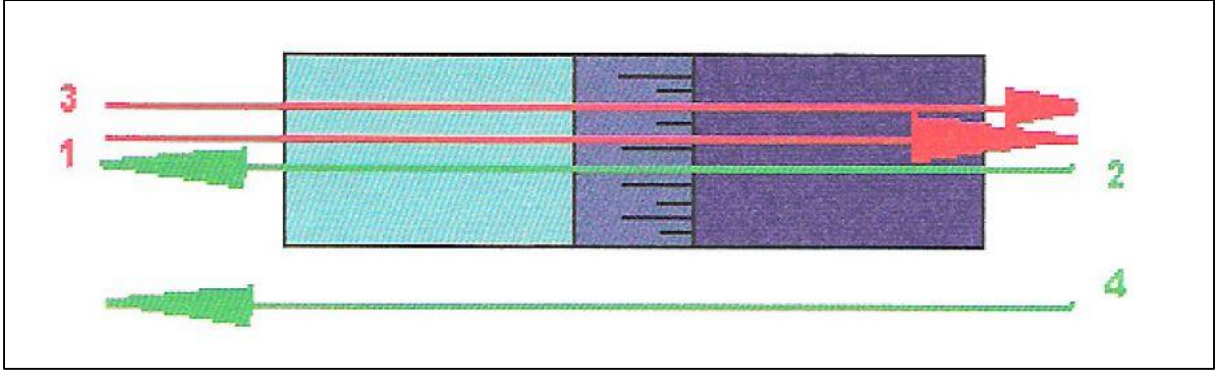
Şekil 2.23 Kalibrasyon Parametre Yönleri

Bu test için eğimli bir zemin ve düz bir zemin yüzeyi gerekmektedir. Eğimli arazi 1/2 ile 1/5 eğim aralığında düz arazi ise olabildiğince derin olmalıdır. Bazı yerlerde çelikten yapılmış 1/5 eğimli sabit platformlar kullanılmaktadır (Şekil 2.24).



Şekil 2.24 Su Altı Sabit Kalibrasyon Platformu

Patch test ile gecikme, roll, pitch, yaw offset parametrelerini belirlemek için en az dört hatta farklı yönlerde ve konumlarda düz ve eğimli zeminde ölçüm yapılması gerekmektedir (Şekil 2.25).

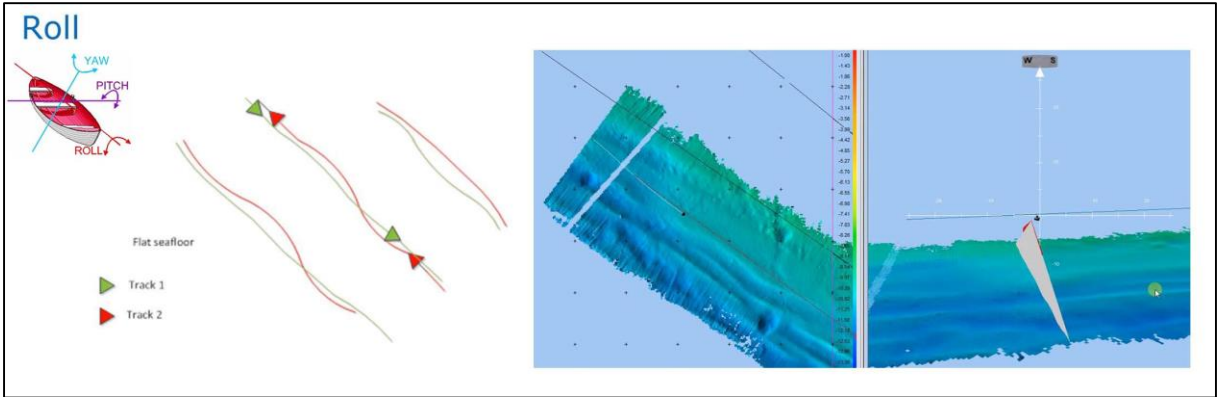


Şekil 2.25 Kalibrasyon Yaparken Ölçülmesi Gereken Hatlar ve Yönleri

Bu ölçümler aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Dönme (Roll) Parametresi için; 1 ve 2 nolu hatlar üzerinde düz zeminde ölçümler,
- Yalpalama (Pitch) Parametresi için; 1 ve 2 nolu hatlar üzerinde eğimli zeminde ölçümler,
- Sapma (Yaw) Parametresi için; 2 ve 4 nolu hatlar üzerinde eğimli zemindeki ölçümler,
- Geçikme (Latency) Parametresi için; 1 ve 3 nolu hatlar üzerinde eğimli zeminde ölçümlerin yapılması gerekmektedir.

Dönme (Roll) Kalibrasyonu



Şekil 2.26 Roll Parametresi Kalibrasyonunda Ölçüm Hat Yönleri ve Konumları

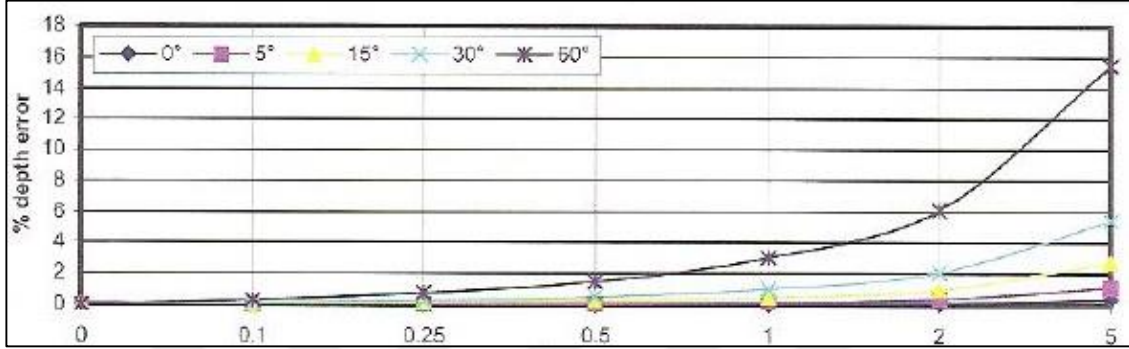
Roll parametresi kalibrasyonu için düz zeminde aynı hat üzerinde gidiş ve dönüş ölçümleri yapılır. Roll parametresindeki ufak bir hata bile ölçüm sonuçlarında önemli hatalara neden olabilir ve bu hata transdüser merkez ışığında minimum en dış ışında ise en yüksek seviyede olacaktır (Şekil 2.26), (URL-2).

$$r = \tan^{-1} \left[\frac{\left(\frac{dz}{da} \right)}{2} \right]$$

r= roll offset parametresi

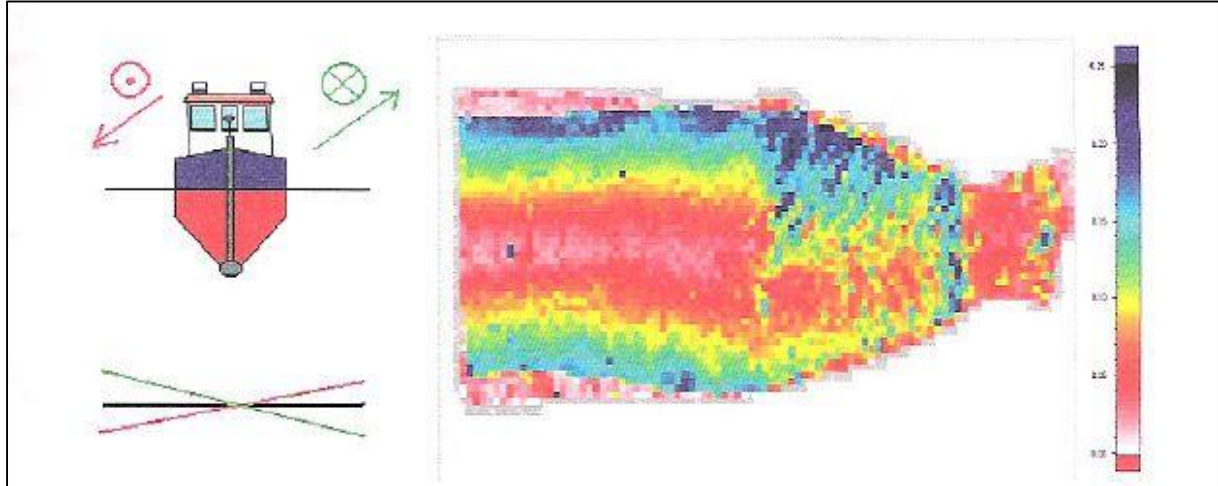
dz=derinlik farkı

da=karşılıklı hat mesafesi



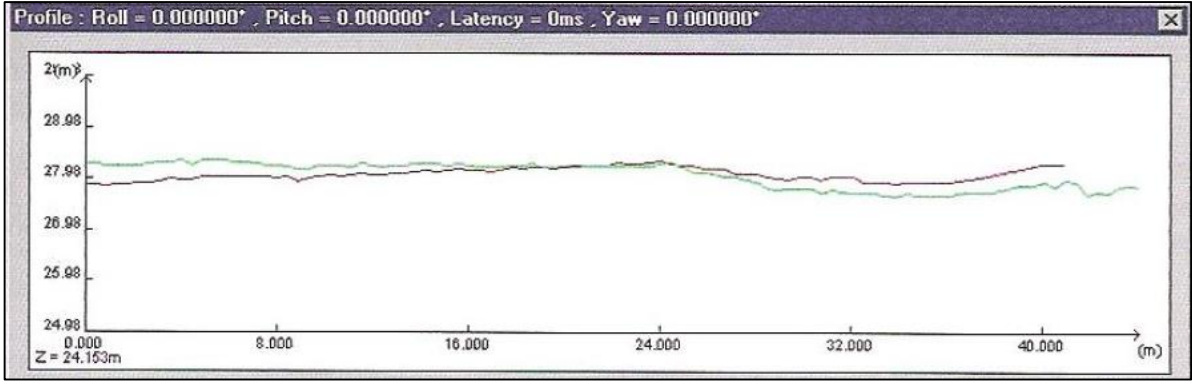
Şekil 2.27 Roll Parametresinin Farklı Açılarda Derinlikteki Hata Oranı

Roll parametresini belirlemek için olabildiğince düz bir zemin seçilmelidir. Genel olarak derin bölgelerdeki ölçümler bu parametrenin belirlenmesinde daha etkili olur. Şekil 2.27’de roll parametresindeki açısal hata arttıkça derinlikteki hata miktarıda artmaktadır (Lekkerkerk 2006).



Şekil 2.28 Roll Parametresi Gidiş-Dönüş Hattında Açısal Hata Görseli

Kırmızı profil gidiş hat ölçümünden elde edilen, yeşil profil dönüş hat ölçümünden elde edilen, siyah profil ise roll parametresiz elde edilen gerçek zemini gösterir (Şekil 2.29).

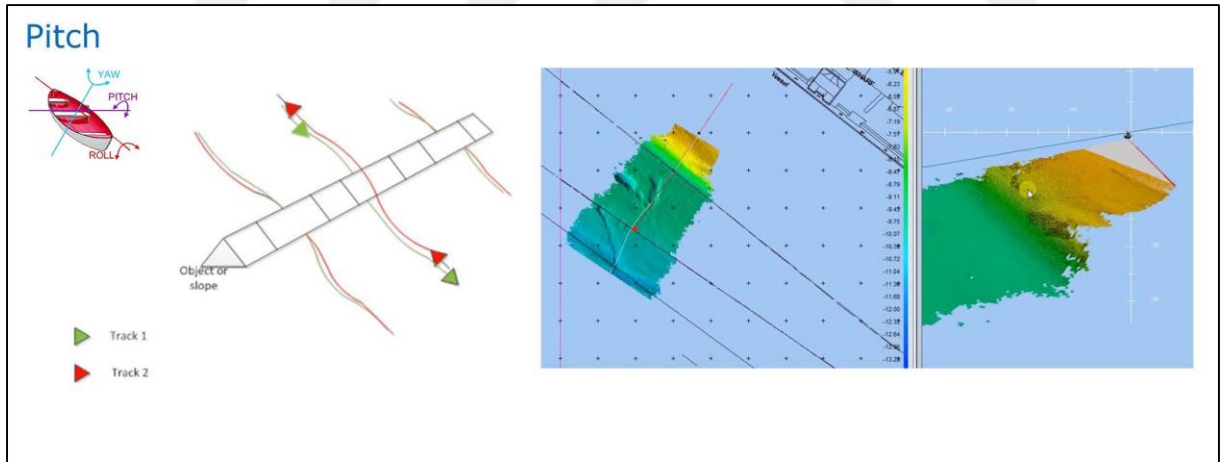


Şekil 2.29 İki Yönde Ölçülmüş Profil Hattındaki 0.5° Roll Hatası

Çok ışınlı akustik sistem olabildiğince dik monte edilmiş ve hareket sensörü kalibre edilmiş ise roll açısı patch test sonucunda 5° yi geçmez. Eğer roll açısı 5° fazla çıkarsa hareket sensörünün hizalamasında hata vardır.

Yalpalama (Pitch) Kalibrasyonu:

Pitch parametresi kalibrasyonu için eğimli zeminde aynı hat üzerinde gidiş ve dönüş ölçümleri yapılır (URL-2).



Şekil 2.30 Pitch Parametresi Kalibrasyonu Ölçüm Hat Yönleri Ve Konumları

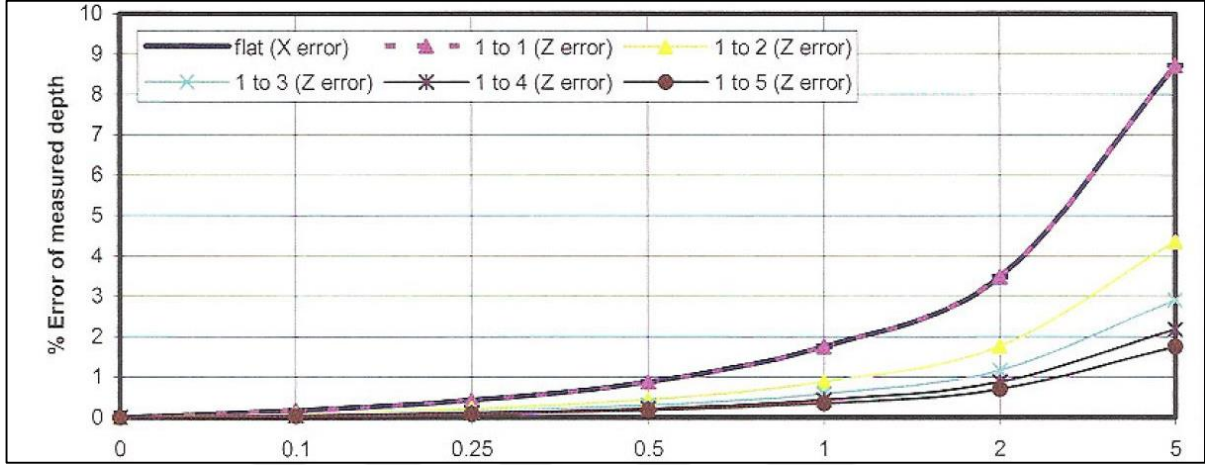
Pitch parametresi derin suda ve eğimli zeminde ölçüm yaparken çok önemlidir. Bu değer doğru olduğu düz bir zeminde ölçüm yaparken zeminin gerçek derinliğinden daha fazla derin ya da sığ görünmesine neden olur. Normal kurulumlar için, bu hata 10 metre su derinliği başına desimetre mertebesinde olabilir. Pitch offset parametresindeki hata zemindeki eğimin gerçekten farklı bir yerde olmasına neden olur ve bu hata 10 m su derinliği için metre mertebesine ulaşabilir.

$$a = \tan^{-1} \left[\left(\frac{da}{2} \right) / d \right]$$

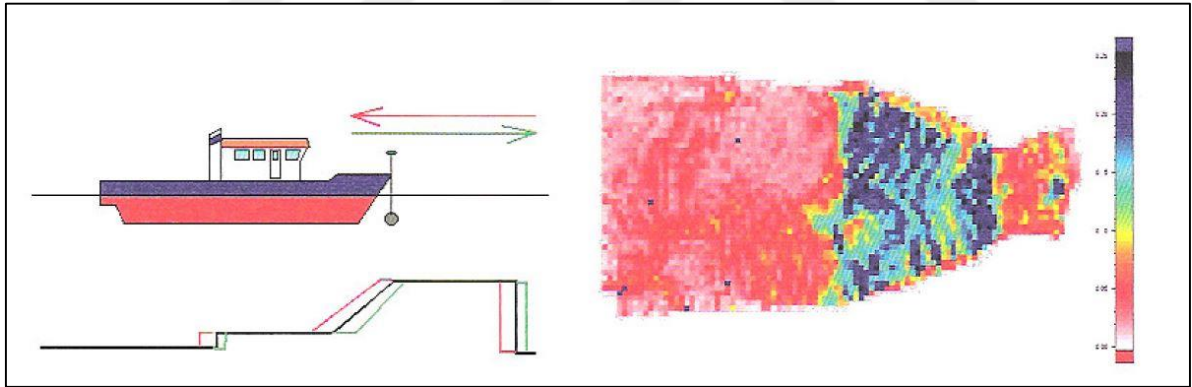
a= Pitch parametresi

da=Hatlar arası kayma miktarı

d= Derinlik



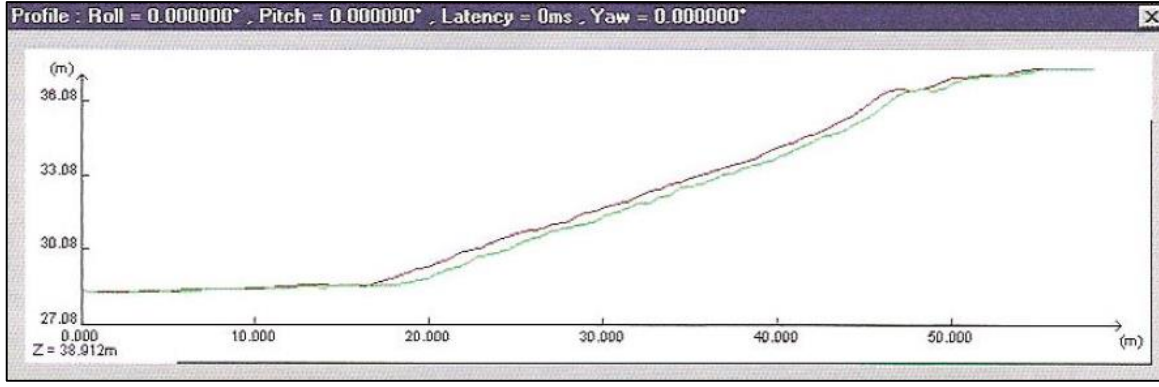
Şekil 2.31 Pitch Parametresi Nedeni ile Eğimli Zeminde Derinlik Hata Oranı



Şekil 2.32 Pitch Parametresi Eğimli Zeminde Standart Sapmaya Etkisi

Pitch parametresindeki 5°'lik hata eğimli arazide standart sapmada hata olarak karşımıza çıkarken düz zeminde sabit kalır (Şekil 2.32).

Eğimi 1:3 ile 1:5 arasında olan bir zemin üzerinde zıt yönlerde hatlar gidilir. Kırmızı arazi profili; dönüş hattından elde edilen pitch offset parametresinden gelir. Yeşil arazi profili; gidiş hattından elde edilen pitch offset parametresinden gelir, siyah arazi profili ise zeminin pitch offset parametresiz gerçek profilidir (Lekkerkerk 2006).

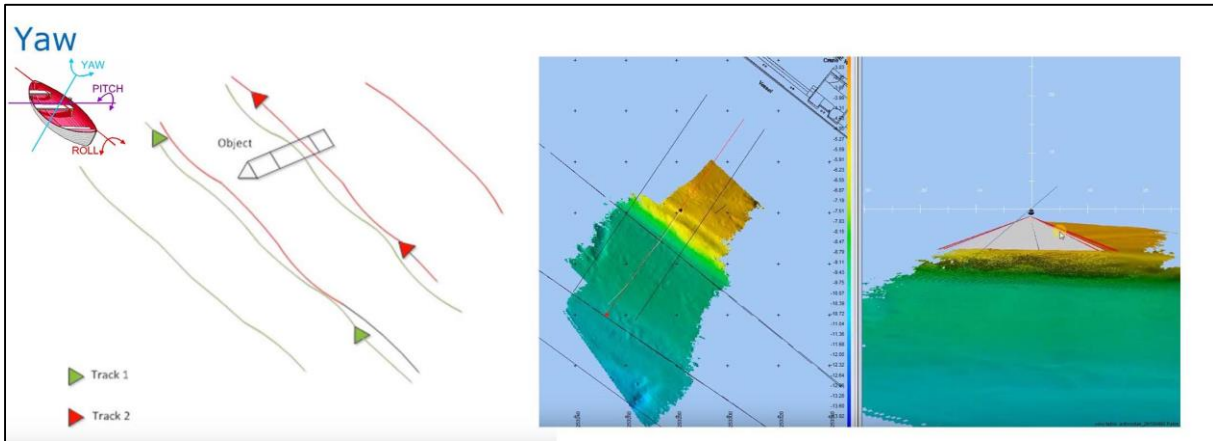


Şekil 2.33 Aynı Yönde Gidilen İki Profilin 5° Pitch Düzeltilmesiz Hatalı Durumu

Çok ışınlı akustik iskandil olabildiğince dikey ekseninde hassas kurulmuş ve hareket sensörü doğru kalibre edilmiş ise pitch açısı patch testi sonucunda 10^0 yi geçmez. Pitch parametresi; gemi offset parametrelerinden ve gecikme offset parametrelerinden etkilenebilir bu yüzden GPS anten konumu ile transdüser konumu offset değerlerinin hassas ölçülmüş olması gerekir.

Sapma (Yaw) Kalibrasyonu:

Yaw parametresi kalibrasyonu için eğimli zeminde aynı yönde farklı hatlar üzerinde ölçümler yapılır (Şekil 2.34), (URL-2).



Şekil 2.34 Yaw Parametresi Kalibrasyonunda Ölçüm Hat Yönleri Ve Konumları

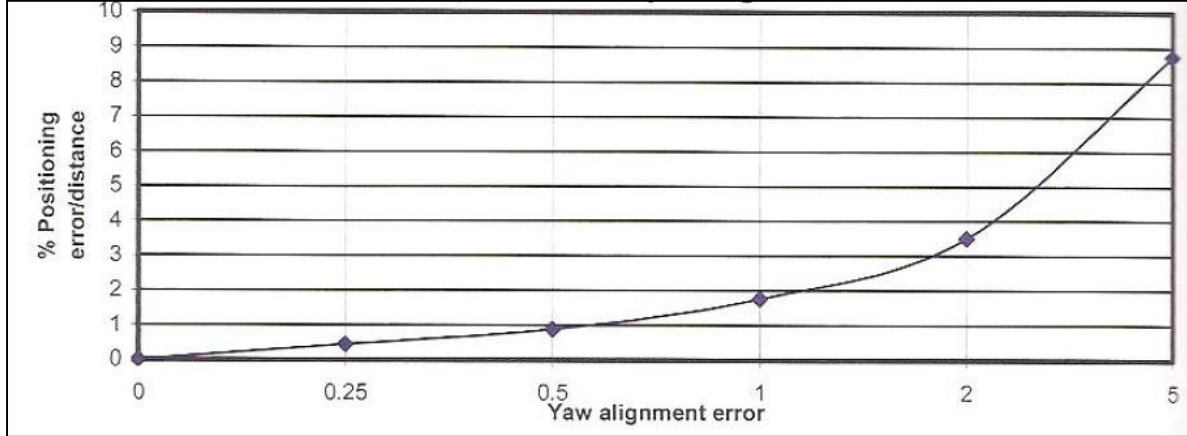
Yaw parametresi eğimli zeminde veya bir obje etrafında ölçüm yaparken çok önemlidir. Düz zeminde ölçüm yaparken yaw parametresi derinlikte hataya neden olmaz fakat eğimli bir alanda ölçüm yaparken derinlikte hata olmamasına karşın mesafe ile değişen bir pozisyon kayması oluşacaktır.

$$y = \sin^{-1} \left[\left(\frac{da}{x} \right) / Xi \right]$$

y= Yaw offset parametresi

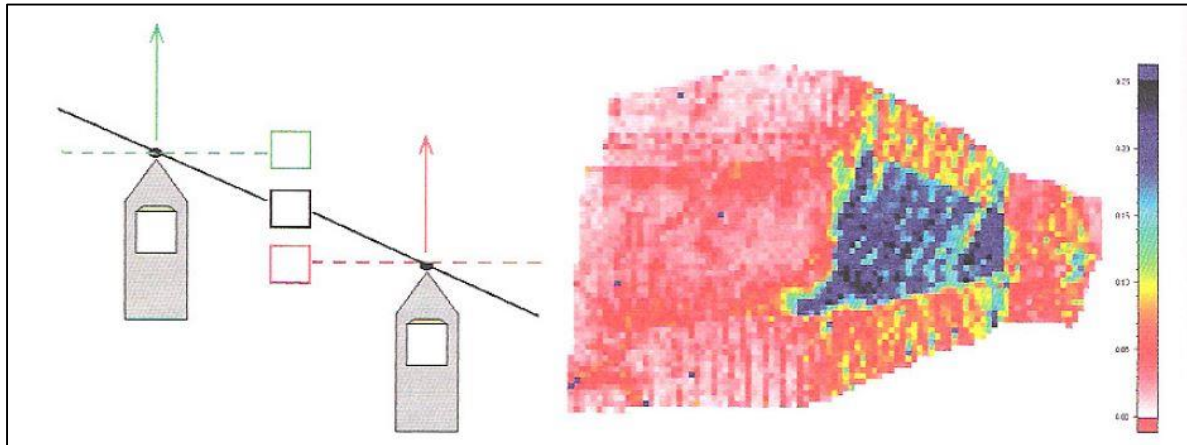
da= Hatlar arası kayma miktarı

X= i ışını için bağlı mesafe



Şekil 2.35 Yaw Parametresinin Konuma Yansıttığı Hata Oranı

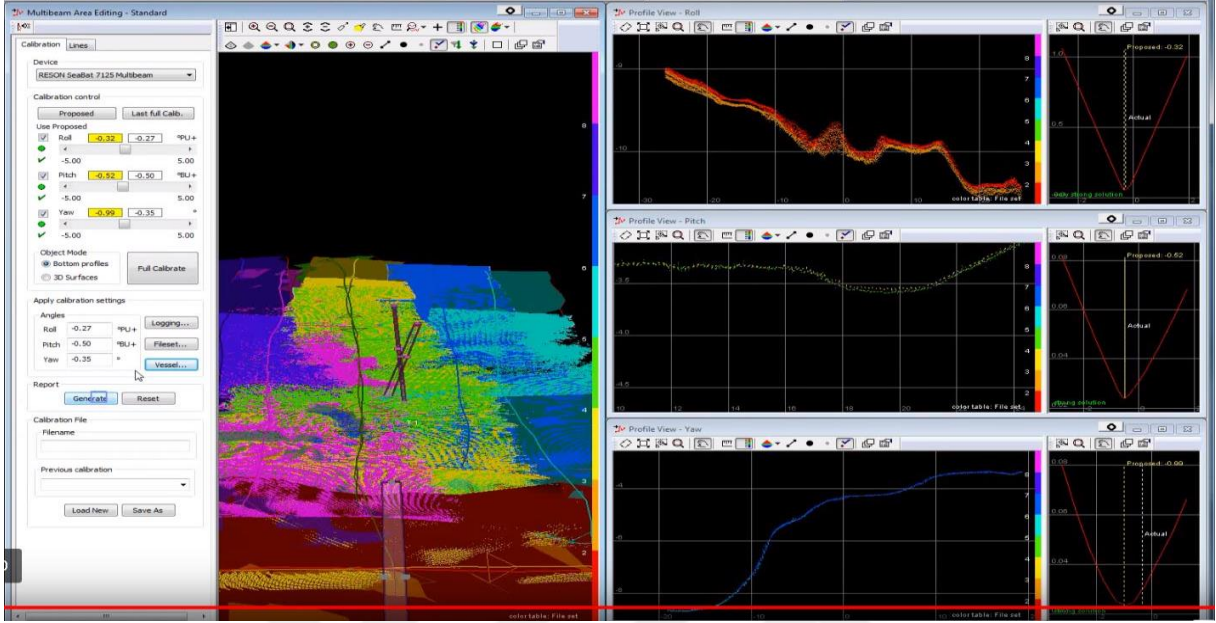
Yaw parametresi hatasını gidermek için 1:3 ile 1:5 arasında eğimli bir zemin seçilir. Aynı yönde iki farklı hat gidilir. Farklı konumlardan aynı yönde giden hatlarda bindirme olmasına ve gidilen hatların olabildiğince aynı doğrultuda gidilmesine dikkat edilmelidir (Şekil 2.36).



Şekil 2.36 Yaw Parametresi Eğimli Zeminde Standart Sapmaya Etkisi

Kırmızı profil gidiş yönünden gelen yaw parametresini, yeşil profil ise gidiş yönünden bindirmeli bir mesafede gidilen ikinci hattan gelen yaw parametresinden, siyah profil ise yaw parametresiz gerçek konumdan gelir (Lekkerkerk 2006).

Yaw parametresi bir obje yerine eğimli bir arazide kalibre edildiğinde yükselti eğrileri belirli bir mesafede ötelenmiş olarak görünür.

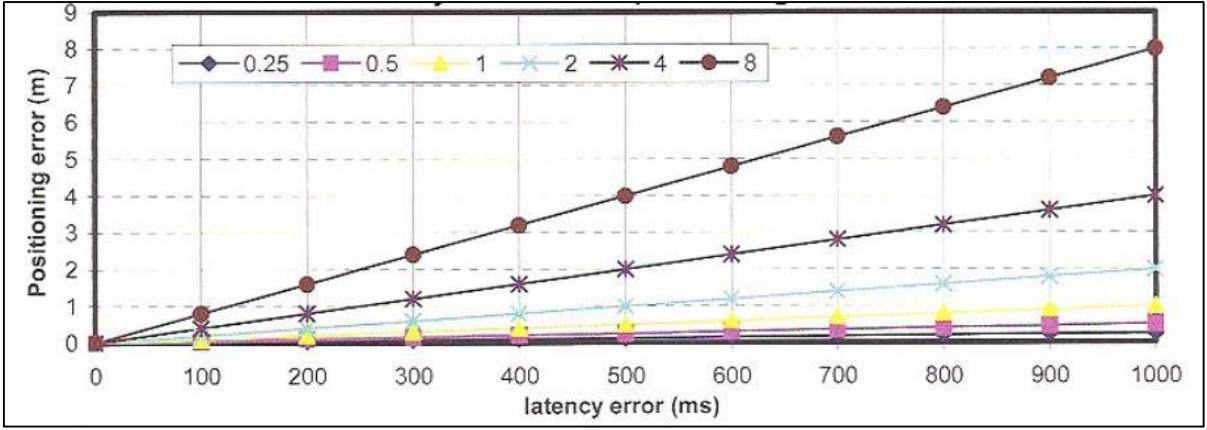


Şekil 2.37 Kalibrasyon Ekranı

Yaw offset parametresi pitch offset parametresinden etkilenebilir. Bu etkiyi azaltmak için pitch offset parametresini yaw offset parametresinden önce kalibre edilmelidir. Yaw açısı 5° den büyük çıktığında bu değer kullanılarak pitch açısı tekrar kalibre edilir ve bundan sonra tekrar yaw kalibrasyonu yapılır. Pitch ve yaw açısı arasındaki farklar bu yolla bulunur (Şekil 2.37).

Geçikme (Latency) Hatası:

Geçikme hatası çoklu ışınli iskan dil ile alakalı değildir bu hata konumlandırma sisteminin kalibrasyonu ile ilgilidir. 10 ile 50 milisaniye arasındaki gecikme miktarı tespit edilebilir. Geçikme hatası GPS ile çok ışınli akustik sistem arasındadır ve gelen düzeltme miktarı 0.2 ile 1 saniye arasındadır. Teknenin seyir hızı ile birlikte gecikmeden kaynaklı konumsal hata miktarı 0.3 m ile 5 m arasında değişmektedir. Eğimli arazide aynı yönde, aynı hat üzerinde farklı hızlarda iki hat ölçüm yapılır.



Şekil 2.38 Geçikme Parametresinin Konum Üzerindeki Hata Grafiği

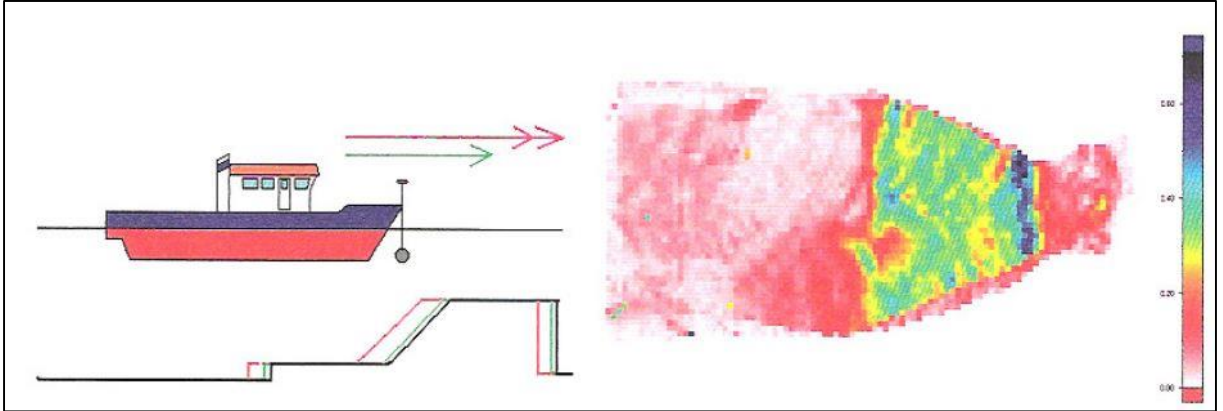
$$TD = \frac{da}{(Vh - Vl)}$$

TD=Saniyedeki gecikme miktarı

Da=Hatlar arası kayma miktarı

Vh=En yüksek tekne hızı

Vl=En düşük tekne hızı



Şekil 2.39 Latency Parametresinin Eğimli Zeminde Standart Sapmaya Etkisi

Yukarıdaki görselde yüksek hızda alınan ölçüm profilinden çıkan kırmızı renkli hat, düşük hızla alınan ölçüm profilinden çıkan yeşil renkli hat ve hattın olması gereken doğru konumu siyah renkli olarak gösterilmiştir (Şekil 2.39).

Tüm kalibrasyon parametreleri belirlendikten sonra başka bir bölgede yapılan ikinci bir test sonucu çıkan ufak farklılıklar sistem tolerans değerleri içerisinde olmalıdır (Lekkerkerk 2006).

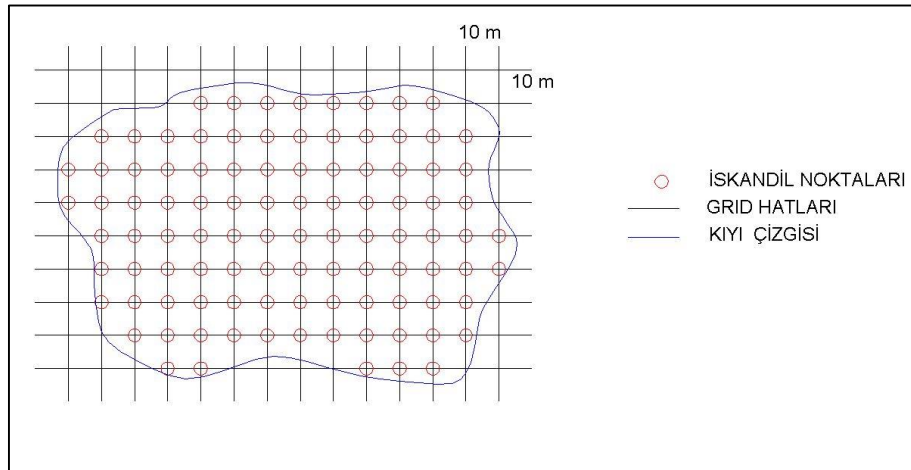
2.3.7.5 Akustik Sistemler ile Ölçüm Plan Tasarımı

Batimetrik haritalar üretilirken kullanılan yöntem ne olursa olsun ölçüm yapılmadan önce ölçüm planı hazırlanması gerekmektedir. Hazırlanan ölçüm planı üzerinden yapılan alımlar bir düzen çerçevesinde ilerler ve ölçüm yapılmamış eksik bölge kalmamasını sağlar.

Ölçüm yapılacak maksimum ve minimum derinlik, kullanılacak donanım (tel iskandil, tek ışıklı iskandil, çok ışıklı iskandil vb.) üretilen haritanın ölçeği ve deniz tabanının düzgün ya da şevli bir topoğrafya olması ölçüm planı tasarımını etkiler. Aşağıda iskandil yöntemlerinde uyulması gereken ölçüm planlarına değinilmiştir.

▪ Tel, ip ve lata iskandil yöntemlerinde ölçüm planı tasarımı;

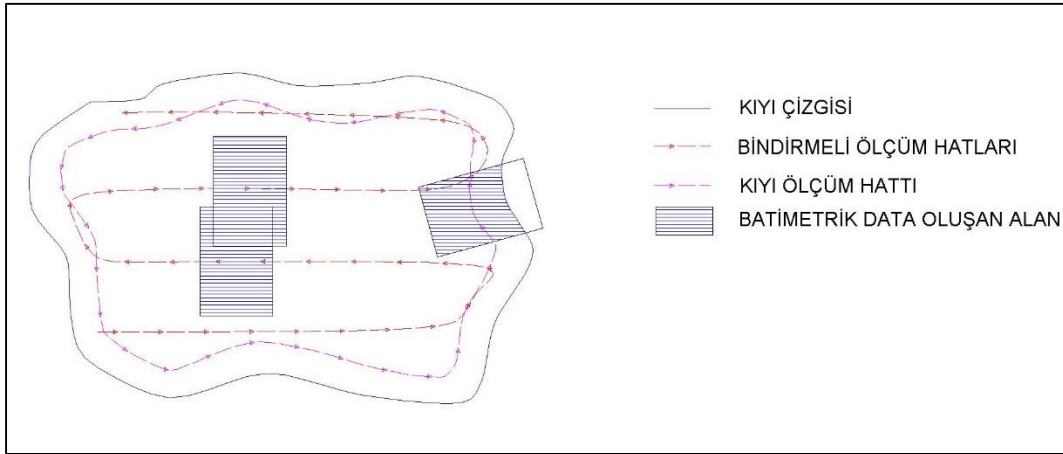
Tel, ip ve lata teknikleri ile ölçüm yapılması için; ölçüm yapılacak alan sınırları içi yeterli aralıkta kareleja bölünür. Her bir kareleja noktasına denk gelecek şekilde derinlik ölçümü yapılır. Bu yöntemler ile yapılan ölçümlerde derinliğe bağlı olarak akıntının ölçüm sonuçlarına etkisi büyük olduğundan geniş alanların batimetrik haritasının çıkarılmasında pratik değildir. Derinlik ve konum bilgileri eş zamanlı manuel olarak kayıt edildiğinden ölçüm süresi fazladır (Şekil 2.40).



Şekil 2.40 Tel, İp ve Lata Ölçüm Planı Tasarımı

▪ Çok ışınlı (Multi beam) iskandil yöntemi ölçüm planı tasarımı;

Çok ışınlı sistemlerin ürettiği veri kaplama alanı derinliğe bağlı olarak değiştiğinden bu tip sistemler ile ölçüm yaparken ölçüm sınırı haricinde bir ölçüm hattına ihtiyaç yoktur. Sistem derinliğin üç katı oranında bir alanı taradığından ölçüm hatlarını ölçüm sırasında gidilen hatların birbirlerine göre bindirme oranları belirler. Çok ışınlı sistemler ile üretilen yoğun veri ölçüm ekranında anlık gözüktüğü için tarama alanında ölçümü yapılmamış alan kalmaz ve %100 zemin taraması gerçekleşir (Şekil 2.43).



Şekil 2.43 Çok Işınlı (Multibeam) İskandil Yöntemi Ölçüm Planı Tasarımı

Ölçüm hatları arası mesafe hesabı;

$$L1 = \left(\left(\tan \frac{\alpha}{2} \right) \times d \right)$$

$$L2 = L1 \times \left(\frac{\rho\%}{100} \right)$$

$$S = (2 \times L1) - L2$$

α = Multi beam tarama açısı (Swaths sector $^{\circ}$)

d= Ölçüm derinliği (m)

ρ = Ölçüm hatları arası bindirme oranı (%)

L1= Tarama mesafesinin yarısı (m)

L2= Hatlar arası bindirme mesafesi (m)

S= Bindirme değerine göre hesaplanan ölçüm hatları arası yatay mesafe

Multibeam sistemleri ile ölçüm hatlarında keskin dönüşler yapılır ise tarama açısı dönüş kurbunun içinde noktalar arası örnekleme mesafesi sıklaşırken, dönüş kurbunun dışına

gidildikçe noktalar arası mesafe artmaya başlar. Bu neden ile ölçüm sırasında dönüşlerde veri kaydı kapatılması önerilir.

2.4 İSKANDİL ÖLÇÜMLERİNDE PREZİSYON

İskandil yöntemlerinde kullanılan ekipman ve ölçülecek derinlik, üretilen verinin prezisyonunu değiştirir, bu yüzden yapılacak olan çalışmaya yönelik ekipman seçilmesi gerekmektedir.

Çizelge 2.2 İskandil Yöntemlerinde Prezisyon Değerleri

Yöntem	Sistemim Kullanıldığı Derinlik	Hata Miktarı ±
Lata İskandil	5	2 cm
İp İskandil	30	10 cm
Tel İskandil	30-200	0.01 H
Hidrostatik İskandil	100	3-5 cm
Termometrik İskandil	>1000	0.005 H
Akustik İskandil	>2000	0.01 H
Lidar İskandil	α = ekstinksiyon (yutulma-dağılma) katsayısı	
$\alpha=0.2 \text{ m}^{-1}$	40-50	0.5 m
$\alpha=0.3 \text{ m}^{-1}$	30-40	0.5 m

Çizelge 2.2’de belirlenecek derinliğe göre hangi iskandil yöntemi seçilmesi gerektiği özetlenmiştir. $H < 5$ m’ye kadar sığ derinliklerde kullanılan lata iskandil yöntemi ± 2 cm hassasiyet sağlarken, $H < 30$ m altında derinliklerde kullanılan ip iskandil yöntemi ± 10 cm hassasiyet sağlamaktadır. Klasik iskandil yöntemlerinden olan tel iskandil yöntemi ise 30-200 m aralığında derinliklerde kullanılır ve sistem ölçülen derinliğe bağlı olarak $\pm 0.01 \times H$ değerinde hassasiyet sağlar. Maksimum 100 m derinlikte kullanılan hidrostatik iskandil yöntemi $\pm 3-5$ cm aralığında bir hassasiyet sağlar. $H > 1000$ m derinliğinde termometrik iskandil $\pm 0.005 \times H$ değerinde prezisyon sağlarken akustik iskandil yönteminde bu değer $H > 2000$ m derinliğinde $\pm 0.01 \times H$ değerindedir. Sığ sularda kullanılan diğer bir yöntem olan lidar iskandil yönteminde hata miktarı ekstinksiyon (yutulma-dağılma) katsayısına bağlı olarak ± 0.5 m değerindedir.

2.5 DERİNLİK BELİRLEMEDE HATA KAYNAKLARI

2.5.1 Klasik Ölçme Yöntemlerinde Hata Kaynakları

Klasik ölçme yöntemleri ile derinliğin 30 metreden az ve akıntısız sularda elde edilen hassasiyet ± 10 cm mertebesindedir. Su ortamından kaynaklı akıntının neden olduğu derinlik hatası akıntının hızına ve iskandil ağırlığına bağlıdır. Dalgalı günlerde ölçüm yapılan platformun su yüzeyindeki dalgalanmalardan kaynaklı sallanması ölçüm sırasında hatalı okuma yapılmasına neden olur.

İskandil ipinin düşey konuma gelmeden okuma yapılması, iskandil ipinin gergin olmadan okuma yapılması ve ölçüm sırasında iskandil değerinin yanlış okunması klasik ölçme yöntemlerinde operatörden kaynaklı hatalardır.

Kullanılacak iskandil ipinin su ortamında boyunun değişmemesi gerekmektedir. Ölçüm yapılmadan önce karada iskandil ölçü değerleri kontrol edilmelidir. Her hangi bir sistematik hatayı önlemek için ölçüm bittikten sonra ip ıslak halde tekrar kontrol edilmediir.

2.5.2 Akustik Ölçme Yöntemlerinde Hata Kaynakları

Akustik ölçme sistemleri ile yapılan ölçümler; donanım, yazılım ve operatörden kaynaklı hatalar içerir. Sistemin çalışması ses hızının suda seyahat süresine bağlı olduğu için bu parametrenin hatalı girilmesi ölçülen derinliklere sistematik hata olarak yansır. Ölçüm sırasında deniz seviyesindeki gel-git kaynaklı düzenli alçalma ve yükselme mareograf istasyonları tarafından kayıt altına alındığından veri işleme sırasında gerekli düzeltme getirilebilir fakat ölçüm sırasında ani oluşan dalgalardan kaynaklı teknenin yalpalama hareketi transdüserden çıkan ses konisinin düşeyliğini etkiler ve ölçüm sırasında ani kaba hatalara neden olur. Sistemi kuran operatörün ses hızını yanlış girmesi, transdüserin derinliğinin yanlış ölçülmesi, transdüserin hatalı düzeçlenmesi, konumlandırma sisteminin offset ölçümlerinin yanlış ölçülmesi kullanıcı hataları olarak sistematik bir şekilde ölçümlere yansır.

Kayıt üniteleri (Ekograf) ile çizdirilen grafikler üzerinden ± 0.5 mm okuma inceliğinde derinliklerin okunması tecrübe ve dikkat ister.

2.6 SU ALTI HARİTALARININ SINIFLANDIRILMASI VE IHO STANDARTLARI

1921 yılında kurulmuş olan Uluslararası Hidrografi Bürosu (IHB), 1970 yılında Uluslararası Hidrografi Organizasyonu (IHO) ismini almıştır. IHO'nün görevi, hidrografi dairelerinin faaliyetlerini koordine etmek, deniz harita ve dokümanlarında standardizasyonu sağlamak, hidrografik ölçmelerin yapılması için güvenilir ve etkili yöntemler tespit ve kabul etmek, hidrografi bilimleri ve oşinografi teknikleri geliştirmektir (Aydın ve Erkaya 2005).

Sualtı haritaları, kullanım amacı, bulunduğu ortam ve kapladıkları alanların büyüklüklerine göre sınıflandırılırlar (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3 Hidrografik Haritaların Sınıflandırılması

Su Ortamının Türüne Göre	Yapılış Amacına Göre	Ölçeklerine Göre
Deniz	Hidrografik	Okyanus Haritaları (1/5.000.000 ve daha küçük ölçekli)
Göl	Oşinografik	Genel Görüntü Haritaları (1/5.000.000 – 1/1.000.000)
Akarsu	Tematik	Normal Deniz Haritaları (1/1.000.000 – 1 /250.000)
	Özel	Kıyı Haritaları (1/250.000 – 1/40.000)
		Özel Haritalar (1/40.000 ve daha büyük ölçekli)
		Hidrografik Planlar (Her ölçekte, özellikle 1/5.000 ve daha büyük ölçekli)

Çizelge 2.4'de IHO tarafından belirlenmiş standartlar verilmiştir.

Çizelge 2.4 Hidrografik Mesahalar için Minimum IHO Standartları

DERECE	ÖZEL	1	2	3
Tipik Saha Örnekleri	Limanelar, Yanaşma yerleri ve minimum omurga altı kleransı olan kritik kanallar	Limanelar, liman yaklaşma suları, tavsiye edilen kanallar ve derinliği 100 m' ye kadar olan bazı kıyı alanları	Özel Derece ve 1. Derece ile kapsanmamış veya derinliği 200 m'ye kadar olan alanlar	Özel Derece, 1. Ve 2. Derece ile kapsanmamış açık denizler
Yatay Doğruluk (%95 güvenirlilik)	2 m	5 m + derinliğin %5'i	20 m + derinliğin %5'i	150 m + derinliğin %5'i
İndirgenmiş Derinlikler İçin Derinlik Doğruluğu (%95 g,venirlilik) (1)	a= 0.25 m b=0.0075	a= 0.5 m b=0.013	a= 1.0 m b=0.023	2. Derece ile aynı
% 100 Dip Araştırması	Zorunlu (2)	Seçilmiş sahalarda gerekir (2)	Seçilmiş sahalarda gerekebilir	Uygulanmaz
Sistem Tespit Kabiliyeti	1 m ³ < cisimler	40 m'den sığ derinliklerde 2m ³ 'ten, 40 m'den sonra derinliğin %10'undan büyük cisimler	1.Derece ile aynı	Uygulanmaz
Maksimum Hat Aralığı (4)	% 100 dip kaplaması zorunlu olduğu için uygulanmaz	Ortalama derinliğin 3 katı veya 25 m (hangisi büyük ise)	Ortalama derinliğin 3-4 katı veya 200 m (hangisi büyük ise)	Ortalama derinliğin 4 katı

Derinlik doğruluğunun hata miktarının hesaplanması;

$$\mp \sqrt{[a^2 + (b \times d)^2]}$$

- a : Sabit hataların toplamı
b*d : Derinliğe bağlı hataların toplamı
b : Derinliğe bağlı hata faktörü
d : Derinlik

- Tipik Saha Örnekleri;
Meshanın derecesine göre ne tip alanlara uygulanacağını belirtir.
- Yatay Doğruluk;
Her bir derece için ulaşılmaması hedeflenen konumlandırma doğruluklarını belirtir.
- Derinlik Doğruluğu;
Ulaşılmaması amaçlanan indirgenmiş derinlik doğruluğu değerlerinin hesaplanmasında kullanılacak parametreleri belirler.
- %100 Dip Araştırması;
Tam dip araştırılması yapılması gereken durumları belirler.

- Sistem Tespit Kabiliyeti;
Dip araştırması için kullanılacak ekipmanın tespit kapasitesini belirler.
- Maksimum Hat Aralığı;
Ölçüm hatları arasındaki mesafeyi belirler.

IHO Standartlarına göre üretilecek haritaların ölçekleri kullanım alanına göre değişmektedir. (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5 IHO Standartlarına Göre Üretilecek Harita Ölçekleri

Limanlar ve Kanallar	1/10.000 ve daha büyük ölçekli
Limana Yaklaşma	1/20.000 ve daha büyük ölçekli
Kıyıya Yakın Sular (d<30 m)	1/50.000 ve daha büyük ölçekli
Kıyı Bölgeleri (d>30 m)	1/100.000 ve daha büyük ölçekli

2.7 SES HIZININ MODELLEMESİ

Çok ışınlı iskandillerde sistem tarafından farklı açılarda gönderilen ışınlar farklı derinliklere ulaşırlar. Farklı ortamlardan geçen ses ışınının kat ettiği mesafeyi hassas bir şekilde hesaplamak için sabit bir ses hızı değeri yerine derinliğe göre değişen ses hızı kolonu kullanılır.

Sıcaklık, tuzluluk ve suyun derinliği ses hızını belirleyen ve etkileyen parametrelerdir. Ortamdaki yoğunluk değişiklikleri ses hızı üzerinde bir etkiye sahiptir. Ses hızının tatlı ve tuzlu sudaki değeri yoğunluğun karekökü ile ters orantılıdır. Yayılma hızı, deneysel bir formül içine girdiği, yayılma hızını sağlayan üç çevresel parametrenin ölçülmesiyle belirlenebilir. Bunlar;

1. Sıcaklık; ses hızının yayıldığı ortamda derinliğe göre değişir,
2. Tuzluluk; iletkenlik ölçümlerinden türetilir,
3. Derinlik; basınç ölçümünden türetilir.

Yaygın olarak kullanılan formüller ise;

Çizelge 2.6 Ses Hızı Matematiksel Modelleri

Wilson $c=1449.2+4.623T-0.0546T^2+1.391*(S-35)$
Medwin 1 $c=1449.2+4.6T-0.055T^2+0.00029T^3+(1.34-0.01T) *(S-35)+0.016D$
Medwin 2 $c=1449.2+4.623T-0.0546T^2+0.003T^3+(1.391-0.012T)* (S-35)+0.017D$
Del Grosso (Tatlı su için) $c= 1401.896+4.973818647T-5.557293595*10^{-2}T^2+3.17853157875*10^{-4}T^3$ $-2.043447838124*10^{-6}T^4+1.348351416S-1.01845833872*10^{-2}TS$ $-5.53689472711*10^{-7}TS^3+1.8446778831*10^{-6}T^3S$
Kinsler ve Frey $c=1449.05+45.7T-521T^2+0.23T^3+(1.333-0.126T+0.009T^2)*(S-35)$ $+(16.3+0.253T) K+(0.213-0.1T) K^2+(0.016+0.002*(S-35))TK$
Chen ve Millero $c=((C00+C01T+C02T^2+C03T^3+C04T^4+C05T^5)+(C10+C11T+C12T^2+C13T^3+$ $C14T^4)P+(C20+C21T+C22T^2+C23T^3+C24T^4)P^2+(C30+C31T+C32T^2)P^3+((A00+$ $A01T+A02T^2+A03T^3+A04T^4)+(A10+A11T+A12T^2+A13T^3+A14T^4)P+(A20+A21T+$ $A22T^2+A23T^3)P^2+(A30+A31T+A32T^2)P^3)*S+(B00+B01T+(B10+B11T)P)S^2+(D00+D10$ $P)S^2$

Bu formüllerde;

c = Sesin yayılma hızı (m/s)

T = Sıcaklık $^{\circ}C$ (Kinsler-Frey formülündeki $T=^{\circ}C/10$)

S = Tuzluluk (%)

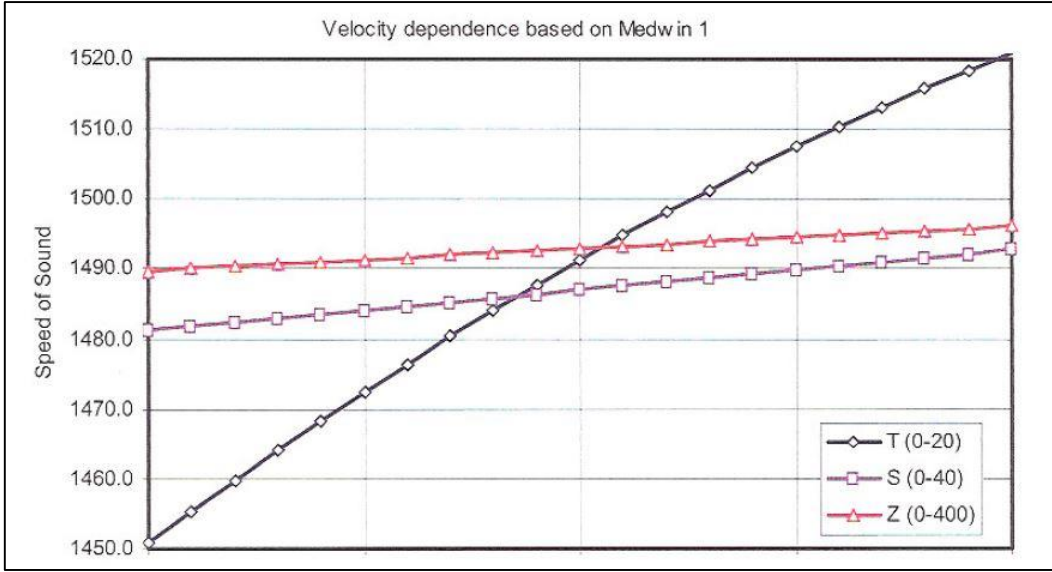
K = $D(1-0.0026 \times \text{COS}p)$

D = Su derinliği (km)

p = Enlem

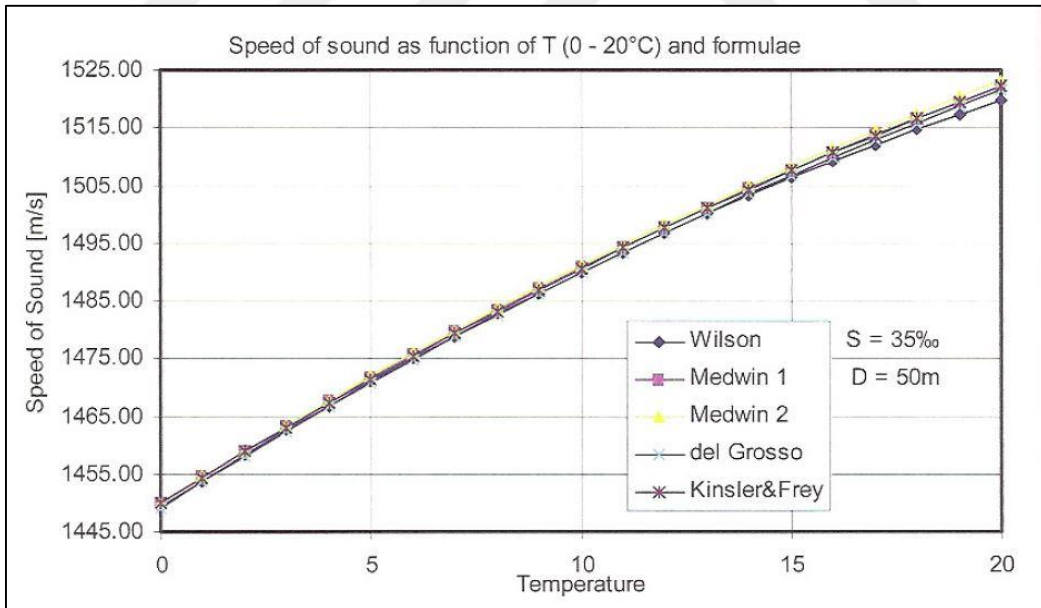
(Lekkerkerk 2006).

0-20 $^{\circ}C$ aralığında sıcaklık, 0-40‰ aralığında tuzluluk ve 0-400 m aralığında derinlik değerlerine göre parametrelerin arasındaki ilişkiyel çizelgeler aşağıda gösterilmiştir.



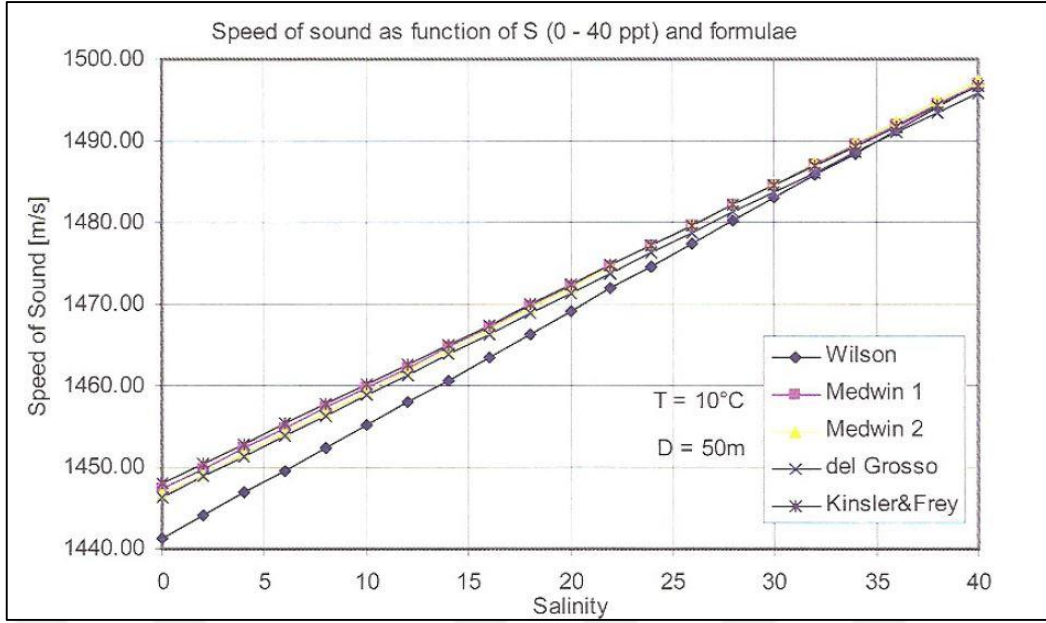
Şekil 2.44 Sıcaklığın Ses Hızına Etkisi

Şekil 2.44 te bulunan grafikten anlaşıldığı üzere sıcaklık parametresi ses hızını etkileyen en önemli parametredir. Çizelge 2.6'da verilen farklı formüllerin karşılaştırılması aşağıdaki görselde sunulmuştur.



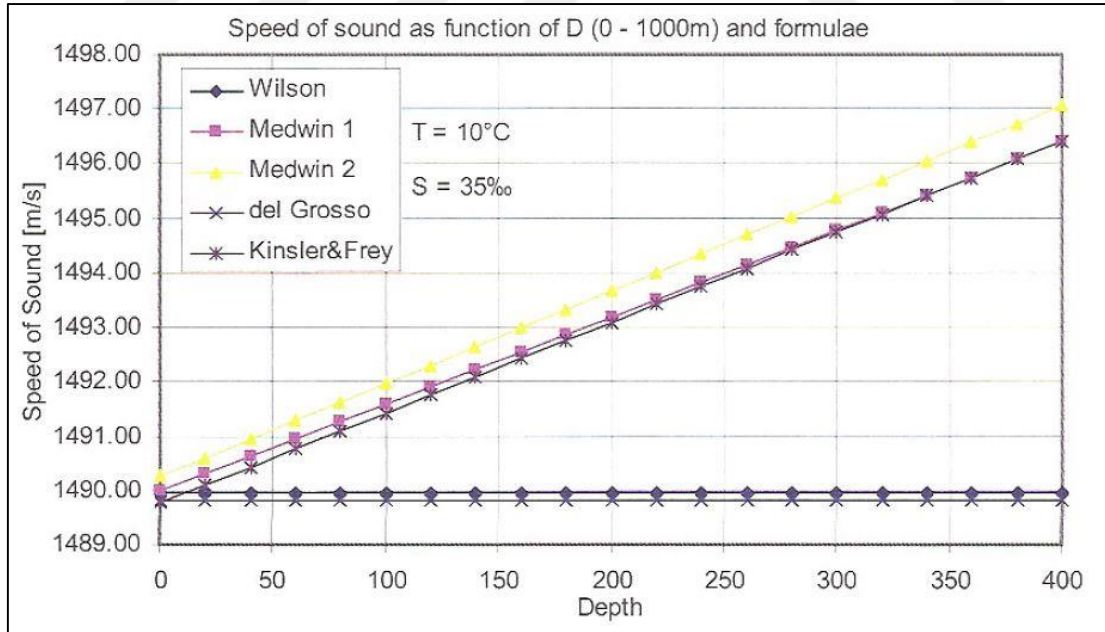
Şekil 2.45 Farklı Formüllere göre Ses Hızı Değişimleri

50 m derinlik ve 35‰ tuzlulukta deniz suyu koşullarında; değişen sıcaklıklarda bütün formüllerde aynı etki görülmektedir (Şekil 2.45).



Şekil 2.46 Tuzluluk Oranının Ses Hızına Etkisi

Normal koşullar altında değişen tuzluluk oranının Wilson formülü hariç soğuk sularda birkaç m/s kadar değiştiği görünmektedir. Nehir akarsu bağlantıları ise tatlı su tuzlu su karışımından tuzluluk oranında değişkenlik gösterir (Şekil 2.46).



Şekil 2.47 Derinlik Parametresinin Ses Hızına Etkisi

Derinlik parametresinin formüllerdeki etkinliği; 10⁰C Sıcaklık ve 35‰ tuzluluk oranına sahip bir ortamda Wilson ve Kinsler formülleri hariç yaklaşık eşit olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 2.47).

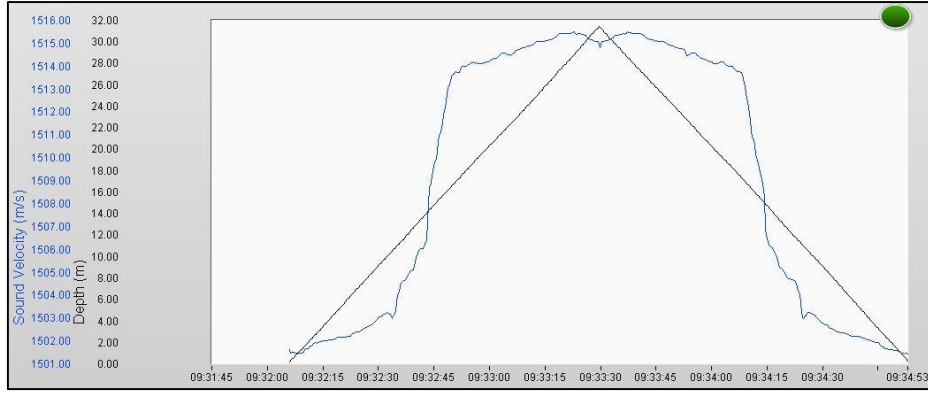
Ses Hızı Sondası

Düzgün yoğunluğa sahip bir ortamdan geçerken ses düz bir çizgide ilerler. Yoğunluğu değişken olan ortamlar ise sinyal hareket yolunu ve sinyal gücünü etkiler. Derinlik ölçümüne başlamadan önce ses hızını yazılıma girmek gerekir. Ölçüm yapılan bölgede max derinlikte ses hızını ölçmek için kullanılan ekipmalara ses hızı sondası denir (Şekil 2.48).



Şekil 2.48 Ses Hızı Sensörü

Tek ışınlı iskandil cihazlarında ortamı en iyi yansıtan ortalama bir ses hızı değeri kullanılırken çok ışınlı iskandil cihazlarına her derinlik için değişkenlik gösteren ses hızı kolonu oluşturularak yazılıma girilir. Ses hızı kolonu derinliğe göre düzeltme getireceği için yüksek derecede hassasiyet sağlar. Cihaz bir ip yardımı ile yeterli derinliğe indirilir ve çıkartılır bu süreçte istenilen aralıkta genellikle 0.50 m de bir basınç ve ses hızı ölçümü yaparak kayıt altına alır. İniş ve çıkış değerlerinden oluşan çizginin liner olmaması derinliğe bağlı olarak değişen ses hızından kaynaklıdır. Ses hızı sensörü kalibre edilmiş ve mesafesi belli bir yüzeye anlık ses dalgası gönderir ve yansıyan ses dalgasından anlık ses hızı ölçülür, anlık basınç ise basınç sensörü ile ölçülerek derinliğe bağlı olarak ses hızını içeren ses kolonu oluşturulur (Şekil 2.49).



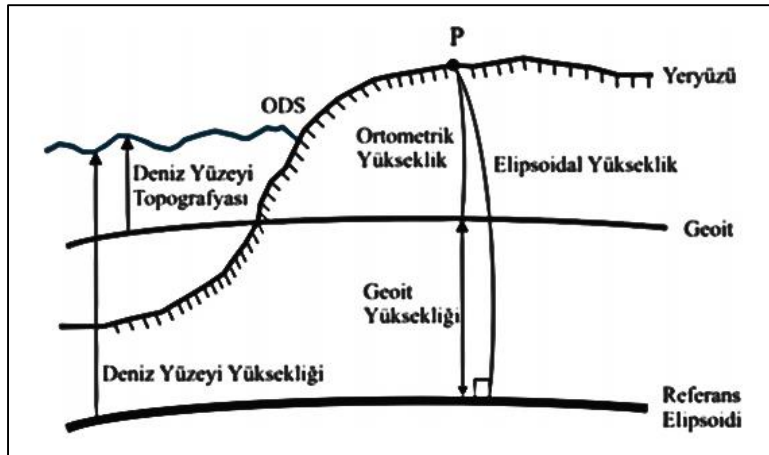
Şekil 2.49 Ses Hızı Profili

Yukarıdaki grafikte ses hızının aynı noktada 32 m derinliğe kadar 1501 m/s ile 1516 m/s arasında değiştiği, iniş ve çıkış değerlerinin grafiksel olarak simetrik oluştuğunu net olarak görülmektedir.

2.8 BATİMETRİK ÇALIŞMALARDA REFERANS YÜZEYİ

2.8.1 Düşey Datum

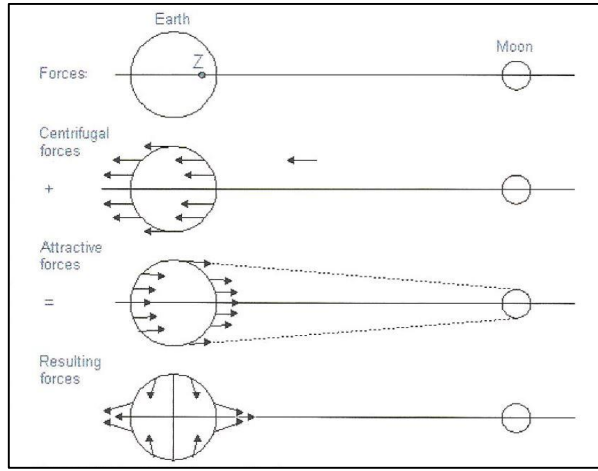
Hidrografik ölçümlerde derinlik ölçümü hareketli bir yüzey ortamında yapılır bu yüzden derinlik bilgisine su yüzeyini etkileyen gel-git, dalga gibi parametrelerin ölçümlere düzeltme olarak uygulanması gerekir. Düşey datum, karada yapılan yükseklik ölçümünün ve denizde yapılan derinlik ölçümünün dayandırıldığı referans yüzeyidir. Durgun deniz yüzeyinin karalarda devam etmesi ile oluşan eşpotansiyel yüzey ise geoit yüzeyi olarak tanımlanır (Şekil 2.50).



Şekil 2.50 Ortalama Deniz Seviyesi

Deniz yüzeyi; oşinografik, gelgit, iklim ve meteorolojik etkenlerden etkilenir. Ortalama deniz seviyesi ise bu etkenlerden arındırılmış durağan deniz seviyesidir.

Dünya, içinde bulunduğu galaksi sistemindeki diğer gezegenler ile birlikte çekim gücü sayesinde hareket eder. Bu hareketi sırasında, kendisine eşlik eden uydusu olan Ay, aynı şekilde çekim sistemine dâhildir. Dünyanın etrafında döndüğü Güneş, en büyük çekim gücüne sahip gök cisimidir. Çekim gücü sayesinde, yerküredeki okyanusların yükselmesi ve geri çekilmesi imkânsız gibi görünse de son derece açık bir şekilde yaşandığı görülmektedir. Dünya üzerindeki denizler ve okyanuslar periyodik halde kabarır ve geri çekilirler (Şekil 2.51).

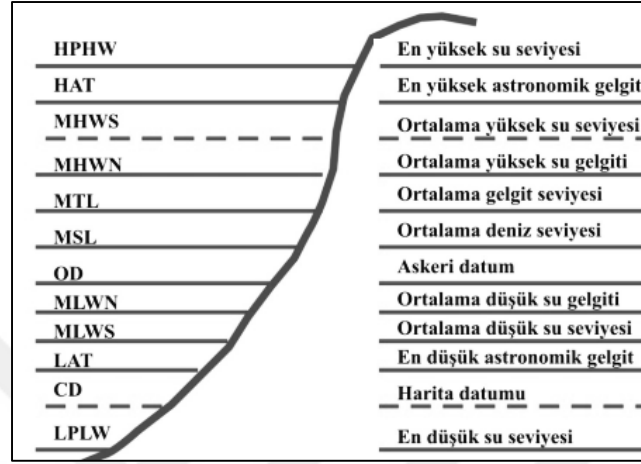


Şekil 2.51 Ayın Çekiminden Kaynaklı Gel Git Hareketi

Harita çalışmaları ister karada olsun ister suda olsun verilerin ortak bir yüzey üzerinde değerlendirilmesi gerekir. Hidrografik ölçümler ölçüm anındaki su seviyesine göre yapıldığı için, ölçümlerin referans yüzeyine indirgenmesi esastır. Su yüzeyinin sürekli değişken olmasının mevsimlik, aylık veya saatlik takip edilmesi kayıt altına alınması gerekmektedir. Bu nedenle ortalama su seviyesinin belirleyeceği bir yüzey ölçmelerin indirgenebileceği bir yüzey olarak kabul edilir. Su seviyelerindeki değişmelerin izlenmesi için tesis edilen yapılara mareograf denilmektedir.

Deniz seviyesi ölçümleri; gel-git analizi, deniz seyir ve seferi, liman tasarımı, topoğrafik ve hidrografik haritaların düşey datumlarının tanımlanması, düşey yerkabuğu hareketlerinin belirlenmesi, okyanus akıntılarının takibi ve GEOSAT-TOPEX/POSEIDON gibi uydu altimetrelere kalibrasyonlarında kullanılmaları; deniz seviyesi verilerinin hassas ölçülmesi ve kayıt altına alınması önemini arttırmıştır (Gürdal 1998).

Hidrografik çalışmalarda ortalama deniz seviyesi MSL (Mean Sea Level), seyir haritalarında en alçak astronomik gelgit seviyesi LAT (Lowest Astronomical Tide) alınırken mühendislik uygulamalarında en yüksek astronomik gelgit seviyesi HAT (High Astronomical Tide) kullanılır. Deniz seviyesi yersel yöntemler ve uydu teknikleri ile ölçülebilmektedir (Şekil 2.52).



Şekil 2.52 Gelgit Seviyeleri Arasındaki İlişki

Atmosferde basınçtaki 1 mbar değerindeki değişim deniz seviyesinde 1 cm'lik yükselme veya alçalmaya neden olmaktadır. Rüzgârların denizden karaya esmesi ya da karadan denize esmesi deniz seviyesini değiştirir. Küresel ısınmadan kaynaklı buzullar eriyerek deniz seviyesini yükseltir. Yer kabuğu plaka hareketleride su seviyesinde değişimlere neden olabilir.

2.8.2 Ortalama Su Seviyesinin Belirlenmesi

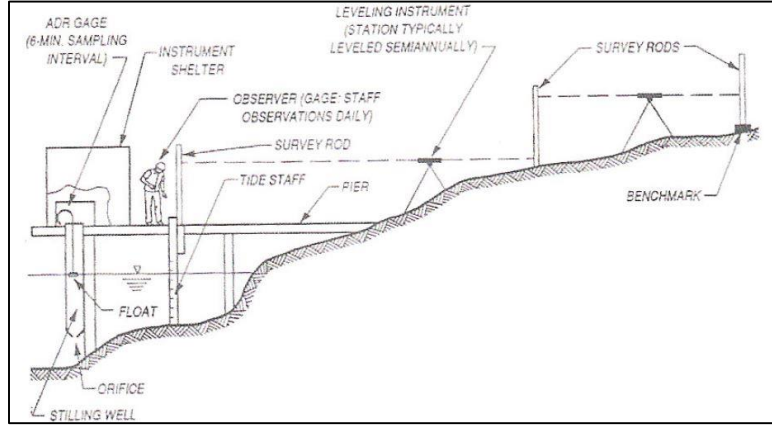
Bir önceki bölümde de anlatıldığı üzere hidrografik çalışmalarda ortalama deniz seviyesi kullanılmaktadır. Ortalama su seviyesinin tespitinde ise mareograflardan faydalanılır. Aşağıda bu mareograf istasyonları detaylı olarak anlatılmıştır.

2.8.2.1 Mareograf Çeşitleri

Basit Lata Mareograf

Düşey konumda tesis edilmiş yaklaşık 5 m boyunda ahşap veya metalden yapılmış, üzerinde okuma bölümleri bulunan bir çeşit cetveldir. Nivelman çıkış noktasından lataya kot verilir ve belirli zaman aralığında su kesiminden okumalar yapılır. Basit latalar ile baraj seviyelerindeki

değişimler gözlenmek istendiğinde kademeli tesis edilir ve bir seviye su altında kalınca diğer latadan okumalara devam edilir (Şekil 2.53).



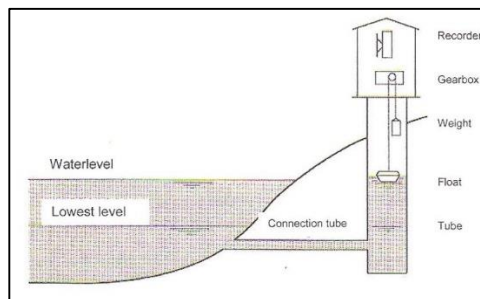
Şekil 2.53 Eşel İstasyonuna Nivelman Yapılması

Şamandıralı Mareograf

Su yüzeyinde dalgaların okuma cetveli üzerindeki etkisini azaltmak için geliştirilmiş sistemdir. Sistem bir boru içerisinde dalga hareketinin olmadığı su yüzeyinin şamandıra yardımı ile okuma cetvelini hareket ettirmesi ile $\pm 1-5$ cm hassasiyette su seviyesini ölçmeye yarar.

Kaydedici Mareograf

Bu tip mareograflar su değişimlerini otomatik kayıt eden prezisyonlu aletlerdir. Sistem bileşenleri; durgunlaştırma kuyusu, birleştirme borusu ve kaydedici mekanik sistemden oluşur. Durgunlaştırma kuyusu en az iki adet yatay boru ile dalgadan arındırılmış sudaki şamandıranın hareketini bir tel yardımı ile kaydedici mekanik sisteme iletir ve mekanik sistem bu verileri otomatik grafik ortama aktarılır (Şekil 2.54).



Şekil 2.54 Kaydedici Mareograf İstasyonu

2.8.2.2 Mareograf İstasyonları

Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi; 20 mareograf istasyonu ile deniz seviyesi ve değişimine etki eden meteorolojik parametreleri (hava sıcaklığı, basınç, rüzgâr hız ve yönü) sayısal ve otomatik olarak her otuz saniyede bir ölçmekte ve on beş dakikalık ortalamalar halinde kaydetmektedir (Şekil 2.55).

Bu tip tesislerin yer seçiminde dikkat edilmesi gereken bazı faktörler vardır. Su seviyesinin hızlı değiştiği akarsu ağızları, dar boğaz, iskele ve liman tesislerinden uzak olması, fırtına ve rüzgârlara karşı korunaklı bölgelerde olması, kıyının derin olması ve lokasyon zemin jeolojik yapısının sağlam olması gerekmektedir.



Şekil 2.55 Türkiye Ulusal Deniz Seviyesi İzleme Sistemi (TUDES) Mareograf İstasyonları (URL-3)

Türkiye maksimum-minimum kıyı şeridindeki fark ± 40 cm civarındadır. Ülke nivelman ağının kotlandırılmasını işinde önce bölgeye en yakın mareograf istasyonlarının ölçülerinden yararlanılmış, ancak ayrı bölgelerden kotlandırılmış ortak noktalarda önemli kot farklılıkları ortaya çıkmıştır (Çizelge 2.7), (Terlemezoğlu 2004).

Çizelge 2.7 Mareograf İstasyonları Arasındaki Farklar

İstasyon	İstasyon	Fark / cm
Antalya	İzmir	-16.8
Antalya	Bandırma	-7.0
Antalya	Akçakoca	-17.6
Antalya	İzmit	-17.7
Antalya	Kdz Ereğli	-18.3
Antalya	Samsun	-20.1
Antalya	Mersin	-9.5
İskenderun	Trabzon	-30.4





BÖLÜM 3

HAVA FOTOGRAMETRİSİ

Fotogrametri sözcüğü ışık yardımı ile çizerek ölçme anlamına gelen ve Yunanca kökenli photos(ışık), çizim (gramma) ve metron (ölçme) kelimelerinden oluşur.

Cisimlere fiziksel temas olmadan ölçme, değerlendirme ve yorumlama işlemleri ile detaylı bilgi çıkarılmasını kapsayan bilim dalıdır (URL-4).

Nesnelerin yansıttığı elektromanyetik enerjinin görüntüler üzerinden ölçülmesi ve yorumlanması sonucunda nesnelerin ve bulunduğu çevre hakkında bilgileri oluşturan, analizini ve yorumunu yapan bir bilim dalıdır (URL-5).

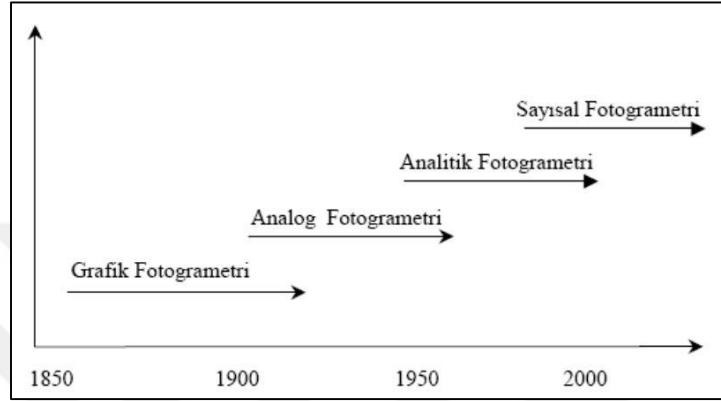
Bindirmeli olarak elde edilmiş 2 boyutlu görüntüler üzerinden 3 boyutlu model üretmeye yarayan bir ölçüm tekniğidir (Yves ve Michel 2002).

Fotogrametri; kullanıldığı platform, kullanılan resim sayısı, değerlendirme yöntemi ve kullanılacak uygulama alanına göre sınıflandırılabilir.

- 1) Kullanılan Platform;
Yersel, Hava, Uydu ve Yakın Resim Fotogrametrisi
- 2) Değerlendirmede Kullanılan Resim Sayısına Göre;
Tek ve Çift Resim Fotogrametrisi
- 3) Değerlendirme Yöntemine Göre;
Plançete, Analog, Analitik, Dijital Fotogrametri
- 4) Uygulama Alanlarına Göre;
Mühendislik, Topografik, Topografik Olmayan ve Yorumlama Fotogrametrisi

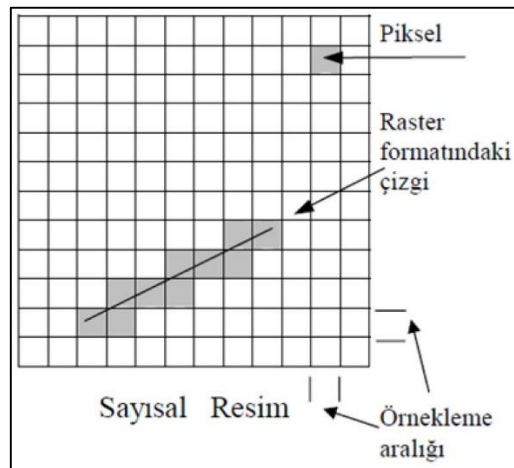
3.1 DİJİTAL FOTOGRAMETRİ

Analog fotogrametri ile başlayan bilim dalı teknolojinin gelişmesi ile birlikte analitik fotogrametriye geçmiştir. Analitik fotogrametri ise 1990'lı yıllardan sonra ise yerini dijital fotogrametriye bırakmıştır. Bu teknik dijital görüntülerin fotogrametrik yazılımlar ile birlikte kullanılmasını sağlayan bilim dalıdır (Şekil 3.1), (Krause 2007).



Şekil 3.1 Fotogrametrinin Tarihsel Gelişimi

Dijital kameralarda görüntüleri oluşturan en küçük yapı birimi; picture ve element kelimelerinden türeyen pixeldir ve bir pixele renk tonu atanması ile ortaya çıkan görüntüye dijital görüntü denir. Bu görüntülerin kullanıldığı fotogrametrik yöntemde de sayısal fotogrametri denir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Dijital Görüntü Yapısı ve Örnekleme Aralığı (GSD)

Dijital görüntülerin kullanılarak fotogrametrik donanımlar ve yazılımlar ile birlikte sorgulamalı veya yarı otomatik yöntemler ile veri toplanması ve işlenmesi yaygınlaşmıştır (Marangoz 2002).

3.1.1 Fotogrametrinin Matematiksel Modeli

Fotogrametrinin matematiksel modelinin temelini merkezi izdüşüm oluşturur. Merkezi izdüşüm, matematiksel ve geometrik özelliklerin kullanılması ile birlikte fotoğraflarda bulunan detayların ölçülebilir bilgiye dönüşmesini sağlar.

Kolinearite koşuluna göre, cismi temsil eden noktaları gösteren ışınlar resim çeken ekipmanın izdüşüm merkezinden gerçek resim düzlemine bir doğru üzerinde izdüşürülür. Bu işlem iki adımda gerçekleştirilir. Bu iki adım iç yöneltme ve dış yöneltme parametrelerinin belirlenmesidir (Marangoz 2002).

İç ve dış yöneltme aşamasındaki amaç X_0 , Y_0 ve Z_0 , koordinatlarıdaki istasyon noktasından ω , ϕ , κ dönüklük değerleri ile çekilen fotoğrafların cisim uzay koordinat sistemindeki koordinatlara geçilmesi sağlanmıştır.

3.1.2 Fotogrametrik Yöneltme İşlemleri

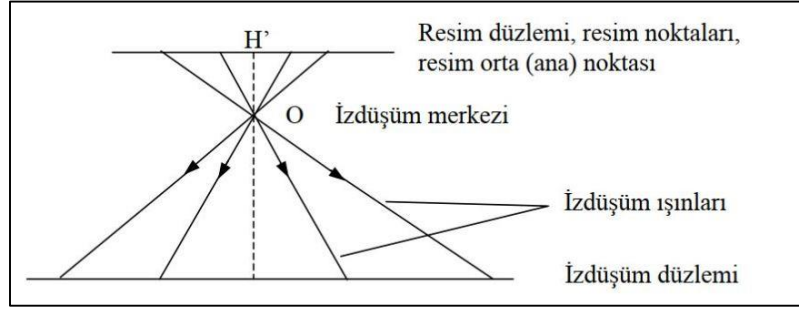
Fotoğrafların çekim anındaki konumlarının yeniden hesaplanması için fotogrametrik değerlendirmede yöneltme işlemlerinin yapılması gerekir. İç ve dış yöneltme olarak ikiye ayrılır. Dış yöneltme ise kendi içinde karşılıklı ve mutlak yöneltme işlemlerinden oluşur.

İç Yöneltme İşlemleri

İç yöneltme işlemi çalışmada kullanılan kamera parametrelerinin belirlenmesi ve kalibrasyon raporundaki parametrelerin değerlendirme sistemine girilmesi aşamasıdır (Toprak 2014).

Bu işlem fotoğrafın oluşması sırasında objektiften geçen ışınların küçültülmüş ya da büyütülmüş olarak ışın demeti halinde tekrar elde edilmesi olarak tanımlanabilir. Metrik kameralarda fotoğraf orta noktaları çekilen görüntüler üzerinde mevcut olduğundan iç yöneltme

işlemi kolay yapılır. Metrik olmayan kameralarda ise sayısal oluşturulan görüntülerin köşe noktaları piksel koordinat sisteminde çözülür (Şekil 3.3), (Marangoz 2002).



Şekil 3.3 İç Yöneltilme İşlemi ile Oluşturulan Işın Demeti

Dış Yöneltilme İşlemleri

Karşılıklı Yöneltilme İşlemi

Görüntüler üzerindeki dönüklük ve eğikliklerin giderilmesi ile fotoğrafların çekildiği ana getirilmesi işlemidir. Bu işlem sonucunda oluşan 3D model koordinatsız ve ölçeksizdir. Görüntü çiftlerinden oluşturulan ışın destelerinin konumları birbirlerine göre ayarlanarak eş noktalardan geçen ışınların birbirleri ile kesişmesi sağlanır. Bu işlemler sonucunda birbirinden bağımsız κ_1 , κ_2 , φ_1 , φ_2 ve ω_2 dış yöneltilme parametreleri belirlenir.

Mutlak Yöneltilme İşlemi

Karşılıklı yöneltilme ile oluşturulan model ölçeksiz ve koordinatsızdır. Oluşan model üzerinden arazi koordinatlarının elde edilmesi için öteleme ve dönüklük parametrelerine gerek vardır. Cisim uzay koordinat sisteminde ve arazi koordinat sistemi arasında bir ölçek (λ), üç dönüklük (ω , φ , κ) ve üç öteleme (X_o , Y_o , Z_o) parametresi bulunmaktadır.

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} A11 & A12 & A13 \\ A21 & A22 & A23 \\ A31 & A32 & A33 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix}$$

A matrisinin elemanları ω , φ , κ dönüklük açılarının trigonometrik fonksiyonlarıdır ve yedi bilinmeyen parametrenin çözümü için iki koordinat sisteminde ortak noktalara gereklidir. Arazi üzerine tesis edilen yer kontrol noktaları (YKN) yapısı itibari ile fotoğraflar üzerinde görüldüğü

için bu noktaların model koordinatları vardır. Yer kontrol noktalarının arazi koordinatları da jeodezik ölçümler ile elde edilerek dönüşüm parametresi hesaplanır.

3.1.3 Ortofoto ve Gerçek Ortofoto Üretimi

Ortofoto görüntüleri, optik sensörler tarafından üretilen görüntülerin fotogrametrik işlem adımlarından geçirilerek kamera eğiklik, arazi yükseklik farklarından kaynaklanan rölyef hatalarının giderilmesi sonucu oluşan ve üzerinden ölçüm yapılabilen koordinatlı fotoğraflardır (Acar 2018).

Dijital görüntüleri kullanılarak ortofoto üretilmesi aşaması fotogrametrik yöneltme işlemi ve oluşturulan dijital arazi modeli üzerinden yeniden değerlendirilerek mozaik görüntüler üzerinden sonuç görüntününün oluşturulmasıdır (Barazzetti vd. 2014).

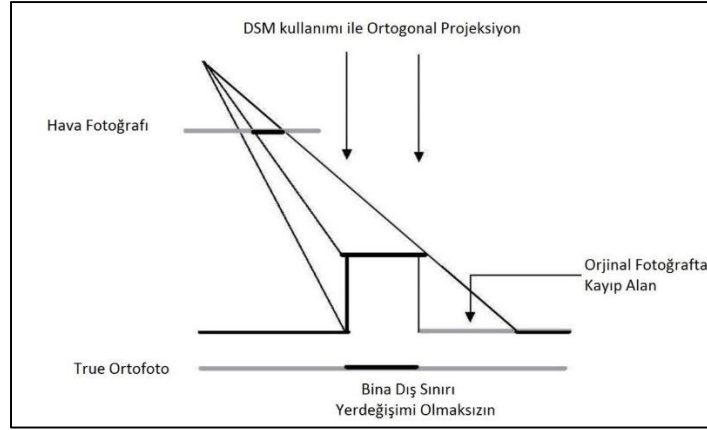
Üretilen ortofotonun kalitesi; görüntünün çözünürlüğüne, kullanılan kamera sisteminin kalibrasyon parametrelerine ve üretilen sayısal arazi modelinin doğruluğuna bağlıdır (Krause 2007).

Ortofotolar üzerinde yüksekliği olan objelerin düşey olarak çekilememesinden kaynaklanan dış sınırlarının farklı bir konumda çıkması ve obje arkasında kayıp alanların oluşması durumu oluşur ve objelerin doğru konumlandırılması işlemine ortorektifikasyon denir.

Gerçek (True) Görüntüler;

Görüntülerin ortogonal (düşey) çekilememesinden kaynaklı konum hatalarının olduğu ortofotolar yerine çeşitli açılardan çekilmiş farklı görüntüler ve sayısal yüzey modeli kullanılarak ortogonal hale getirilen ortofotolara gerçek (true) ortofoto denir.

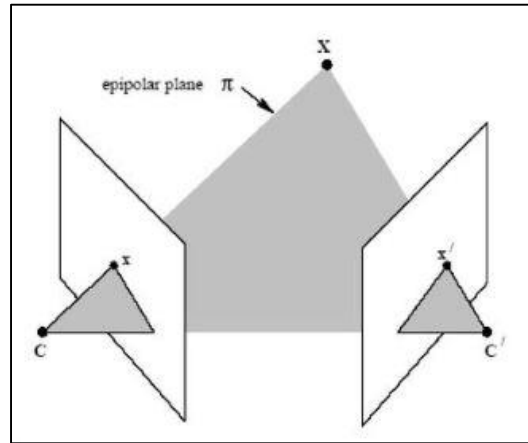
Gerçek ortofotolar; konum doğruluğu yüksek sayısal yükseklik modeli kullanır ve rölyef hataları olabildiğince azaltılmış görüntülerdir. Kullanılan sayısal yüzey modelini oluşturan nokta veri kümesi sınıflandırılarak zemin ve bina üst yüzey noktalarını kullanır (Şekil 3.4), (Acar 2018).



Şekil 3.4 Gerçek (True) Ortofoto Üretimi

3.1.4 Fotogrametrik Nokta Bulutu Üretimi

Dijital görüntüler üzerinden 3D konum bilgisine sahip yoğun nokta bulutu üretilmesi için objenin farklı açılardan alınmış bindirmeli görüntüleri kullanılır. Stereo değerlendirme ile derinlik bilgisinin elde edilmesi ve eşlenik noktalara doğrusallık denklemlerinin uygulanması ile konum bilgisinin oluşturulması sağlanır. Eşlenik noktaların belirlenmesi için dijital görüntülerin epipolar koşulları sağlaması gerekir (Şekil 3.5), (Acar 2018).



Şekil 3.5 Epipolar Geometrik Koşul

C= 1.Görüntü kamera merkezi

C'=2. Görüntü kamera merkezi

X= Objeye üzerinde nokta

x= Objeye üzerindeki X noktasının 1.görüntü üzerindeki konumu

x'=Objeye üzerindeki X noktasının 2.görüntü üzerindeki konumu

Görüntü eşleştirme ve yoğun nokta bulutu üretiminde kullanılan yazılımlar farklı algoritmalar kullanmaktadır. Bu algoritmalar; semi global matching (SGM), region growing (RG) ve local matching (LM) algoritmalarıdır.

Bu çalışmada kullanılan Agisoft Photoscan ticari yazılımı SGM algoritmasını kullanmaktadır ve bu algoritma obje özelliklerini detaylı bir şekilde çıkaran piksel tabanlı eşleştirme yapmaktadır (Hirschmüller 2008).





BÖLÜM 4

UYGULAMA

4.1 ÇALIŞMA BÖLGESİ

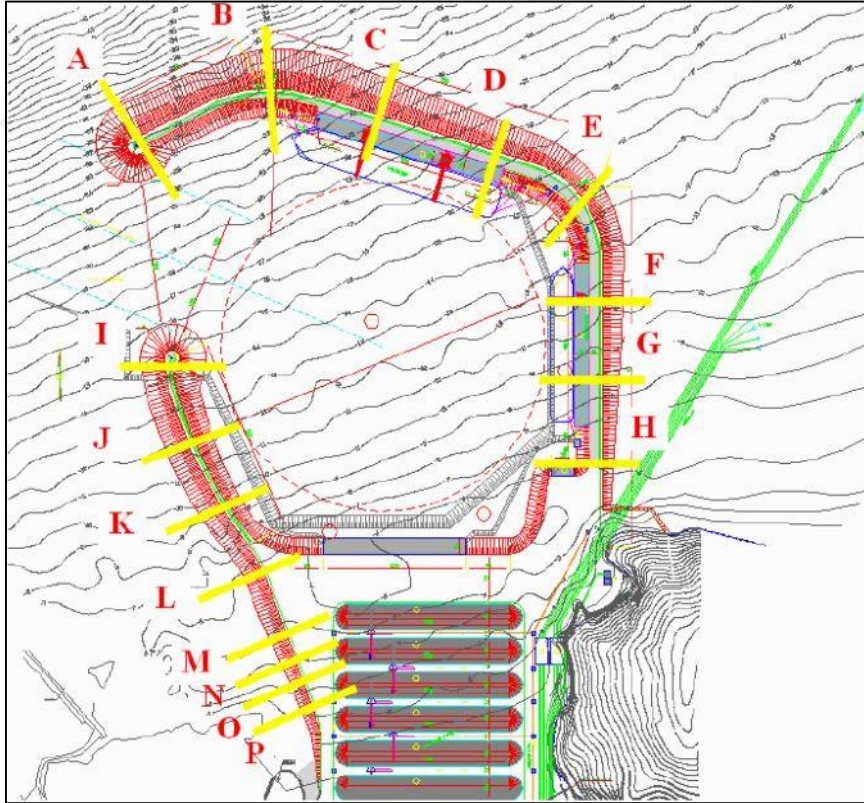
Eren Enerji Limanı Zonguldak İli Kilimli İlçesi Muslu Beldesinde bulunmaktadır. Limanın öncelikli kuruluş amacı bölgede kurulu olan termik santrallerin kömür sevkiyatını sağlamak ve santral soğutma suyu su alma yapısı ve deşarj hatlarını korumaktır. Liman 200 milyon \$ yatırım değerine sahiptir.

Limanın navigasyon kanalı ağzı batı yönünde açıktır. Liman içi draft 20 m dir ve capesize boyutlu gemiler girebilir. Bir nolu rıhtım 170.000 dwt 2x1500 t/h boşaltma kapasitesi, 300 m rıhtım boyuna 20m drafta sahiptir. İki nolu rıhtım 60.000 dwt 2x750 t/h boşaltma kapasitesi, 250 m rıhtım boyuna 14 m drafta sahiptir. Üç nolu rıhtım 60.000 dwt 2x1000 t/h boşaltma kapasitesi, 250 m rıhtım boyuna 14 m drafta sahiptir. Dört nolu rıhtım 10.000 dwt 90 m rıhtım boyuna 10 m drafta sahiptir. İki nolu rıhtımın yanında bir adet roro rıhtımında bulunmaktadır. Liman içinde bulunan santralin önemli bir parçası olan 13 pompalı 125.000 m³/h kapasiteli su alma yapısı bulunmaktadır. İki adet kuruyük stok sahası 2 milyon m³ yükleme boşaltma kapasitesine sahiptir (Şekil 4.1).



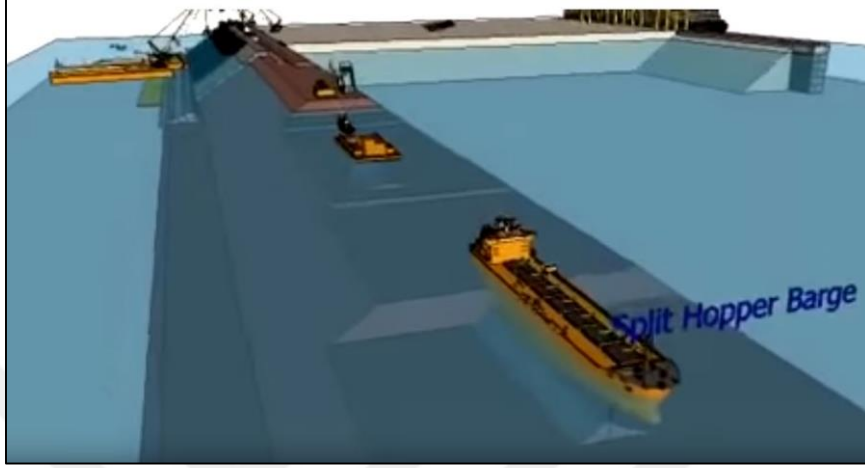
Şekil 4.1 Eren Limanı Genel Yerleşim Planı

Limana ana yapısı 1230 m uzunluğunda ana mendirek ve 710 m uzunluğunda tali mendirekten oluşmaktadır. Mendirek zırh yapısında 24-38 ton tetrapod kullanılmıştır (Şekil 4.2).



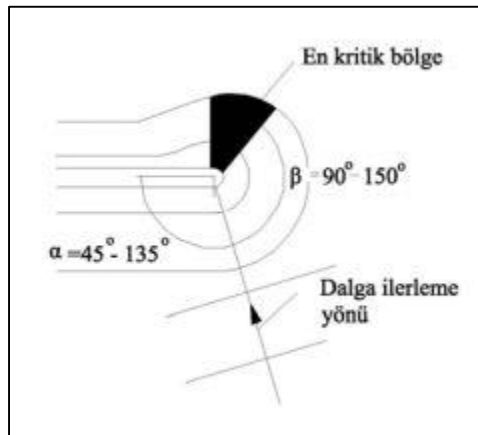
Şekil 4.2 Eren Limanı İnşaatı Vaziyet Planı

Liman inşaatında kullanılacak kesitlerin geometrisi ve içerisinde kullanılacak taş kategorisi derinliklere göre değişmektedir. Mendirek kesitlerini incelediğimizde ana yapıyı oluşturan çekirdek dolgu 0-0,4 ton kategorisindedir. İmalat sırasında -6m kotu derinliğine kadar denizden dökü gemisi (split barge) yardımı ile doldurulur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Dökü Gemisi ile Çekirdek Dolgu İmalatı

Gemi dökümünden sonra karadan kamyon ile serbest döküm yapılarak ilerlenir. Çekirdek dolgusu tamamlanan kesitlerde 4-6 ton taş kategorisi vinç yardımı ile topuk ve şev bölgesine yerleştirilir. Tahkimat işlemi tamamlanınca tetrapod, xbloc, antifer vb. beton zırh yapısı elemanları yerleştirilir. Mendireklerin son kesitleri farklı yönlerden gelecek dalgalarda zırh yapısının açılmaması için dairesel olarak dıştan içeriye mendirek kafası kapatılır ve bu yapıya müzvar denir (Şekil 4.4), (Burcharth 1993).



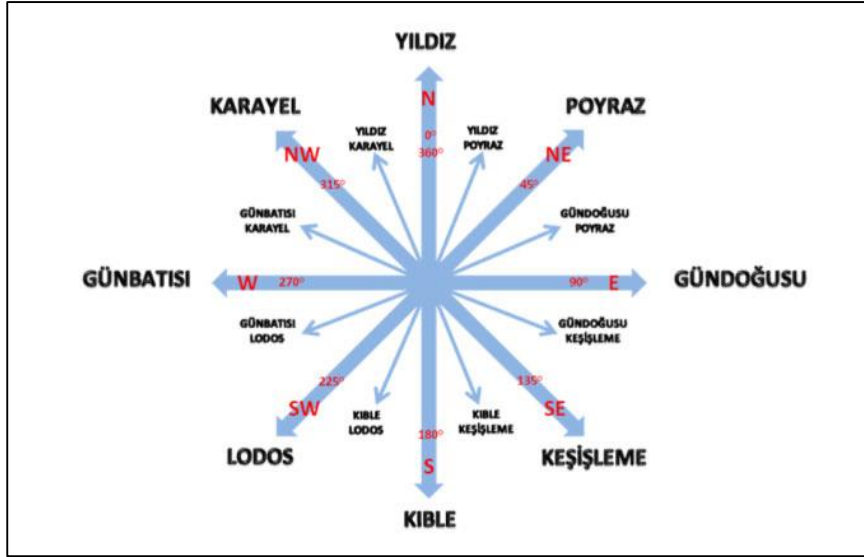
Şekil 4.4 Yapı Kafasında (Müzvar) Hasar Görebilecek Kritik Alanlar

Mevcut Liman 50 yıllık dalga modeli üzerinden hesaplanan dalga yüksekliği modeline göre tasarlanmıştır ve bu modele göre hâkim rüzgâr yönleri (Şekil 4.5) olan NNW ile NE dalgalarına göre ekstrem dalga yüksekliği 6.5 m (H_s / Significant Wave Height) çıkmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 50 Yıl Dönüş Aralıklı Aşırı Dalgaların Transformasyonu Modeli Sonuçları

KESİT NO	DERİNLİK (m)	NNW			NE		
		H_s (m)	α^0	Kırılma	H_s (m)	α^0	Kırılma
A	28	6.5	0	-	5.4	48	-
-B	28	6.5	0	-	5.4	35	-
C	22	6.5	10	-	5.4	10	-
D	17	6.5	10	-	5.4	10	-
E	15	6.5	52	-	5.4	0	-
F	12	<3.0	-	-	5.9	60	-
G	9	<3.0	-	-	5.6	60	-
H	6	<3.0	-	+	5.6	60	-
I	15	5.6	0	-	<3.0	-	-
J	12	5.8	72	-	<3.0	-	-
K	10	6.0	72	-	<3.0	-	-
L	6	4.7	70	+	<3.0	-	-
M	5	3.9	70	+	<3.0	-	-
M	4	3.2	70	+	<3.0	-	+
O	3	2.4	70	+	<1.5	-	+
P	2	1.6	70	+	<1.5	-	+

50 Yıl dönüş aralıklı aşırı dalgaların transformasyon modeli sonuç çizelgesinde liman tasarımında kullanılan; derinliğe ve dalganın geliş yönüne bağlı olarak değişen kesitler için H_s /m belirgin dalga yüksekliği (Significant Wave Height) hesaplanmıştır. H_s değeri 50 yıllık süre içerisinde hesaba katılan n adet dalga yükseklik değerinin büyükten küçüğe doğru sıralanarak en büyük n/3 adet değerlerin ortalaması olarak alınmıştır. Çizelgede gösterilen α^0 açısal değeri yapıya gelen dalga açısını göstermektedir. Gelen dalganın kırılma durumu derinliğe göre değiştiği için çizelgede 6 m'nin altındaki derinliklerde dalga kırılarak yapıya gelmektedir. Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Altyapı Yatırımlar Genel Müdürlüğü tarafından 2016 yılında yayınlanan; Kıyı Yapıları Planlama ve Tasarım Teknik Esaslarında liman tasarımlarında 100 yıllık dönüş aralıklı dalga modellerinin kullanılması ve ortalaması alınacak değerlerin ise en büyük n/10 adet değerlerin kullanılması gerektiği belirtilmiştir (URL-6).



Şekil 4.5 Rüzgar Yönleri

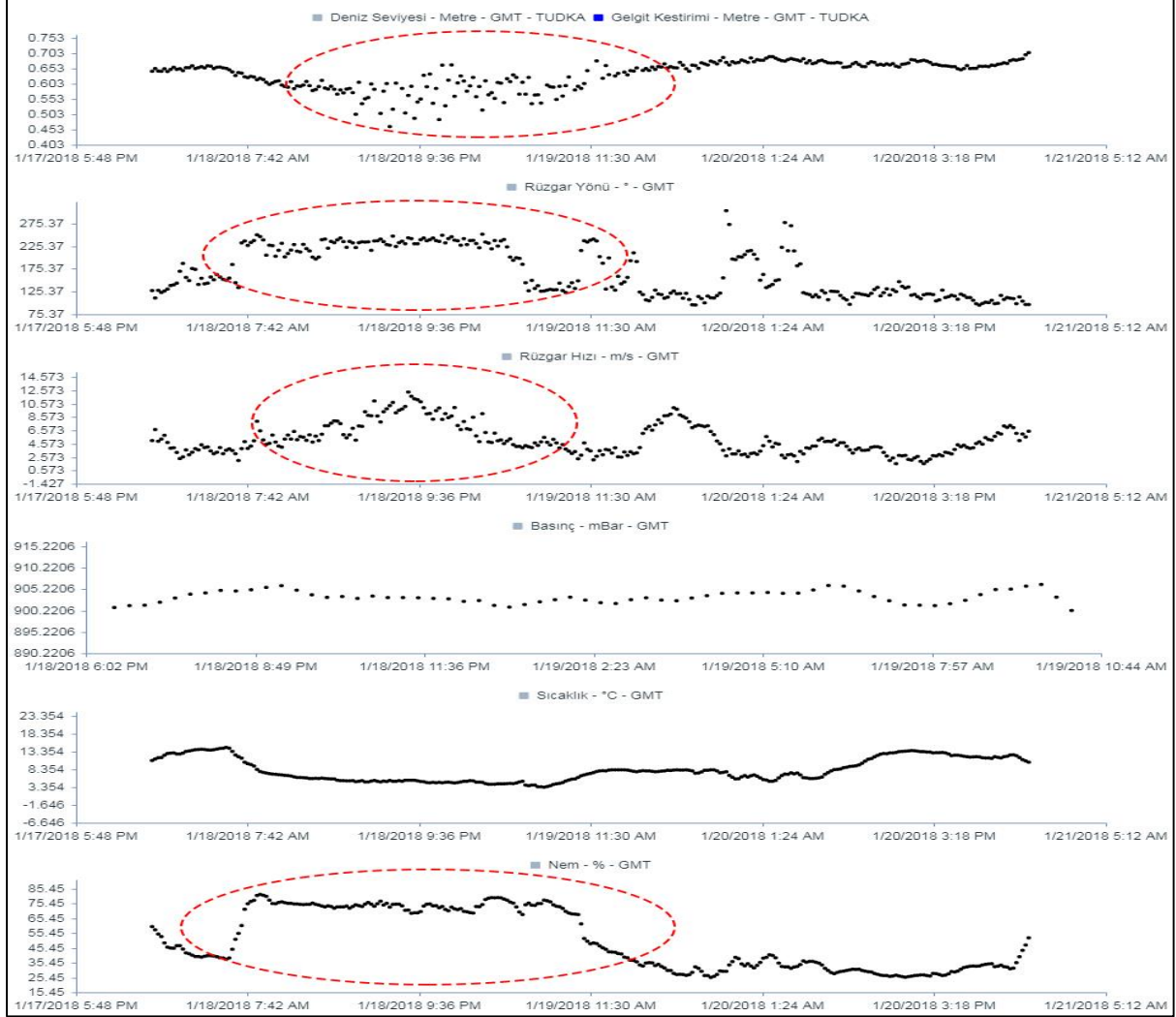
4.1.1 Fırtınada Hasar Alan Bölgeler

18.01.2018 Tarihlerinde başlayan WNW Batı Kuzey Batı ile NW Kuzey Batı dalgaları artan bir şiddetle Ana ve Tali dalgakıranları dövmeye başlamıştır. Bölgede rüzgâr hızının 9-10 bofor (Çizelge 4.2) seviyelerinde olduğu oluşan dalga boylarının ise +9.50 kotunun üzerine çıktığı görülmüştür (EK-1).

Çizelge 4.2 Rüzgâr Kuvveti Bofor Skalası

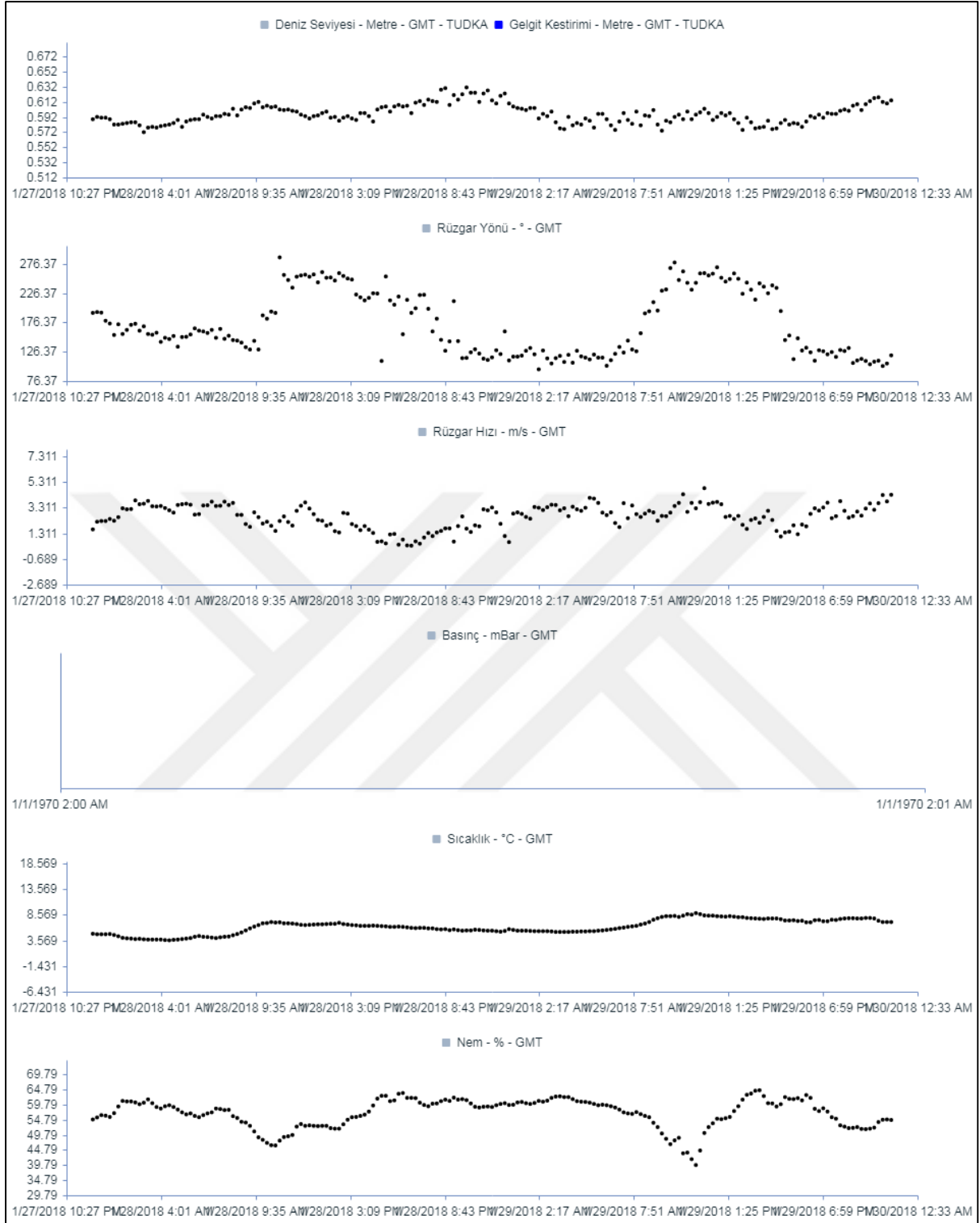
Bofor Rüzgâr Kuvveti	Rüzgâr Tarifi	Deniz Mili saat (Knot)	metre/ saniye
0	Sakin	<1	<0,4
1	Hafif hava	1-3	0,4-1,5
2	Hafif esinti	4-7	1,6-3,3
3	Mutedil esinti	7-10	3,4-5,4
4	Orta kuvvetli rüzgar	11-16	5,5-7,9
5	Şiddetli rüzgar	17-21	8,0-10,7
6	Kuvvetli rüzgar	22-27	10,8-13,8
7	Orta kuvvetli fırtına	28-33	13,9-17,1
8	Şiddetli fırtına	34-40	17,2-20,7
9	Kuvvetli fırtına	41-47	20,8-24,4
10	Tam fırtına	46-55	24,4-28,4
11	Sert fırtına	56-63	28,5-33,5
12	Herikeyn, Tayfun, Bora	64-71	

Fırtınanın olduğu 18/01/2018 ile 19/01/2018 tarihinde TUDES Amasra Mareograf İstasyonu verilerini incelediğimizde deniz seviyesinin 0.45 m ile 0.70 m arasında ani alçalıp yükseldiğini, rüzgâr hızının 2.5 m/s den 12.5 m/s hıza ulaştığını ve havada ki nem oranının %35 seviyesinden %85 seviyelerine yükseldiği gözlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 Fırtına günü 18/01/2018-19/01/2018 tarih aralığında TUDES Amasra İstasyon verileri (URL-3).

Hasar belirleme çalışmaları kapsamında multibeam ile ölçüm yapılan 28/01/2018 tarihinde, TUDES Amasra Mareograf İstasyonu verileri incelenmiştir. İlgili tarihte deniz seviyesinde ani değişimler yerine 0.57 m ile 0.67 m aralığında doğrusal değişimlerin olduğu gözlenmiştir. (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Multibeam ile ölçüm yapılan 28/01/2018 tarihinde TUDES Amasra istasyon verileri (URL-3)

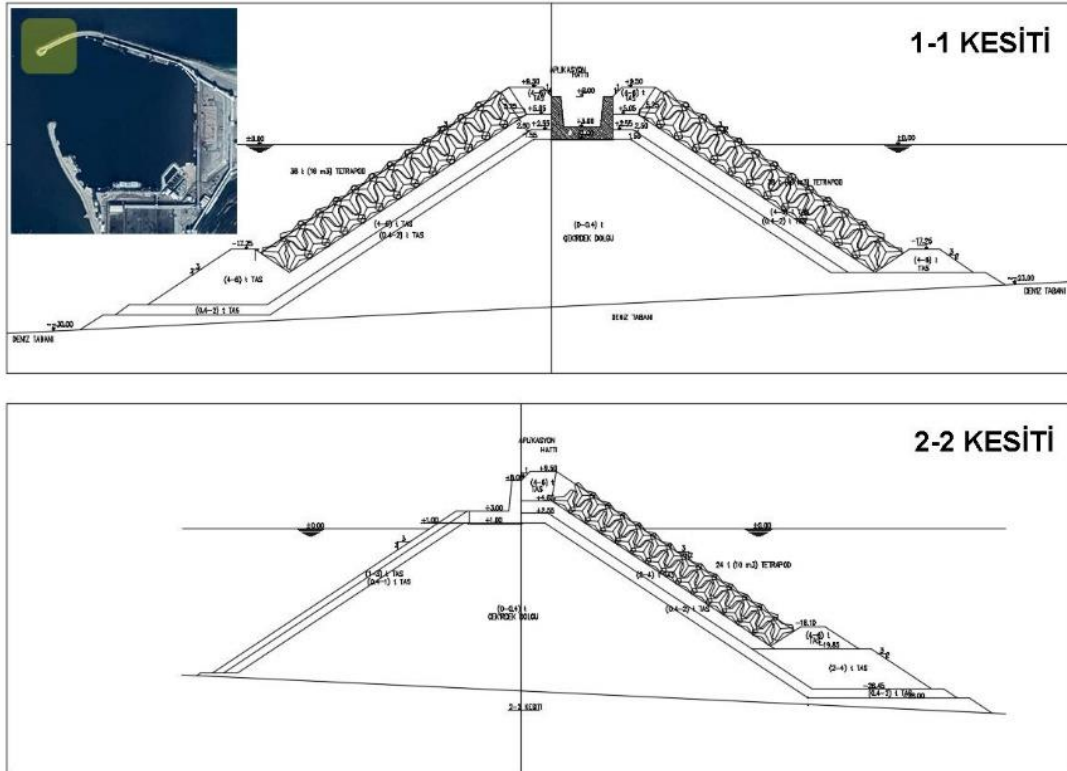
Ana Mendirek

Ana mendirekte; 1-1 ve 2-2 proje kesitlerinin olduğu bölgede müzvar ve fener yapısı hasar görmüştür. 38 Tonluk tetrapodlar denize kaymıştır ve koruma zırhı çözülmüştür. Bu kesit

aralığında 3 nolu parapetli kronman duvarı 2 nolu duvardan açılarak kaymıştır. 4 ve 5 nolu parapetli kronman duvarlarının altındaki anroşman boşaldığı için liman içine doğru kayarak mendirekte açıklık oluşmasına neden olmuştur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Eren Limanı Ana Mendirek Hasar Görüntüsü



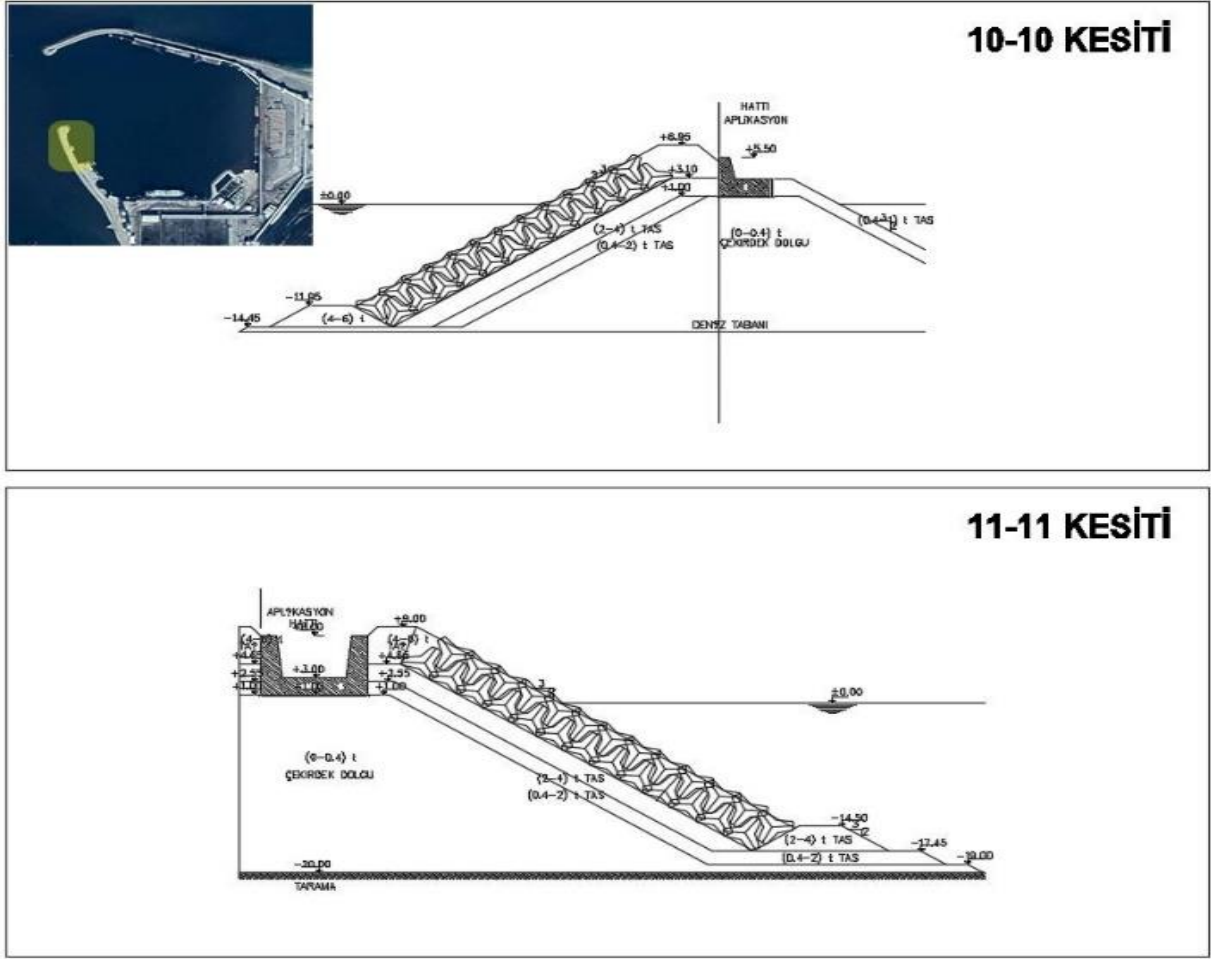
Şekil 4.9 Ana Mendirek Hasar Alan Proje Kesitleri

Tali Mendirek

Tali mendirekte; 10-10 ve 11-11 proje kesitlerinin olduğu b6lgede m6zvar yapısı 6zerinde bulunan 24 tonluk tetrapodlarda lokal kaymalar oluşmuştur. Ge6iř kesitinde bulunan 15 tonluk tetrapodlar ve altındaki taş ve filitre tabakası dağılmıştır. 4,5 ve 6 nolu parapetli kronman duvarı altındaki taş kategori malzemesi boşaldığı i6in liman dışına doğru kayarak mendirekte a6ıklık oluşmasına neden olmuştur. Tali mendirek arkasında bulunan 4 nolu rıhtımın geri saha dolgu b6lgesinde liman i6i 6alkantı dalgaları nedeni ile dolgu tabasında boşalmalar, beton zeminlerde oturmalar meydana gelmiştir (şekil 4.10).



şekil 4.10 Eren Limanı Tali Mendirek Hasar G6r6nt6s6



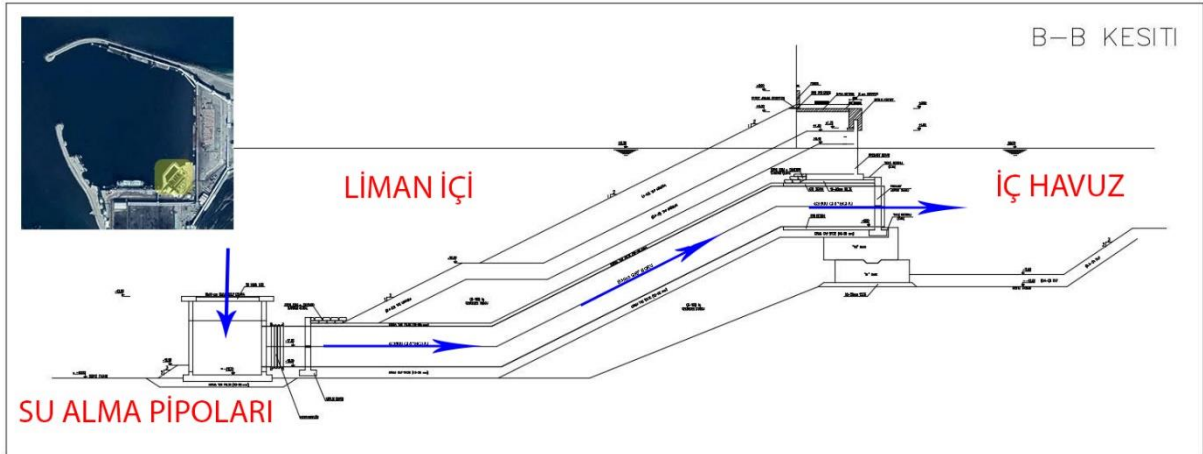
Şekil 4.11 Tali Mendirek Hasar Alan Proje Kesitleri

Su Alma Yapısı

Bölgede bulunan termik santralin soğutma suyu ihtiyacını karşılaması için yapılmış olan su alma yapısı ≈ 3.5 km mesafeye 20 m derinlikten su alarak pompalar yardımı ile kazan soğutma suyu ihtiyacını karşılar. 24 Saat enerji üreten bir tesis için su alma yapısının aksamadan çalışması gerekmektedir. Söz konusu fırtınada, soğutma suyu pompa havuzları koruma yapısı hasar görmüştür. 4-6 ton kategorideki taşlar çekilmiş ve kaymıştır. 20 m derinlikte bulunan su alma pipoları koruma ızgaraları hasar görmüştür (Şekil 4.13).



Şekil 4.12 Eren Limanı Su Alma Yapısı Hasar Görüntüsü



Şekil 4.13 Su Alma Yapısı Hasar Alan Proje Kesitleri



Şekil 4.14 Soğutma Suyu Hattı Güzergâhı

4.2 FOTOGRAMETRİK ÇALIŞMALAR

Proje bölgesinde fotogrametrik çalışmalar ana mendirek ve tali mendirek olmak üzere iki farklı bölgeye ayrılmıştır ve fotogrametrik veriler için DJI Phantom 4 model insansız hava aracı kullanılmıştır.

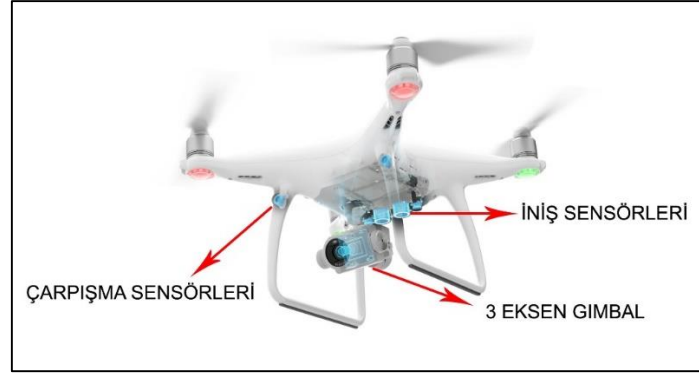
4.2.1 Çalışmada Kullanılan İnsansız Hava Aracı

İnsansız hava aracı olarak DJI marka Phantom 4 Advanced model multicopter kullanılmıştır. Proje bölgesinde sabit kanat yerine multicopter kullanılmasının başlıca nedeni uygulama bölgesinde dikine iniş kalkış yapabilme ve farklı açılarda görüntü alabilme imkânını sunmasıdır. Sistem tarafından sınırlandırılmış maksimum uçuş yüksekliği 500 m iken yasal uçuş sınırı irtifası 120 m dir. 2.4 GHz frekansta uzaktan kumanda ile 6 km çekim mesafesi bulunmaktadır. 5870 Mah-15.2 V batarya ile 30 dakikanın üzerinde uçuş imkânı sağlamaktadır.

İnsansız hava aracının teknik özellikleri EK-2’de belirtilmiştir (URL 7).



Şekil 4.15 DJI Phantom 4 İnsansız Hava Aracı Bileşenleri



Şekil 4.16 DJI Phantom 4 Sensör Konum Görüntüsü

4.2.2 GPS Alıcısı Özellikleri

Yer kontrol noktalarının klasik yöntemler ile ölçülmesinde ComNav T300 GNSS alıcısı kullanılmıştır ve TUSAGA-Aktif sistemine bağlı olarak ölçülmüştür. Sistemin teknik özellikleri EK-3'te belirtilmiştir (URL-8).

4.2.3 Fotogrametrik Arazi Çalışmaları

Çalışma bölgesinde fotogrametrik ölçümler için yer kontrol noktası tesisi, noktaların GNSS GPS ile ölçümü ve fotogrametrik uçuş aşaması 20/01/2018 tarihinde yapılmıştır.

4.2.3.1 Yer Kontrol Noktaları Tesisi ve Ölçümü

Çalışma bölgesinde; ana mendirek üzerine beş adet, tali mendirek üzerine beş adet olmak üzere toplam on adet yer kontrol noktası şablon yardımı ile beyaz renkte tesis edilmiştir (Şekil 4.17).

Ana mendirek üzerindeki hasar nedeni ile YKN-5 nolu noktadan sonraki bölgeye karadan ve denizden ulaşım sağlanamadığından müzvar fener bölgesine yer kontrol noktası tesis edilememiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.17 Tali Mendirek Yer Kontrol Noktaları



Şekil 4.18 Ana Mendirek Yer Kontrol Noktaları

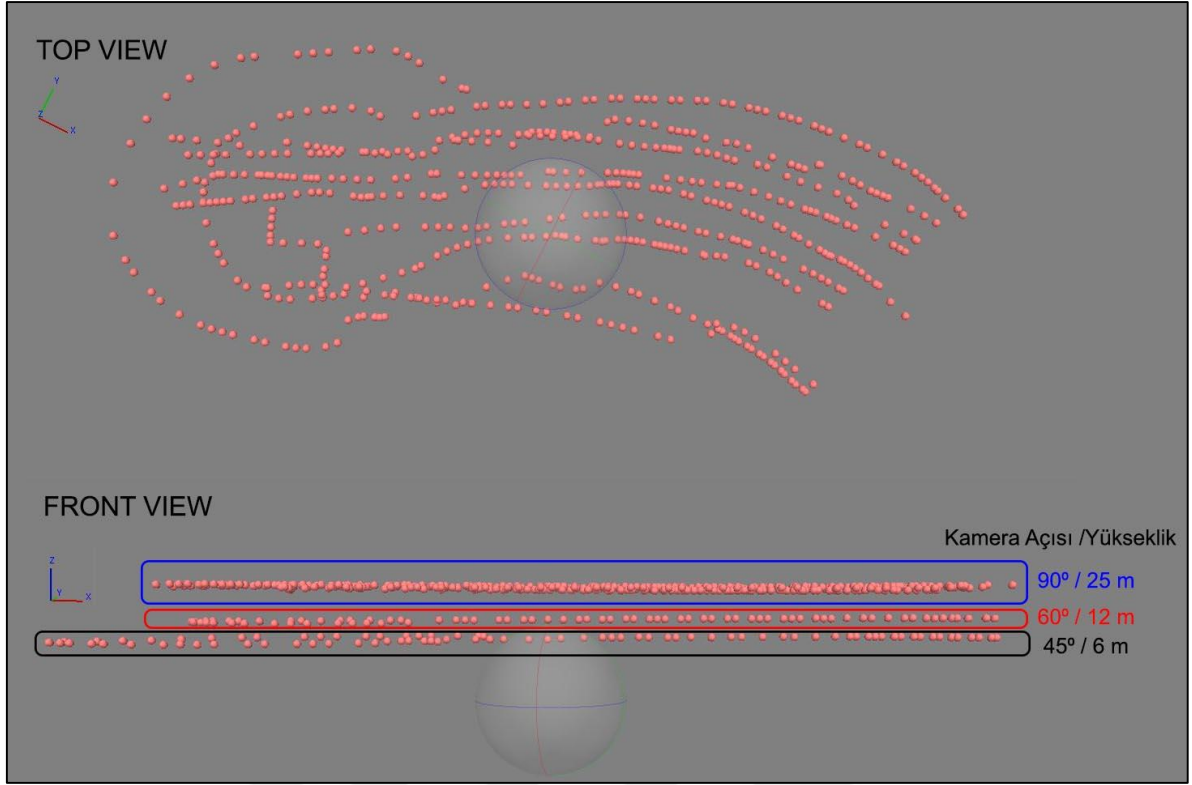
Yer kontrol noktaları en az bir saat ara ile iki farklı oturumda 20 epok olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarının ortalaması kesin koordinatlar olarak alınmıştır. Noktaların GPS ile belirlenen elipsoidal yükseklik değerinden (h) jeoid ondulasyon ($N=32.32m$) değeri indirgenerek noktaların ortometrik yükseklikleri (H) hesaplanmıştır. Bölgesel ondulasyon değeri (N) liman inşaatı ve işletme sırasında RS noktasından geometrik nivelman yapılarak belirlenmiştir ve GNSS GPS kontrol ünitesinde bulunan TG03 (Türkiye Jeoid Modeli) ile kontrol edilmiştir (EK-3).

4.2.3.2 Ana Mendirek Uçuş Planlaması ve Görüntü Alımı

Yer kontrol noktaları tesis ve ölçme işlemi ardından ana mendireğin hasarlı bölümü üzerinden uçuş planlaması yapılmıştır. Uçuş planlamasında hem nadir hem de oblik (eğik) görüntü alımı yapılması planlanmıştır. Burada deforme olan bir yapı incelenmesi amacıyla düşük yer örnekleme aralığı ve yüksek bindirme oranı düşünülerek uçuşlar 3 farklı aşamada manuel uçuş prensibine dayanarak yapılmıştır.

Manuel uçuş yapılmasının bir diğer nedeni ise otopilot sisteminin 50 metre yükseklik altında güvenlik nedeni ile çalışmamasıdır. İlk olarak yer yüzeyini referans alarak 25 metre yükseklikten nadir görüntü alımı yapılmıştır. İkinci olarak yeryüzeyini referans alarak 12 metre yükseklikten 60 derece açı ile oblik (eğik) görüntü alımı yapılmıştır. Son olarak yer yüzeyini referans alarak 6 metre yükseklikten 45 derece oblik (eğik) görüntü alımı yapılmıştır. Toplamda 3 farklı uçuş ile 564 adet görüntü elde edilmiştir.

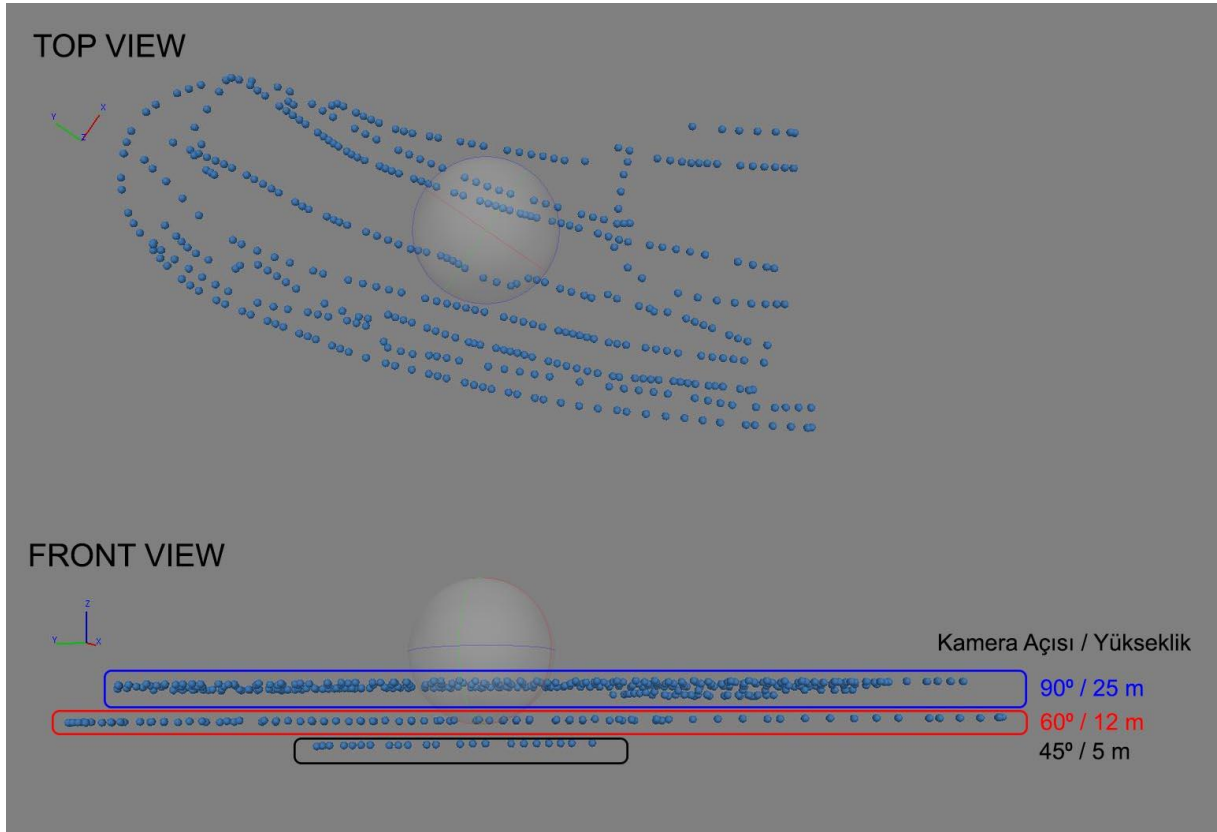
Uçuşlar saat 10:00-14:00 aralığında rüzgârsız, açık hava ve minimum gölge koşulunda gerçekleştirilmiştir. Bu büyüklükte bir alanın (400 m x 90 m) %70 enine %80 boyuna bindirme oranları ile yaklaşık 50 m yükseklikten sadece nadir görüntülerin alınması otonom uçuş ile en fazla 10 dakika sürmektedir. Düşük irtifa, farklı yükseklik ve açılarda hem nadir hem oblik görüntülerin manuel uçuş ile yüksek bindirmeli alınması ise yaklaşık 30 dakika sürmüştür (Şekil 4.19).



Şekil 4.19 Ana Mendirek Nadir ve Oblik (Eğik) Görüntü Alımı

4.2.3.3 Tali Mendirek Uçuş Planlaması ve Görüntü Alımı

Tali mendirek üzerinde de YKN tesis edildikten sonra yaklaşık 300 m x 80 m alanda hem nadir hem oblik(eğik) görüntü alımı yapılmıştır. Nadir açılı fotoğraflar 22 m yükseklikten eğik (oblik) fotoğraflar ise 12 m ve 5 m yüksekliklerden alınmıştır. Proje bölgesinde toplam 424 adet bindirmeli fotoğraf alınmıştır. Görüntü çekimi bu bölgede de manuel uçuş ile yapılmıştır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 Tali Mendirek Nadir ve Oblik (Eğik) Görüntü Alımı

4.2.4 Fotogrametrik Değerlendirme

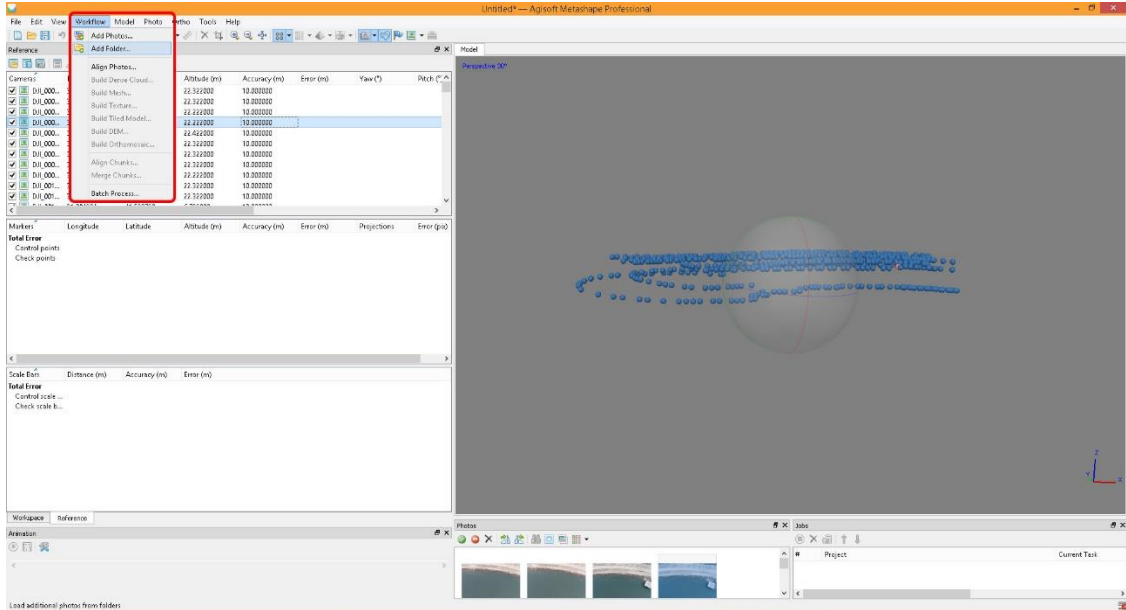
4.2.4.1 Ana Mendirek Fotogrametrik Değerlendirme

İnsansız hava aracı kullanılarak elde edilen hava fotoğraflarını işlenmesi ve fotogrametrik verilerin üretilmesi amacıyla Agisoft Photoscan yazılımı kullanılmıştır. Agisoft yazılımı yersel ve havadan alınan görüntülerden; fotogrametrik nirengi yapılması, nokta bulutu, sayısal yüzey modeli, true ortofoto gibi kıymetli verilerin üretilmesinde dünyada oldukça yaygın olarak kullanılan bir fotogrametrik veri işleme yazılımıdır (URL 9).

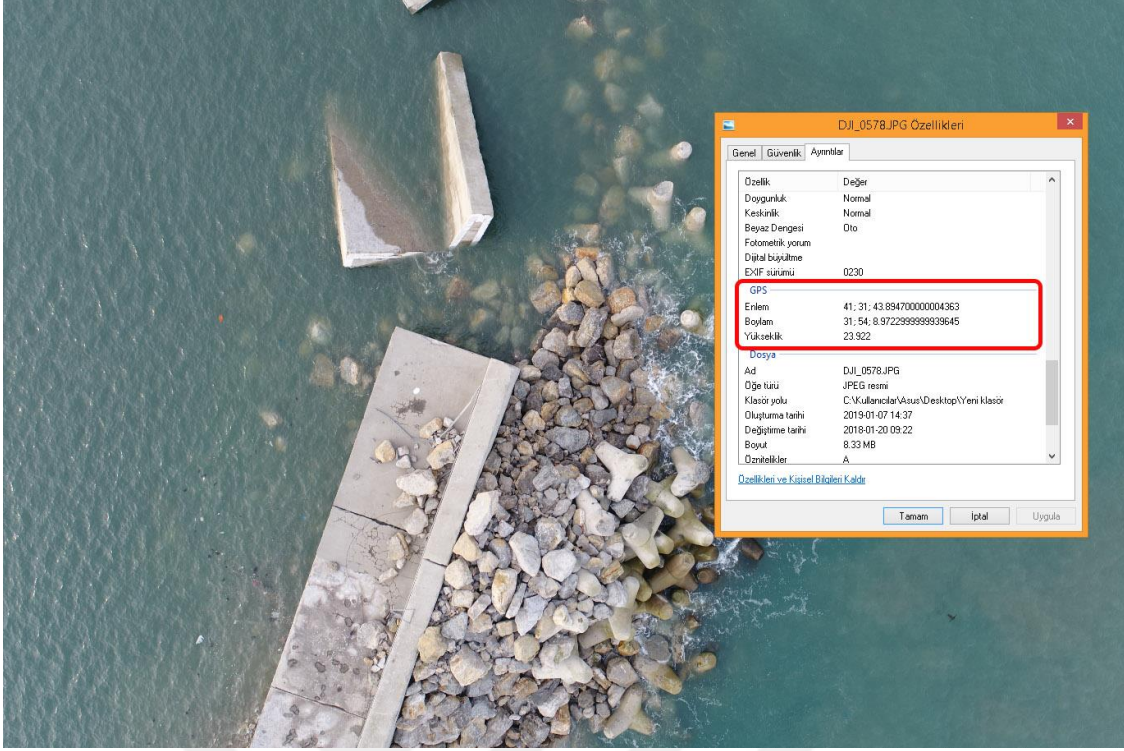
Hava Fotoğraflarının Agisoft Yazılımına Yüklenmesi ve Tanıtılması

Agisoft programı birçok veri formatını desteklemektedir (JPEG, TIFF, DNG, PNG, OpenEXR, BMP, TARGA, PPM, SEQ, ARA (Termal görüntü) ve MPO). Program açıldığında yazılımın menü barında 'Workflow' sekmesinde 'Add photos yada Add Folder' sekmesi seçilerek alınan tüm görüntüler yazılıma tanıtılır.

IHA ile çekilen görüntüler JPEG formatındadır ve GPS, IMU ve gimbal üniteleri sayesinde fotoğraf çekimi yapmış olduğumuz anda, GPS ünitesinden çektiğimiz fotoğrafa ait fotoğraf orta noktası konum bilgisi (X,Y,Z), IMU ünitesi ile o andaki İHA nın 3 yönlü dönüklük bilgisi (Pitch, Roll, Yaw), Gimbal ünitesi ile de IMU dan gelen dönüklük verilerini kamera entegre ederek (Omega, Phi, Kappa) değerlerini otomatik olarak sağlamıştır. Aynı zamanda kamera bilgileri (iç yöneltme parametreleri) ve X,Y,Z Omega, Phi, Kappa dış yöneltme değerleri her bir fotoğrafın exif değerlerine otomatik olarak yazılmıştır. Agisoft yazılımı bu exif bilgilerini okuyarak kamera kütüphanesi sayesinde iç ve dış yöneltme bilgilerini otomatik olarak tanımıştır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21 Workflow Add Photos Bölümü Ekran Görüntüsü

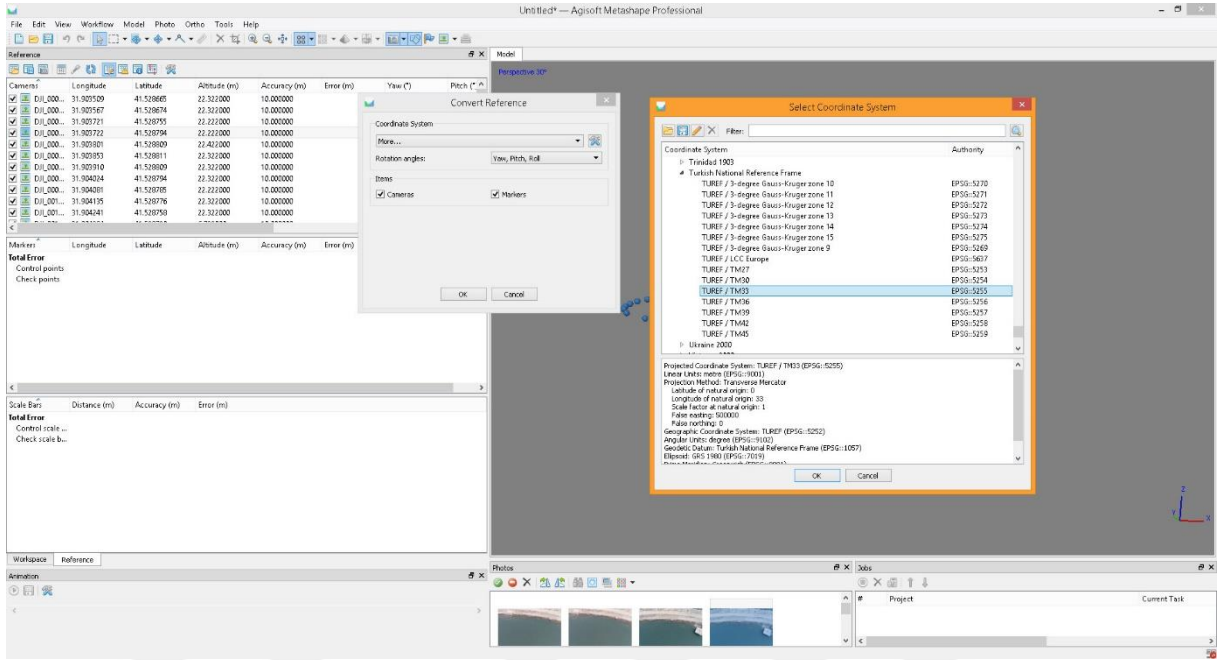


Şekil 4.22 Dijital Görüntülerin Exif Bilgileri

IHA kamerası ile çekilen dijital görüntülerde exif bilgisi coğrafi koordinat sistemindedir. İnsansız hava aracı GPS verisini kullandığı için resim orto nokta koordinatları (Exif) $\approx 10-15$ metre doğruluğundadır (Şekil 4.22).

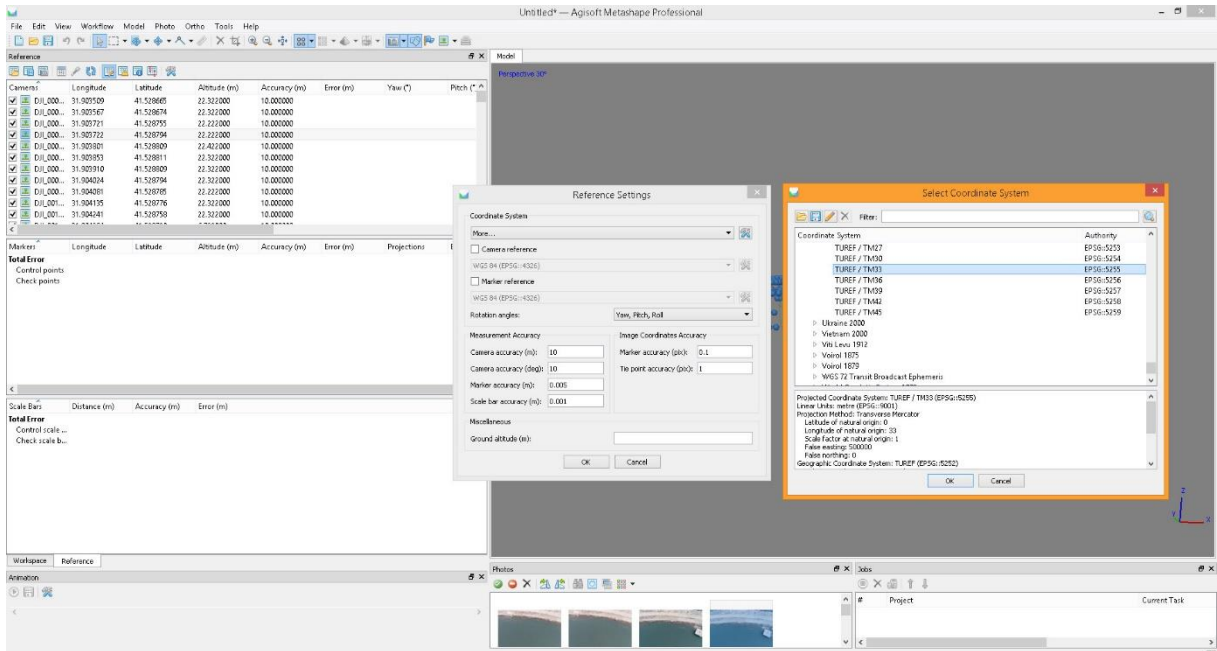
Mutlak yöneltme işlemi için tesis ettiğimiz yer kontrol noktaları ITRF 96 datumunda TM 33 projeksiyon sistemindedir.

Bu iki ayrı projeksiyon sisteminde elde edilmiş verileri birlikte değerlendirebilmek için projeksiyon dönüşümü yapılması gerekmektedir. Ulusal projeksiyon sisteminde veri üretimi gerçekleştirmek için hava fotoğrafları orta noktası konumlarını Agisoft yazılımı içerisinde bulunan ulusal projeksiyon sistemi TUREF TM 33 ' e dönüştürülmüştür (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 Projeksiyon Dönüşümü Ekran Görüntüsü

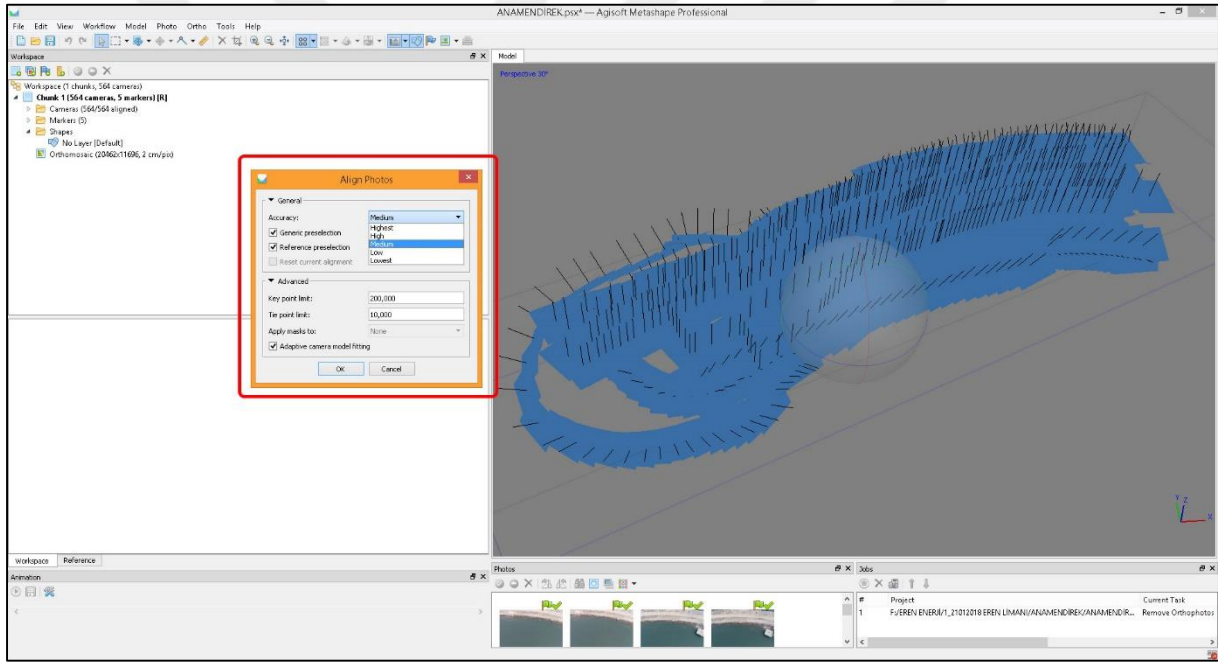
Son olarak yazılım üzerinde “Processing Setting” sekmesi tıklanarak projeksiyon bilgileri, kamera konum doğruluğu, bağlama noktaları ve yer kontrol noktaları işaretleme doğruluk değerleri gibi seçenekler kontrol edilerek görüntülerin yazılıma yüklemesi ve gerekli ayarların yapılması aşaması tamamlanmış olur (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 “Processing setting” Ekran Görüntüsü

Bağlama Noktalarının (Tie Points) Toplanması (Align Photos)

Programın “workflow” sekmesi altında “Align Photos” seçeneği tıklanarak bağlama noktaları toplanması aşaması başlatılır. Yazılım bu işlemi yaparken her bir piksele ait konum ve dönüklük değerleri ve RGB değerlerini kullanarak kamera konum değeri doğruluğunda bindirmeli alanlarda ortak eş nokta araması yapmaktadır. Bu sayede bindirmeli tüm fotoğraflardan oluşan ortak noktalar bulunarak proje blok modeli oluşmaktadır. Bağlama noktalarının kalitesi ve doğruluğunu, fotoğraflardaki bulanıklık, bindirme yetersizliği, güneş ışığına ve arazi yüzeyine bağlı olarak fotoğraflarda “over exposed, under exposed” aşırı parlama ve kararma doğrudan etkilemektedir. Bu tür hataların önüne geçmek için uçuş planlamasında gün ışığı, rüzgâr ve kamera ayarları kontrol edilmiştir (Şekil 4.25).

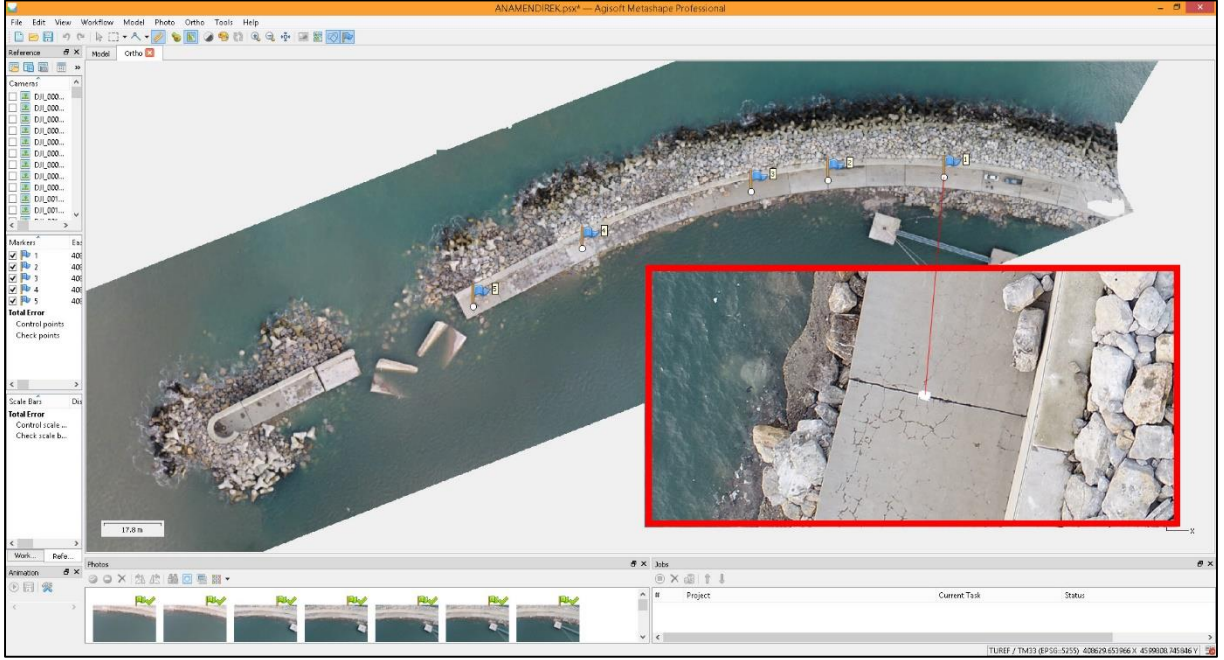


Şekil 4.25 “Align Photos” Ekran Görüntüsü.

Align Photos işlemi; intel core i7-4700HQ işlemci 16GB RAM ve NVIDIA Geforce GTX 850M ekran kartına sahip ASUS marka bilgisayarda yapılmıştır. Toplanan bağlama nokta sayısı 362.429 adettir. Bağlama noktaları yazılım üzerinden 3 boyutlu olarak görüntülenip hatalı nokta olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Yer Kontrol Noktalarının Model Üzerinde İşaretlenmesi (Place Markers)

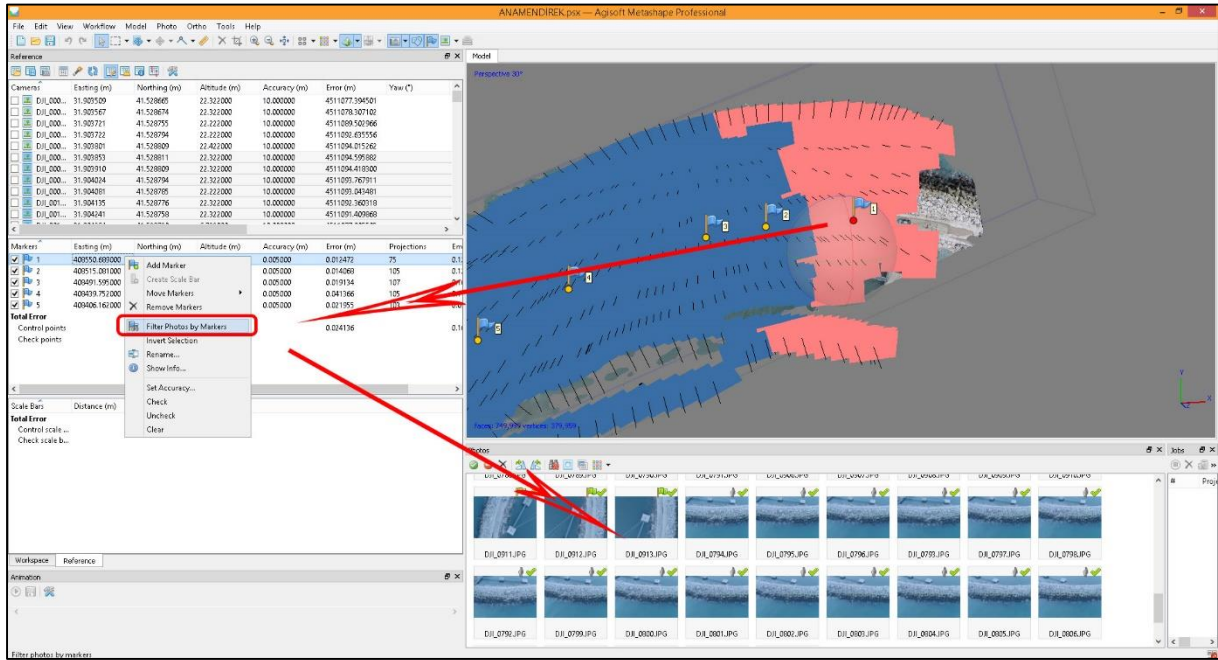
Yer Kontrol noktaları arazinin ulaşılabilinen bölümlere modeli en iyi temsil edecek şekilde homojen dağılımlı olarak tesis edilmiştir. Görüntülerde net bir şekilde görülecek şekilde şablon kullanılarak tesis edilmiştir. Bu projede beyaz renk YKN kullanılarak görüntülerde beton zemin üzerinde daha net görünmesi sağlanmıştır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 Ana Mendirek Yer Kontrol Noktası Tesisi Ekran Görüntüsü

Arazide en uygun yerleşimde dağıtılan yer kontrol noktaları Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif sistemine bağlanılarak en az bir saat ara ile 20 epok olacak şekilde ölçülmüştür. ASCII formatta çıktı alınan YKN'ler yazılıma otomatik olarak okutulmuştur. Oluşturulan bağlama noktalarının üzerine denk gelen YKN'ler ham kamera konum doğruluğu sebebiyle tam ölçüm yapılan noktaya düşmemektedir. Yazılım üzerinden her bir YKN üzerinden "Filter Photos by Markers" seçeneği kullanılarak YKN'lerin bulunduğu dijital görüntüler otomatik olarak filtrelenmiştir. YKN'lerin doğru yerleri görülen her bir fotoğrafta işaretlenerek YKN işaretleme işlemi tamamlanmıştır. Bindirmenin yüksek olması sebebiyle 1 nolu YKN; 95 adet, 2 nolu YKN; 132 adet, 3 nolu YKN; 129 adet, 4 nolu YKN 128 adet ve 5 nolu YKN 120 adet görüntüye denk gelmektedir.

Bu sayede modelin her bölgesinde ki fotoğrafların YKN işaretlenmesinde kullanılması ile çok daha doğru ve tutarlı model elde edilmiş olur.

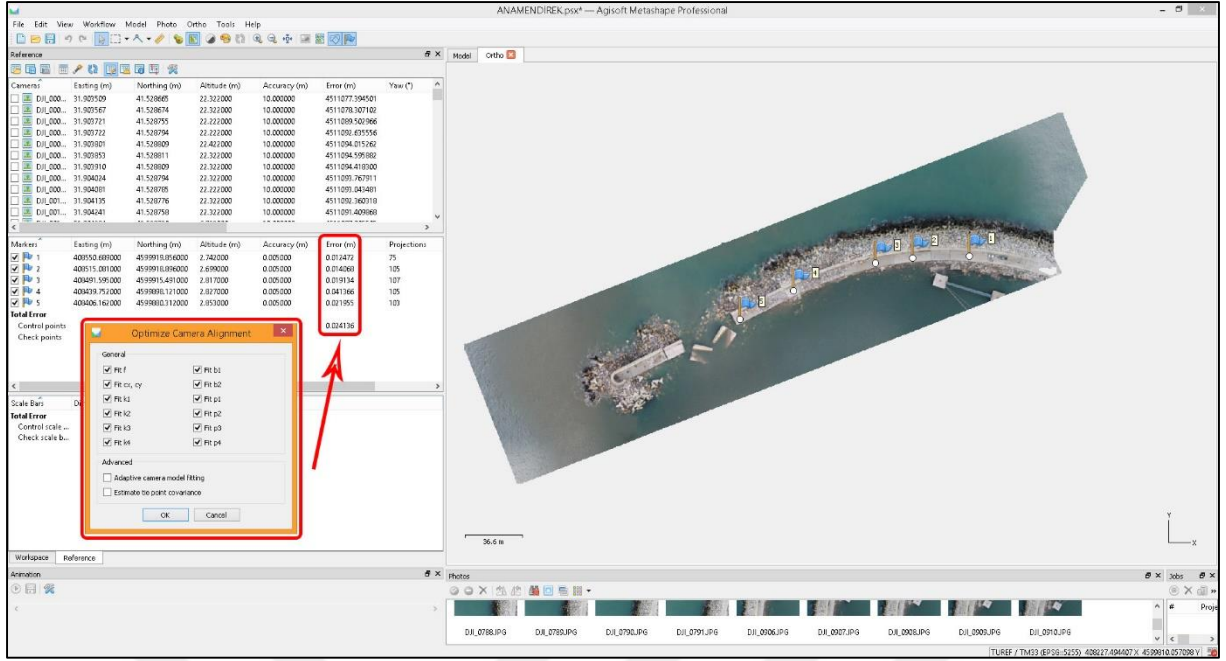


Şekil 4.27 Filter Photos by Markers İşlemi ile YKN Görüntü Filtreleme İşlemi Ekran Görüntüsü

Kamera Optimizasyonu (Optimize Camera Alignment)

YKN işaretleme aşaması tamamlandıktan sonra Agisoft yazılımı üzerinden “optimize camera alignment” seçeneği tıklanarak dengeleme işlemine geçilir. Dengeleme aşamasında hangi kamera parametrelerin optimizasyonu yapılması istenildiği sorulur. Bu seçenekler kamera iç yöneltme elemanları kamera teğetsel ve radyal distorsiyon parametreleridir. Tüm seçenekleri işaretlenerek işlem başlatılır. Birkaç dakikalık process zamanı sonrasında her bir YKN'nin ortalama hataları ve karesel ortalama hatalar (KOH) hesaplanır.

Normal şartlarda bu karesel ortalama hatanın GSD değerinin altında kalması tavsiye edilir. Bu tür yazılımlarda $3 \times \text{GSD}$ değeri $>$ RMS kriteri iyi bir sonuç olarak ele alınır (3 sigma kuralı). Bu projede çıkan RMS hatası ± 2.41 cm olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.28).

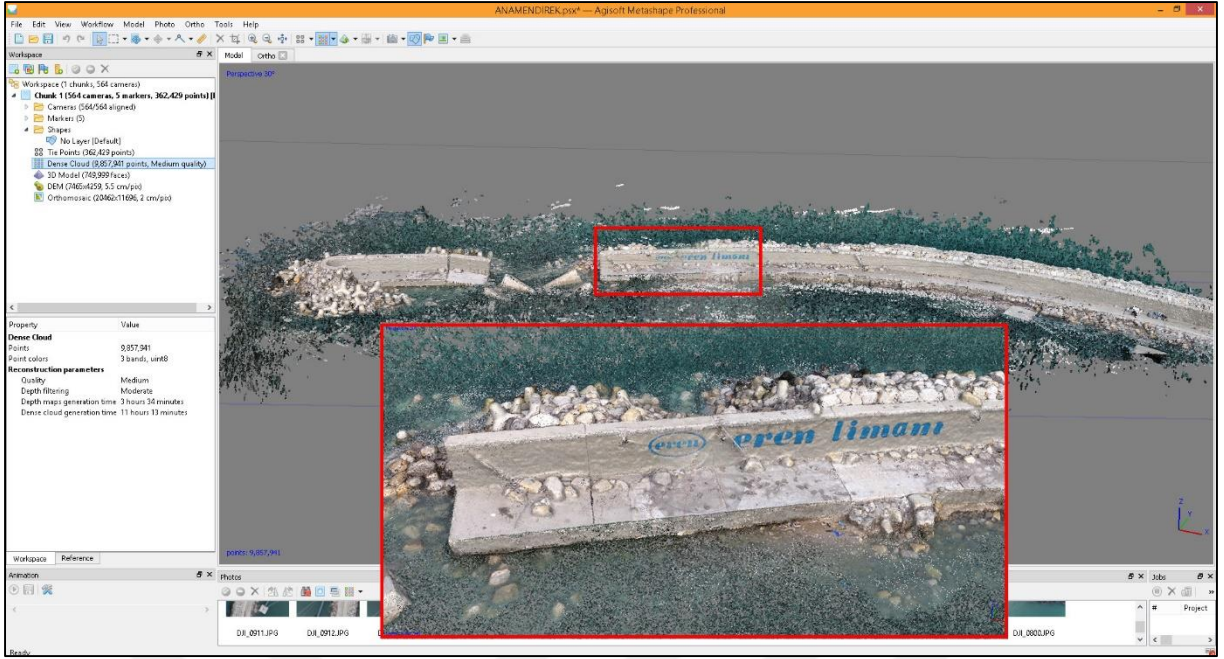


Şekil 4.28 Ana Mendirek Optimizasyon Sonrası YKN Hata Miktarları Ekran Görüntüsü

Nokta Bulutu Üretilmesi (Build Dense Point Cloud)

Dengeleme işlemi başarılı geçmesi sonrasında veri üretimi aşamasına geçilir. İlk olarak nokta bulutu üretimi gerçekleştirilir. Bu aşamada piksel eşleme (dense matching) yapılarak her bir piksel kontrol edilip bindirmeli alanlardan 3D nokta verileri üretilir. Parametreler “Quality: Medium, Depth filtering: Moderate” olarak seçilmiştir. “Quality” aşaması nokta sayısı yoğunluğu ile alakalı olduğu için medium seçeneği ile kullanacağımız nokta bulutu sayısından çok daha fazlası elde edilebilecektir. Moderate seçeneği ise karmaşık arazi örtüsü ve yapıları alanlarda küçük detayların hassas olarak çıkarılması amacı ile kullanılan seçenektir.

Yazılım nokta bulutunu; “ultrahigh, high, medium, low, lowest” seviyelerinde üretebilir. Lowest seviyeden ultrahigh seviyesine doğru üretilen nokta bulutu veri kümesi ve verinin işleme süresi katlanarak artar. Çıktı ürün olarak üretilen nokta bulutu verisi x,y,z koordinat bilgisi haricinde her nokta için red, green, blue renk bilgisinde içerir ve sınıflandırma için kolaylık sağlar. Üretilen nokta bulutu dışarıya *.xyz, *.LAS, vb. formatlarda aktarılabilir. Bu aşama; projede kullanılan intel core i7-4700HQ işlemci 16GB RAM ve NVIDIA Geforce GTX 850M ekran kartına sahip ASUS model bilgisayar ile 14 saat süre zarfında gerçekleşmiştir (Şekil 4.29).

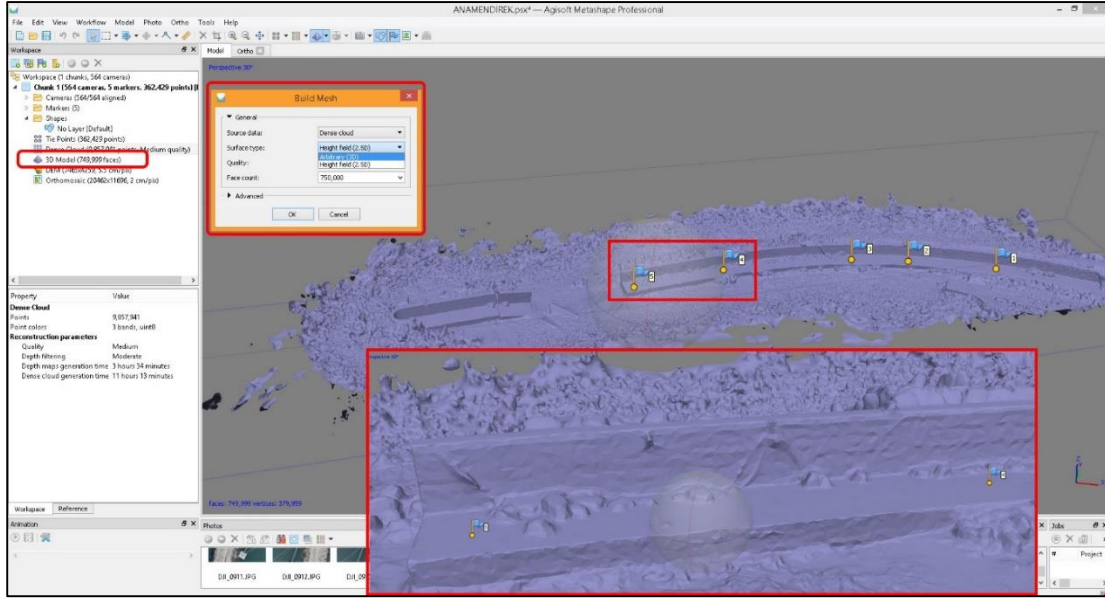


Şekil 4.29 Ana Mendirek Nokta Bulutu (Dense Cloud) Üretilmesi Aşaması

Poligonal Ağ Modeli (Mesh Model)

Yoğun nokta bulutu verisi üretildikten sonra araziye temsil eden sayısal arazi modeli oluşturabilmek için üçgen model üretilmesi gerekmektedir. Üçgen modelin üzerine doku kaplaması yapılarak 3D model üretilmiş olur (Şekil 4.30). Bu aşamada modelin üretileceği yoğun nokta bulutu (dense cloud), yüzey tipi (arbitrary) ve yüzey sayısı (face count) seçilmiştir.

“Arbitrary” seçeneği karmaşık arazi türlerinde detaylı 3D model üretebilmek amacıyla kullanılır. Arbitrary seçeneği ile arazi yapısı modellenirken yan yüzeylerde hassas olarak üçgenlenir. Bu seçenek process zamanını 10 kata kadar artırmaktadır. Projede kullanılan bilgisayar ile mesh model üretim işlemi yaklaşık 4 saat süre zarfında tamamlanmıştır. Üretilen ve doku kaplaması yapılmış model *.obj, *.stl, *.3ds, vb. formatlarda dışarıya aktarılır (Şekil 4.30).

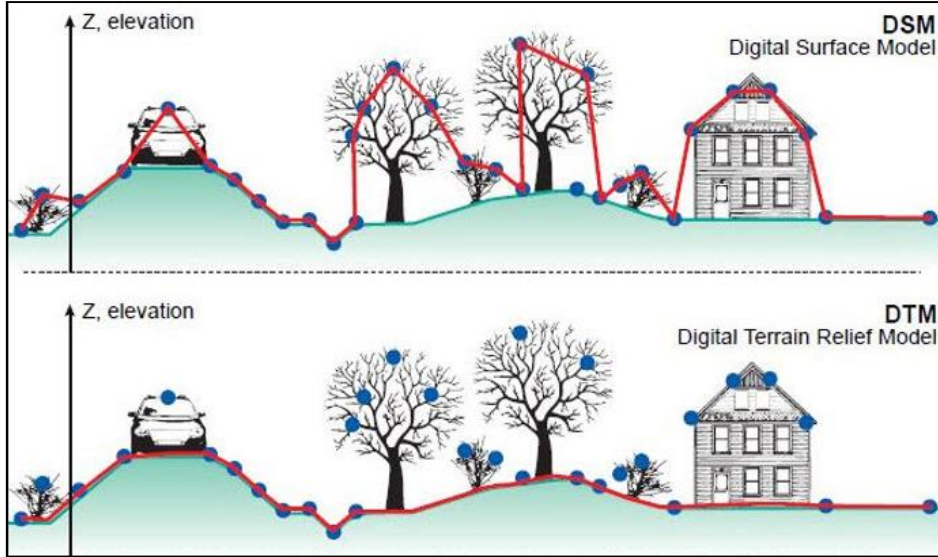


Şekil 4.30 Nokta Bulutu Üzerinden Arbitrary Seviyede Üçgen Model Üretimi

Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi (Build DEM)

Bağlama noktaları ve nokta bulutu üzerinden sayısal yükseklik modeli üretilebilir. Yüksek hassasiyet için tercih edilen veri kümesi yoğun nokta bulutu olmalıdır. Ultrahigh, High, Medium, Low, Lowest seviyelerine göre üretilen yoğun nokta bulutunun üretilme seviyesi sayısal yükseklik modelinin çözünürlüğü belirler. Örnek olarak medium seviyede üretilen bir sayısal yükseklik modelinin maksimum çözünürlüğü 0.30 cm çıkarken aynı model üzerinden high seviyede üretilen bir yükseklik modelini maksimum çözünürlüğü 0.05 cm değerlerine inmektedir. Üretilen sayısal yükseklik modeli *.xyz, *.TIF, *.asc vb. formatlarda aktarılabilir.

Agisoft yazılımı sayısal yükseklik modeli (SYM, DEM) olarak sayısal yüzey modeli üretmektedir. Sayısal yüzey modeli; çıplak arazi yükseklik verisi ile beraber doğal veya yapay her türlü nesnelere yükseklik bilgisini içeren veri tipidir (Şekil 4.31). Ana mendirek çalışma bölgesinde oluşturulan nokta bulutuna bağlı olarak üretilen sayısal yükseklik modeli 5.5 cm/pix. çözünürlüktedir (Şekil 4.32).



Şekil 4.31 Sayısal Yüzey Modeli (DSM) ve Sayısal Arazi Modeli (DTM).

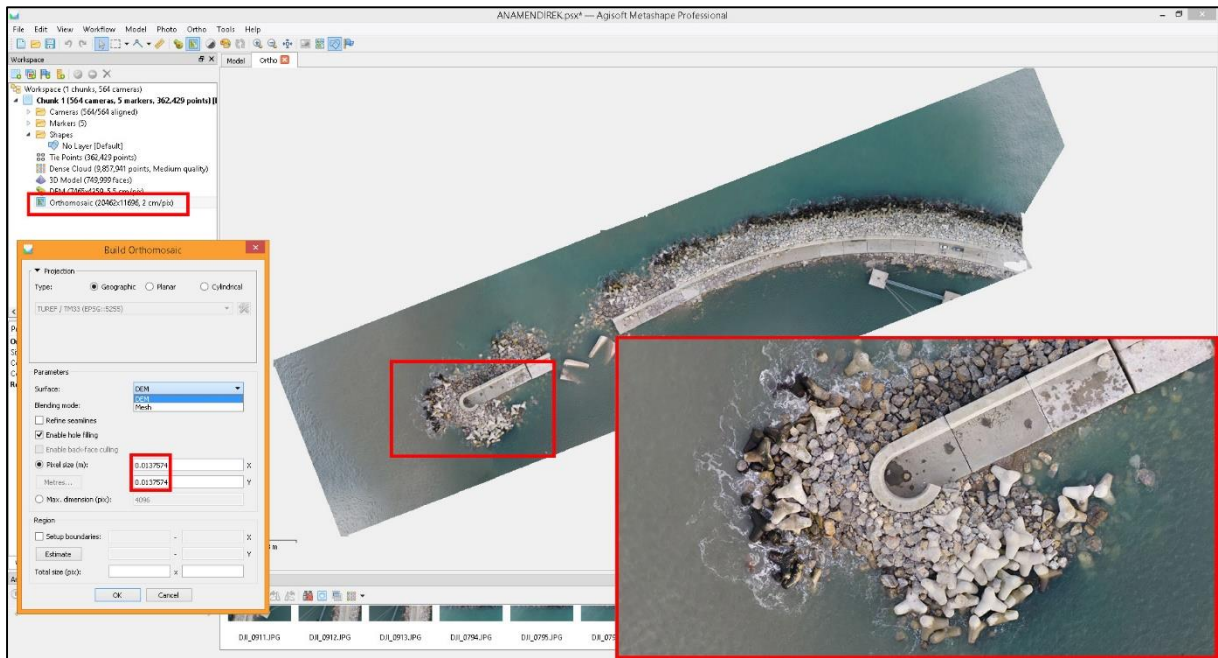


Şekil 4.32 5.5 cm/ Pix Çözünürlükte Ana Mendirek Sayısal Yükseklik Modeli Üretilmesi

Ortofoto Üretilmesi (Build Orthomosaic)

Yükseklik modeli üretimi tamamlandıktan sonra ortofoto üretimine geçilmiş olunur. Ortofoto; eğiklik, dönüklük ve yükseklik farklarından kaynaklı hataların giderildiği harita amaçlı kullanılabilen üzerinden koordinat ve ölçüm alınabilen bir veri tipidir. Yükseklik farklarından kaynaklı hatanın giderilmesi için sayısal yüzey modeli (DSM) ya da poligonal ağ modeli (MESH) kullanılabilir. Agisoft yazılımı dsm tabanlı veri ürettiği için oluşacak ortofoto 'True

ortofoto' ya da literatürde 'DSM Ortofoto' olarak ta adlandırılan veri tipidir. True ortofoto da normal ortofotoya göre yükseliği olan objelerin yan yüzeylerinin görülmesi durumu oluşmamaktadır. Kullanılan yükseklik modelinde çıplak arazi modeli haricinden ağaç bina vb. objelerinde yükseklik bilgisi bulunmaktadır. Program tarafından üretilecek ortomozaik görüntüsünün max. piksel boyutu, orjinal ortalama yer örnekleme çözünürlüğüne göre belirlenir. Kullanıcı belirlenen bu piksel boyutunda veya üzerinde ortomozaik görüntüsünü dışarıya *.TIF, *.JPEG, *.PNG, vb. formatlarda aktarabilir. Çalışma alanımızda ana mendirek bölgesinde minimum 0.013 m X/Y piksel boyutunda ortofoto görüntü çıktısı alınabilmektedir (Şekil 4.33).

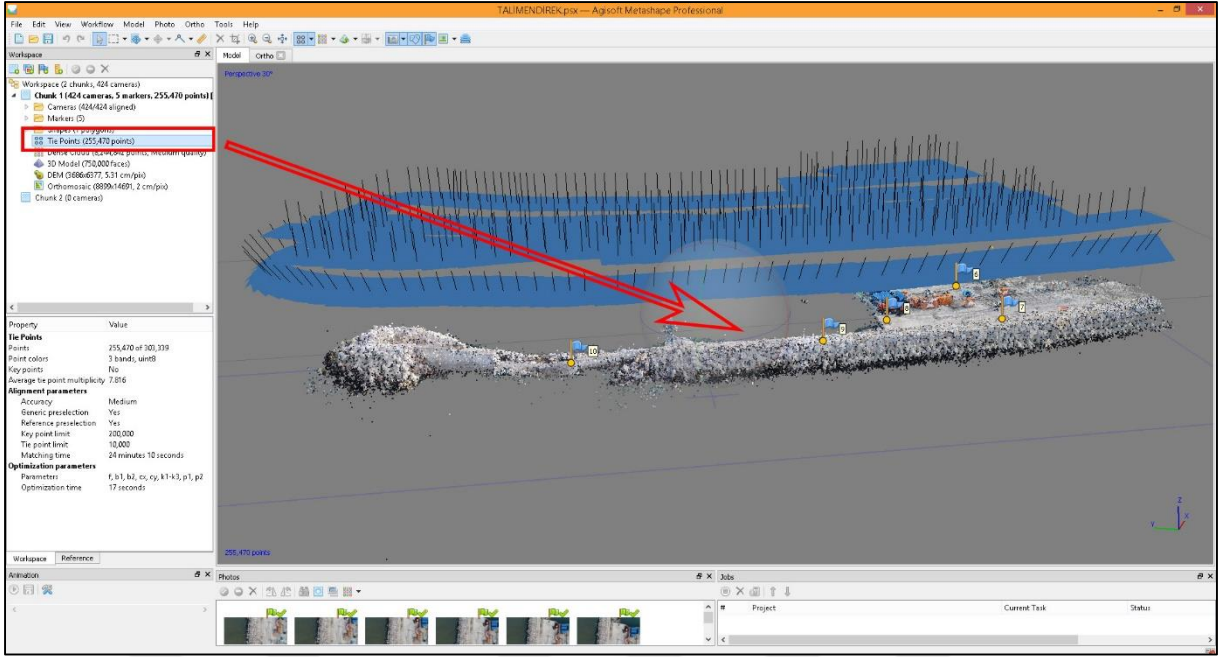


Şekil 4.33 Sayısal Yükseklik Modeli Üzerinden 1.3 cm/ Pix Çözünürlükte Ana Mendirek Ortofoto Üretimi

4.2.4.2 Tali Mendirek Fotogrametrik Değerlendirme

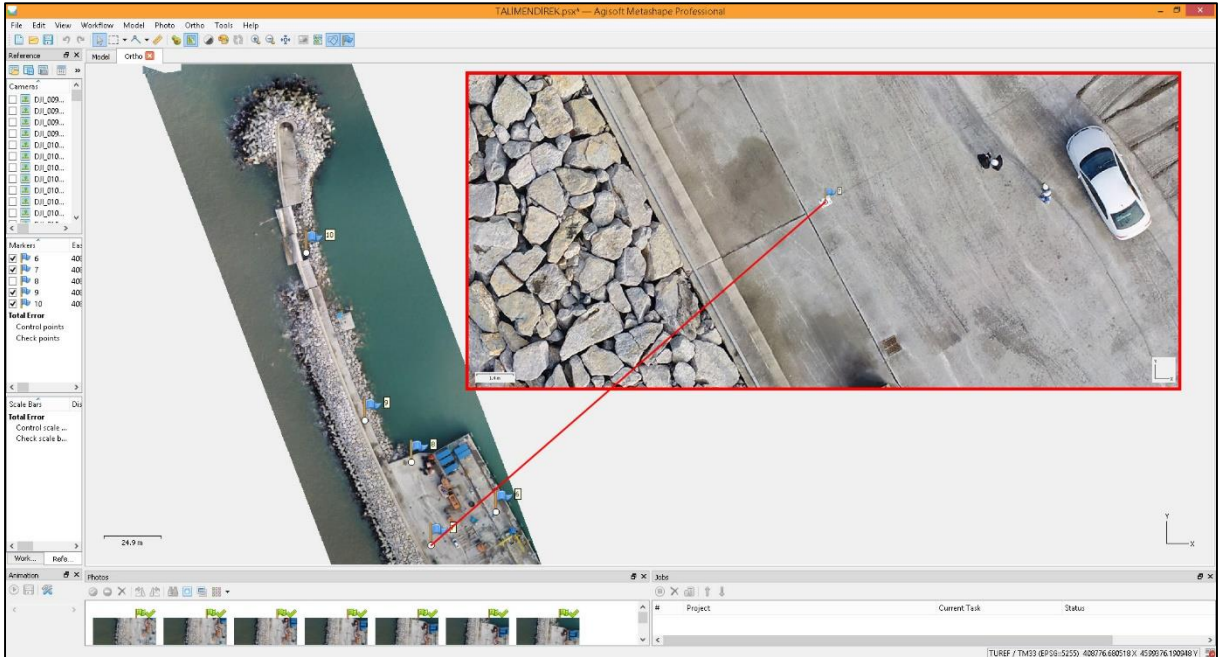
Tali mendirek fotogrametrik değerlendirme aşamasında; program parametreleri ve kullanılan bilgisayar donanımı aynı olduğu için bu bölümde sadece sonuçlara yer verilmiştir.

Tali mendirekte alınan 424 adet görüntünün Align Photos işlemi sonucunda 255.470 adet bağlama noktası üretilmiştir (Şekil 4.34).



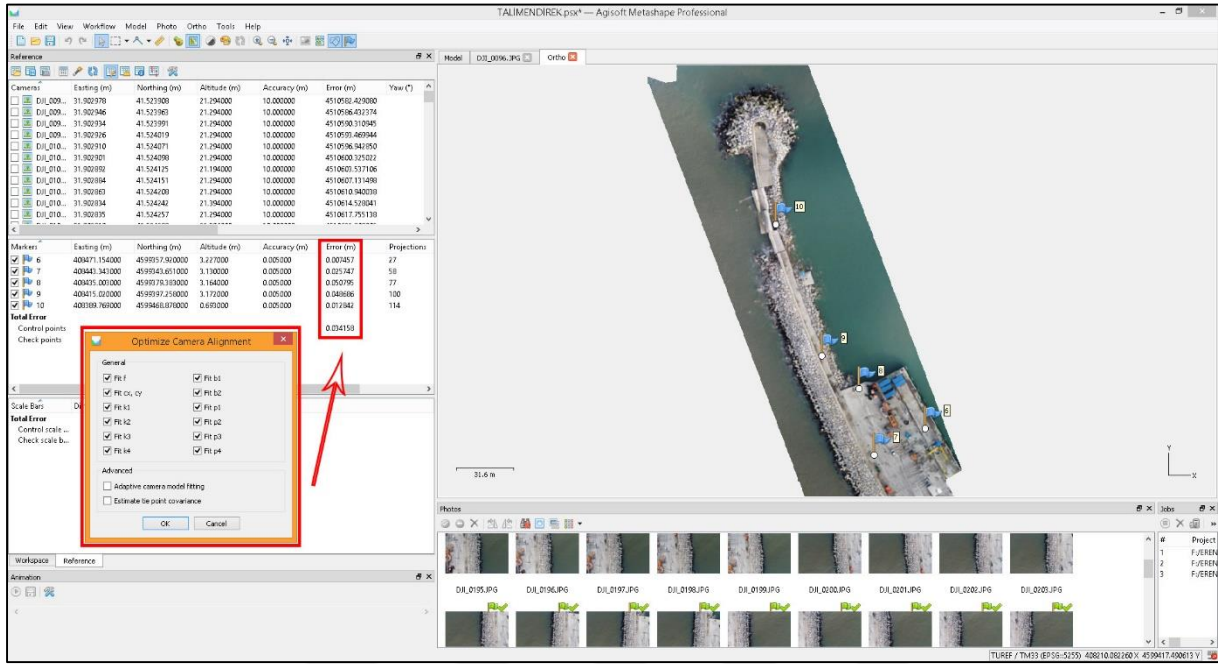
Şekil 4.34 Bağlama Noktası Üretilmesi (Tie Points).

Tali mendirek bölgesinde 5 adet YKN tesis edilmiştir, programa koordinatları aktarılan YKN ler; Filters Photos By Markers seçeneği ile filtrelenmiştir. 6 nolu YKN; 27 adet, 7 nolu YKN; 58 adet, 8 nolu YKN; 77 adet, 9 nolu YKN; 100 adet ve 10 nolu YKN; 114 adet görüntüye denk gelmiştir (Şekil 4.35).



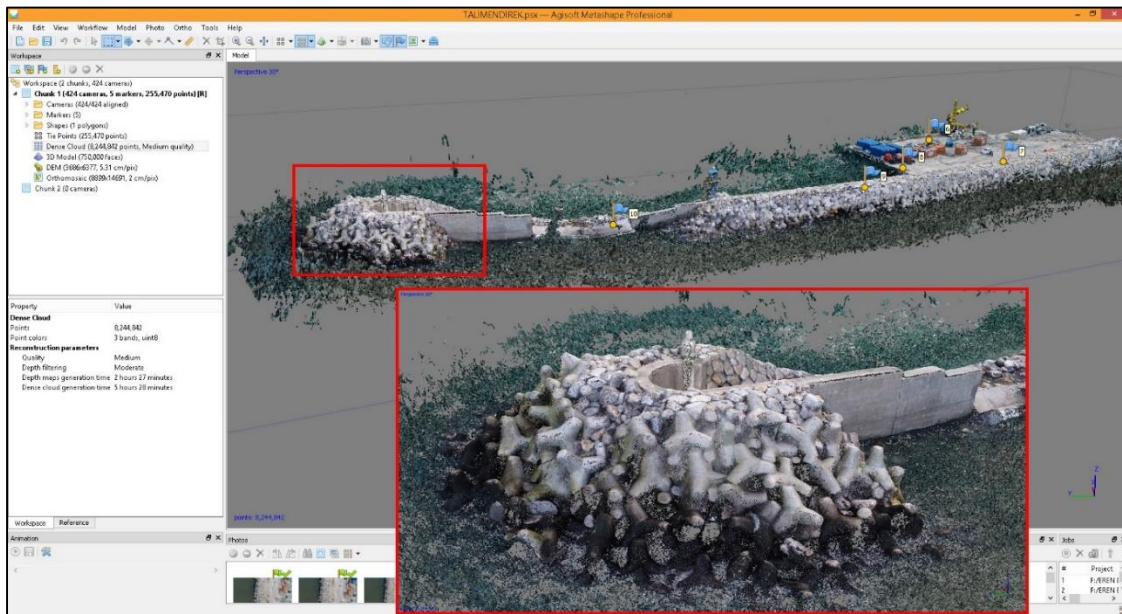
Şekil 4.35 Tali Mendirek Yer Kontrol Noktası Tesisi Ekran Görüntüsü.

Fotoğraflar üzerinden YKN işaretlenmesi yapıldıktan sonra 5 adet noktadan oluşan YKN lerin dengeleme sonucu çıkan RMS hatası ± 3.41 cm olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.36).



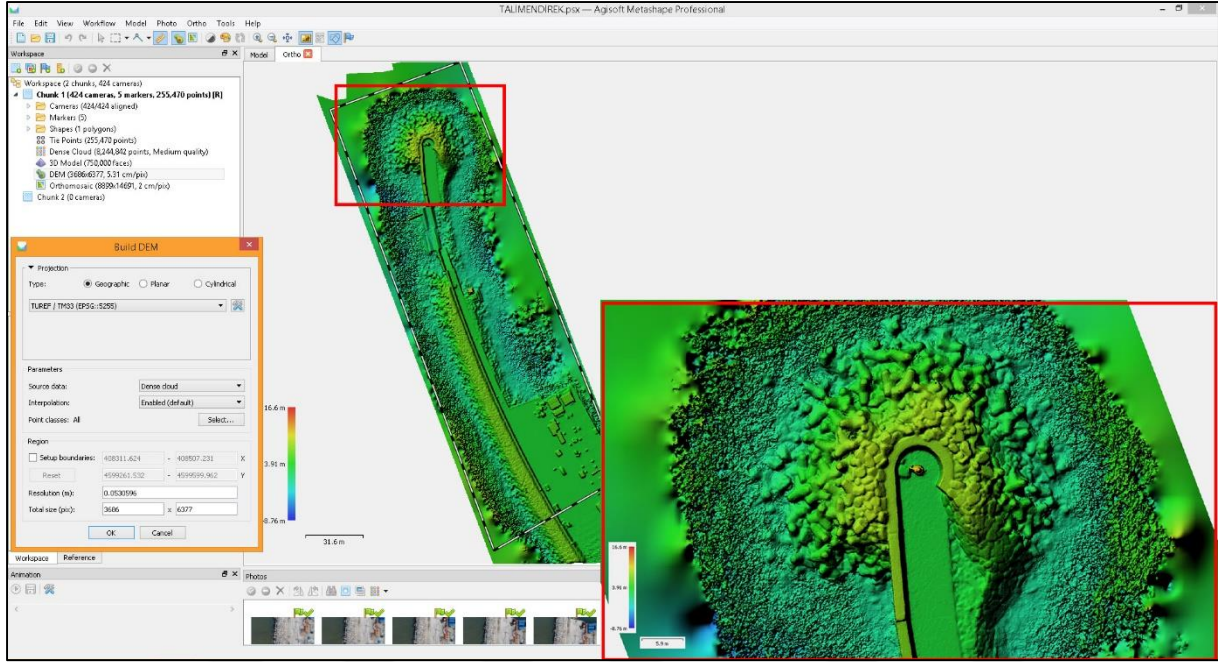
Şekil 4.36 Tali Mendirek Optimizasyon Sonrası YKN Hata Miktarları Ekran Görüntüsü.

Dengeleme sonrası nokta bulutu (dense cloud) üretimi için program parametreleri; Quality: Medium, Depth Filtering: Moderate olarak seçilmiştir. Nokta bulutu üretilmesi işlemi bu ayarlarla 12 saat süre zarfında gerçekleşmiştir (Şekil 4.37).



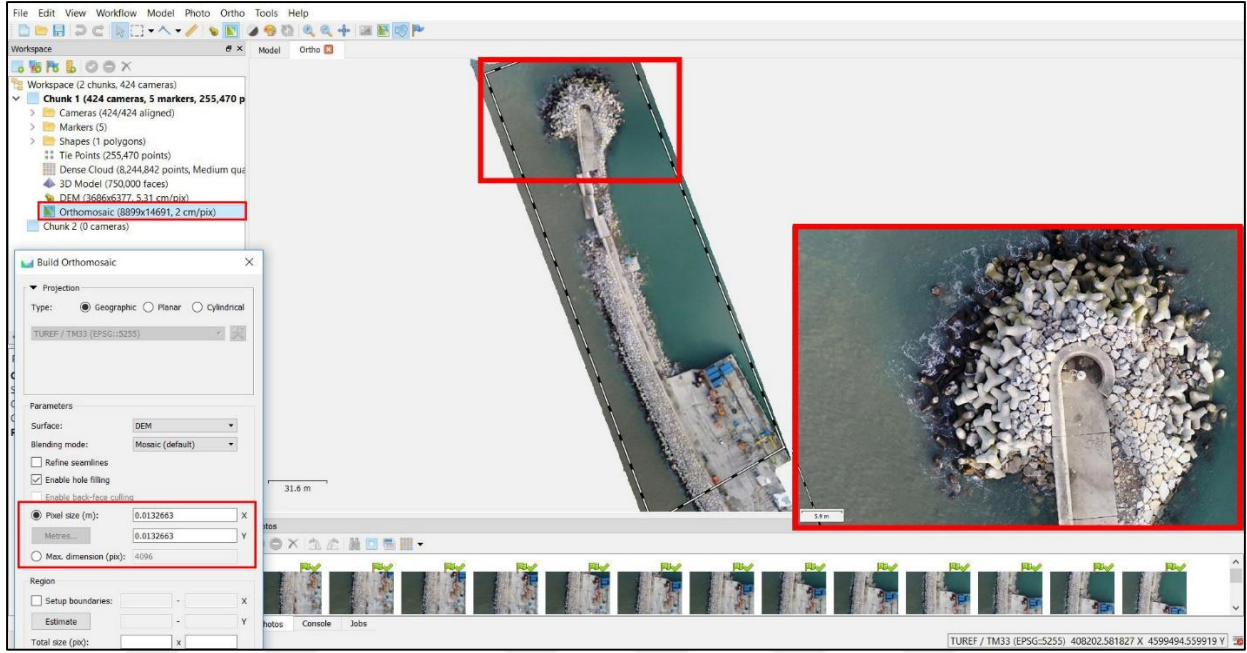
Şekil 4.37 Tali Mendirek Nokta Bulutu (Dense Cloud) Üretilmesi Aşaması

Nokta bulutu üretilmesinden sonra Sayısal Yükseklik Modeli (SYM/ DEM) üretilmesi aşamasına geçilmiştir. Nokta bulutunun üretilme kalitesi sayısal yükseklik modeli üretilme kalitesini doğrudan etkilemektedir. Process sonucunda 5.31 cm/ pix çözünürlükte sayısal yükseklik modeli üretilmiştir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38 5.3 cm/ pix çözünürlükte Tali Mendirek Sayısal Yükseklik Modeli Üretilmesi

Sayısal yükseklik modeli üretildikten sonra Tali Mendirek proje bölgesinde minimum 0.013 m X/Y piksel boyutunda ortofoto görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 4.39).

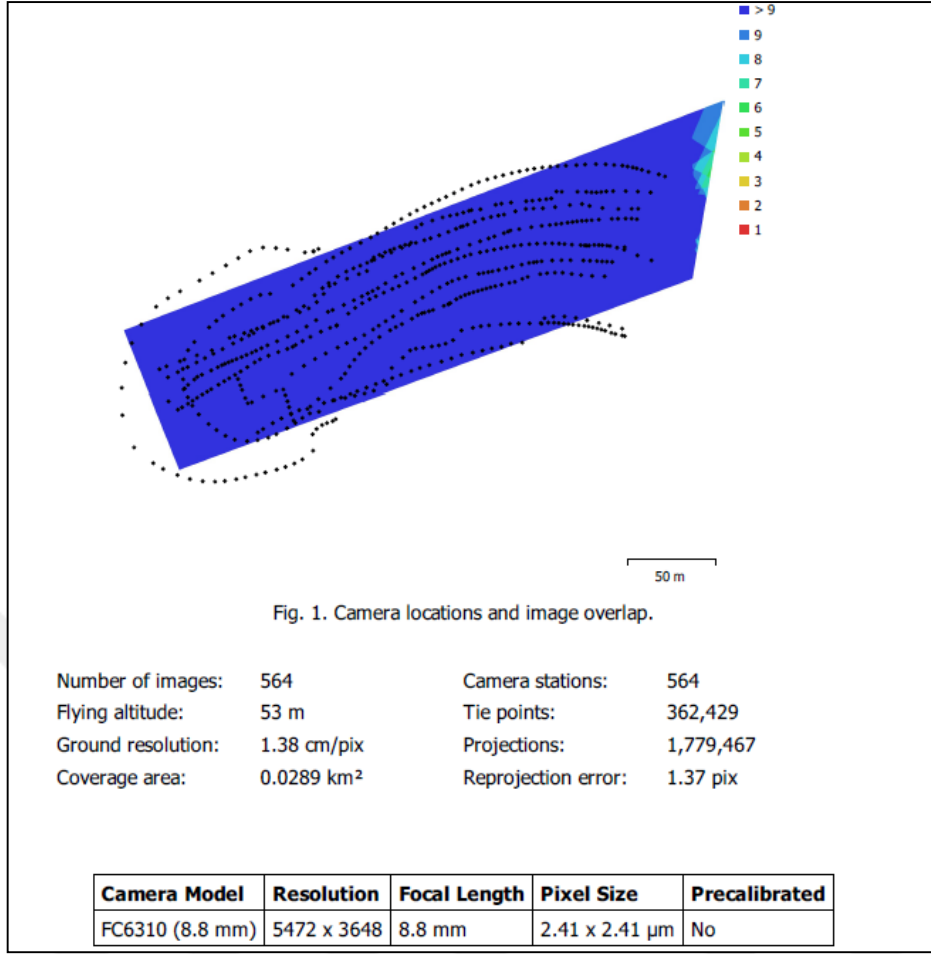


Şekil 4.39 Sayısal Yükseklik Modeli Üzerinden 1.3 cm/ Pix Çözünürlükte Tali Mendirek Ortofoto Üretilmesi

4.2.4.3 Ana Mendirek Fotogrametrik Değerlendirme Sonuçları

Ana mendirek için oluşan raporda 564 adet görüntünün tamamının kalibre olduğu, ortalama 53 m elipsoidal yükseklikte uçuş yüksekliğini, 1.38cm gsd değeri, 2.89 ha alanın kapatıldığı, 362429 adet bağlama noktası toplandığını ve model alanı içerisinde bir pikselin 9 ve üstü fotoğraf bilgisi olduğu belirtilmektedir.

Ayrıca girdi ham kamera bilgileri olarak kütüphanede kamera modelimizin FC6310 olduğu, kamera sensör boyutlarının 5472pix x 3648 pix olduğu, odak uzaklığının 8.8 mm ve piksel boyutunda 2.41mikron olduğu bilgisi sunulmaktadır (Şekil 4.40).



Şekil 4.40 Ana Mendirek Fotogrametrik Değerlendirme Raporu

Programdan elde edilen kamera bilgileri aşağıdaki gibidir,

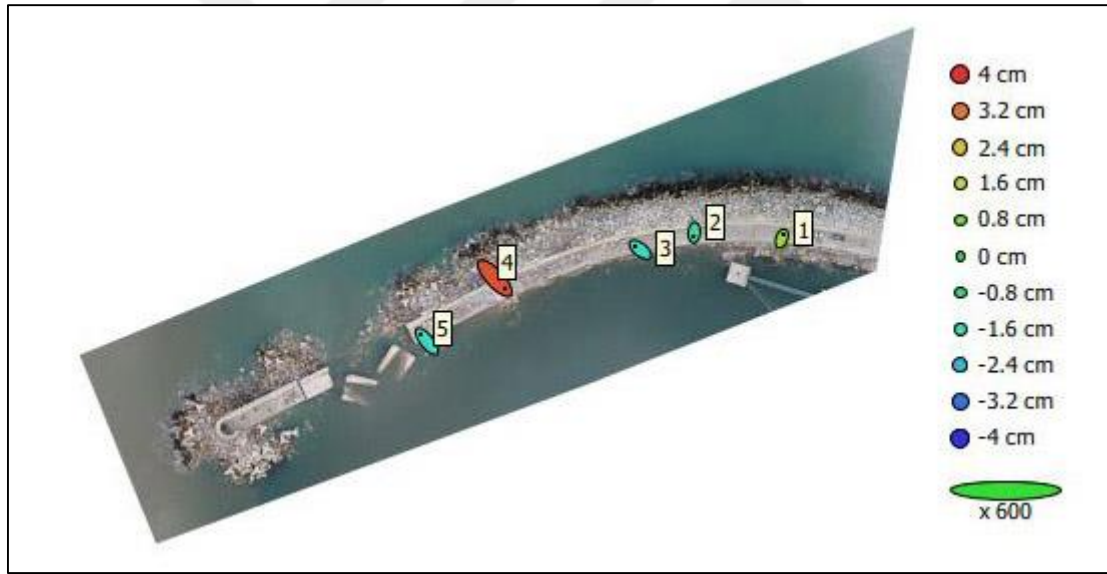
Çizelge 4.3 Kamera Kalibrasyon Parametreleri

DJI PHANTOM-4 Kamera Kalibrasyon Parametreleri					
Nokta Sayısı	1000	Sensör Boyutları	Pixel Boyutu (mm)	Görüntü Koordinatları Karesel Ortalama Hatası	
Görüntü Sayısı	10	H 5472	0.00241228	1.00 (um)	
		V 3648	0.00241228	FC6310_(8.8_mm)	
Kamera Değişkenleri	İlk Değer	Toplam Dengeleme	Sonuç Değer	İlk Standart Sapma	Son Standart Sapma
C	8.7580	0.00000	8.7580	1.0e+003	0.0012 (mm)
XP	0.0243	0.00000	0.0243	1.0e+003	0.0025 (mm)
YP	-0.0557	0.00000	-0.0557	1.0e+003	0.0025 (mm)
K1	4.54977e-005	0.000e-000	-4.54977e-005	1.0e+003	1.96658e-007
K2	1.99445e-006	0.000e-000	1.99445e-006	1.0e+003	3.13466e-009
K3	-2.51356e-008	0.000e-000	-2.51356e-008	1.0e+003	7.25708e-012
P1	-1.27074e-004	0.000e-000	-1.27074e-004	1.0e+003	1.09460e-005
P2	3.86846e-005	0.000e-000	3.86846e-005	1.0e+003	4.61102e-007
B1	-4.15545e-003	0.000e-000	-4.15545e-003	1.0e+003	5.75509e-005
B2	7.32236e-004	0.000e-000	7.32236e-004	1.0e+003	3.78718e-005
Maksimum gözlenen radyal mesafe karşılaştırıldı					1.000 mm

X,Y,Z: Lokal kamera koordinat sistemindeki nokta koordinatı,
u,v: Görüntü koordinat sisteminde öngörülen nokta koordinatları,
f: odak uzaklığının piksel cinsinden değeridir,
cx, cy: Ana nokta offset değeri,
K1,K2,K3,K4: Radyal distorsiyon katsayıları
P1,P2,P3,P4: Teğetsel distorsiyon katsayıları
B1,B2: Yakınlık ve diksizlik katsayıları
w, h: Pikseldeki görüntü genişlik ve yükseklik

Ana Mendirek Yer Kontrol Noktaları

Ana mendirek proje bölgesine tesis edilen 5 adet yer kontrol noktasına ait hata miktarları sonuçları aşağıdaki görselde gösterilmiştir (Şekil 4.41).



Şekil 4.41 Ana Mendirek Yer Kontrol Noktaları ve Hata Miktarları

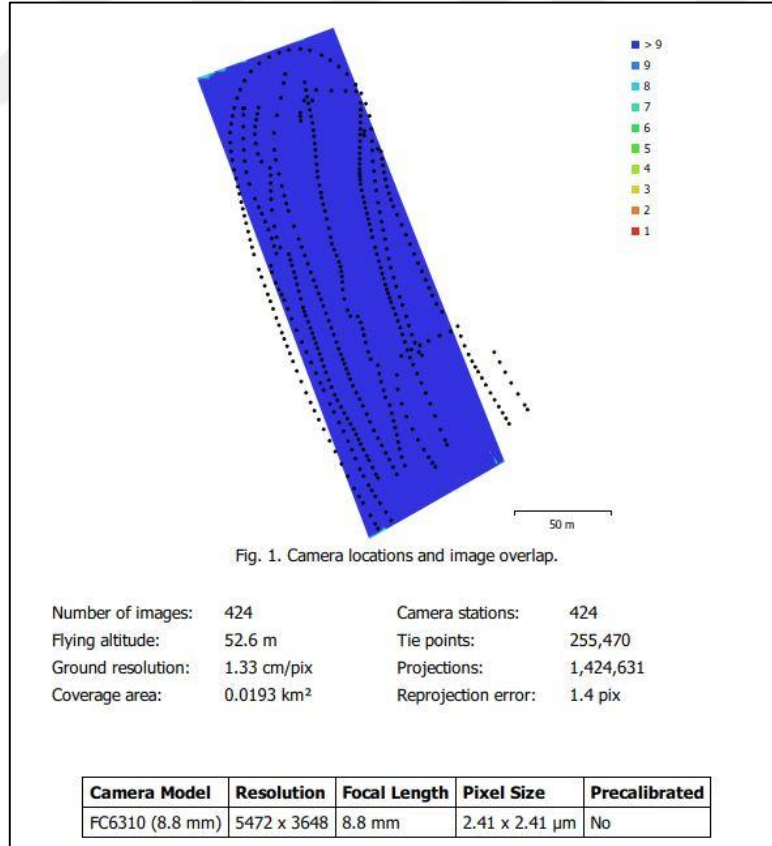
Çizelge 4.4'de Z (Yükseklik) değerlerindeki hata renk skalası ile, X (Doğu) ve Y (Kuzey) değerlerindeki hata ise elips şekli ile ifade edilmiştir.

Çizelge 4.4 Ana Mendirek Yer Kontrol Noktaları Hata Miktarları

Nokta No	X hata (cm)	Y hata (cm)	Z hata (cm)	Toplam (cm)	Piksel (Görüntü)
1	0.197945	0.50968	1.12092	1.24717	0.122(75)
2	-0.0413751	-0.597951	-1.27268	1.40675	0.122(105)
3	-0.698941	0.53624	-1.69848	1.91335	0.104(107)
4	1.34599	-1.45462	3.63099	4.13663	0.115(105)
5	-0.803382	1.00581	-1.7785	2.19548	0.059(103)
Toplam	0.772854	0.898049	2.10277	2.41359	0.106

4.2.4.4 Tali Mendirek Fotogrametrik Değerlendirme Sonuçları

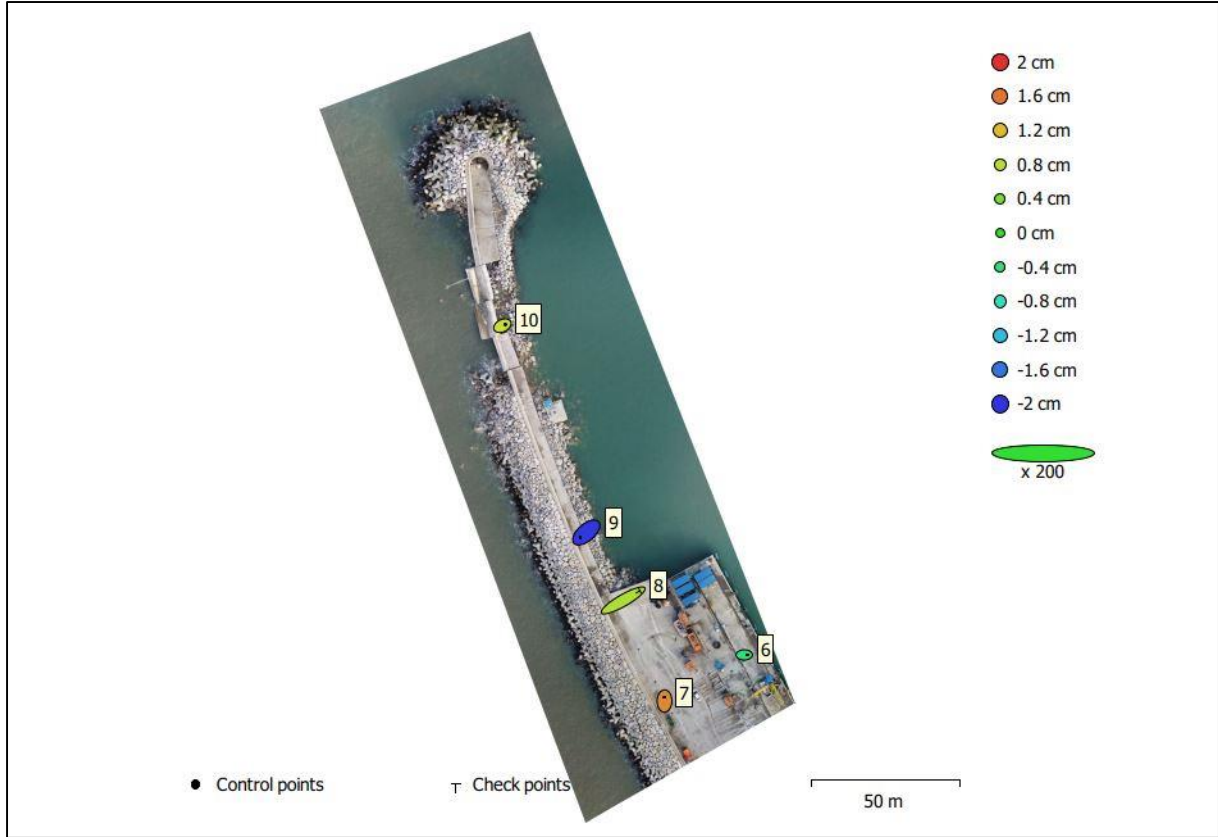
Tali mendirek için oluşan raporda 424 adet görüntünün tamamının kalibre olduğu, ortalama 52 m elipsoidal yükseklikte uçuş yüksekliğini, 1.33cm gsd değeri, 1.93 ha alanın kapatıldığı, 255.470 adet bağlama noktası toplandığını ve model alanı içerisinde bir pikselin 9 ve üstü fotoğraf bilgisi olduğu belirtilmektedir (Şekil 4.42).



Şekil 4.42 Tali Mendirek Fotogrametrik Değerlendirme Raporu

Tali Mendirek Yer Kontrol Noktaları

Tali mendirek proje bölgesine tesis edilen 5 adet yer kontrol noktasına ait hata miktarları sonuçları aşağıdaki görselde gösterilmiştir (Şekil 4.43).



Şekil 4.43 Tali Mendirek Yer Kontrol Noktaları ve Hata Miktarları

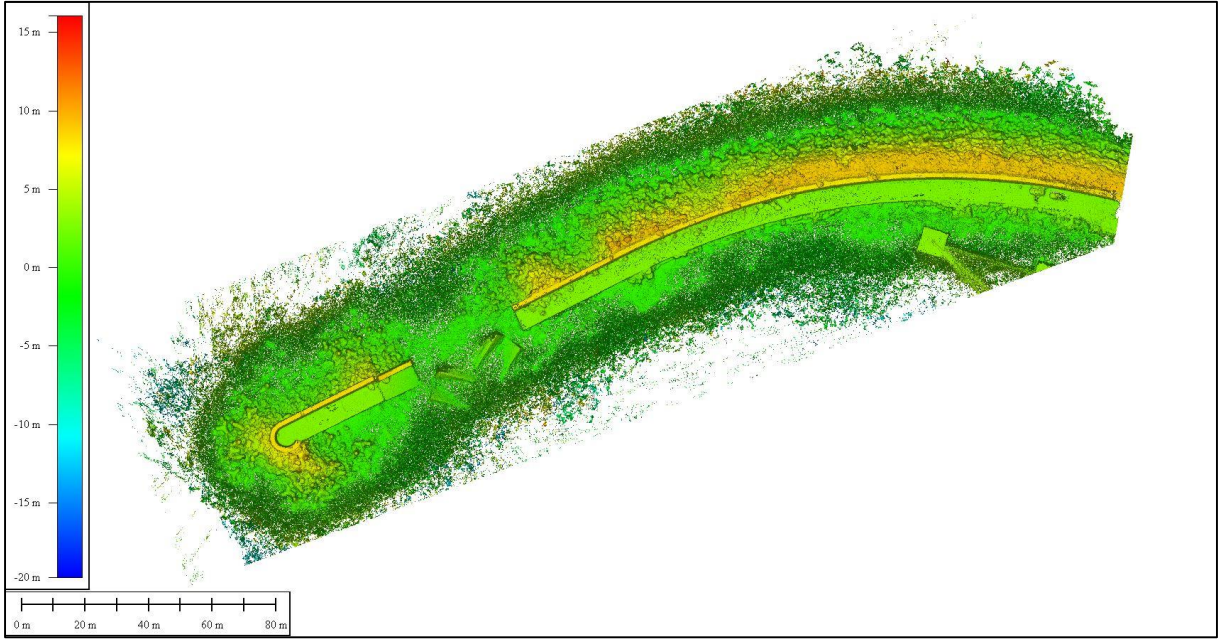
Çizelge 4.5'te Z (Yükseklik) değerlerindeki hata renk skalası ile, X (Doğu) ve Y (Kuzey) değerlerindeki hata ise elips şekli ile ifade edilmiştir.

Çizelge 4.5 Tali Mendirek Yer Kontrol Noktaları Hata Miktarları

Nokta No	X hata (cm)	Y hata (cm)	Z hata (cm)	Toplam (cm)	Piksel (Görüntü)
6	0.0462251	-0.593558	-0.449672	0.746091	0.289(27)
7	-1.55056	0.364556	2.02257	2.57447	0.269(58)
8	4.37407	2.58155	-0.0772205	5.07965	0.225(77)
9	-3.19846	-2.45127	-2.7316	4.86832	0.153(100)
10	0.325815	0.0980407	1.2382	1.28409	0.121(114)
Toplam	2.52488	1.62284	1.63057	3.41575	0.195

Ana Mendirek Sayısal Yüzey Modeli

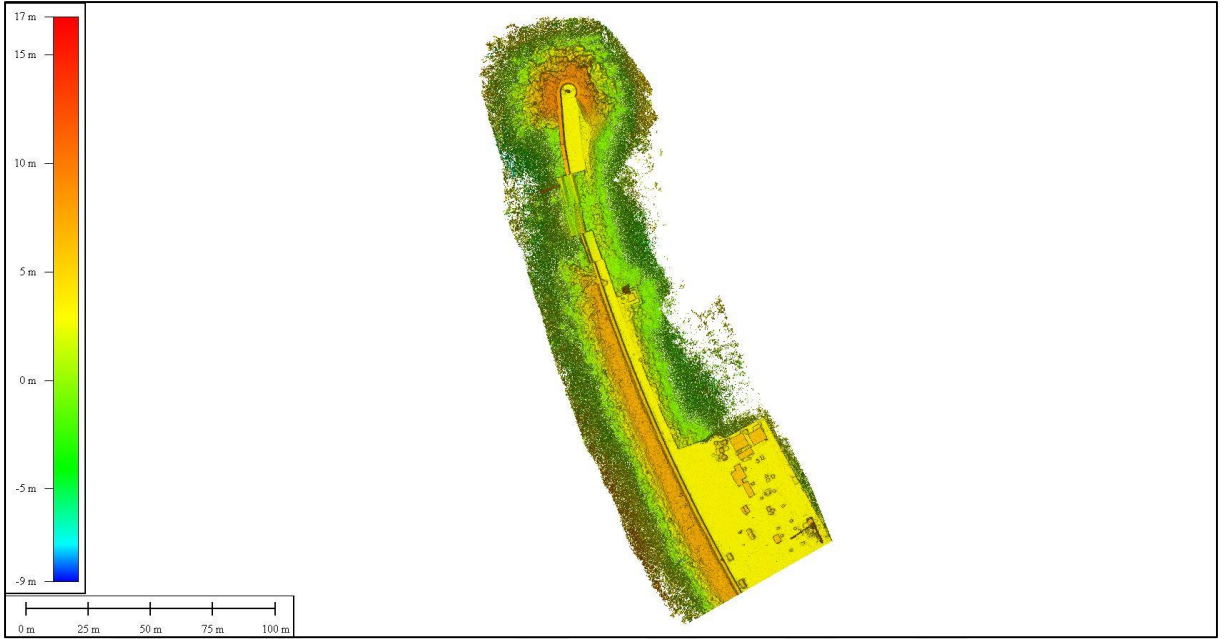
Ana mendirek bölgesinde değerlendirme sonucunda oluşan sayısal yükseklik modeli çözünürlüğü 5.55 cm/piksel ve yoğunluğu 330 nokta/m² dir. Ham modelin içerisinde denizdeki dalgalanma ve hareketlenmelerden dolayı oluşan bozuk verilerden kaynaklı sayısal yükseklik modeli -20 m ile +15 m aralığında bulunmaktadır. Nokta bulutu bozuk verilerden temizlendikten sonra sayısal yükseklik modeli tekrar oluşturulmuştur (Şekil 4.44).



Şekil 4.44 Ana Mendirek Yoğun Nokta Bulutu Üzerinden Oluşturulan Sayısal Yüzey Modeli

Tali Mendirek Sayısal Yüzey Modeli

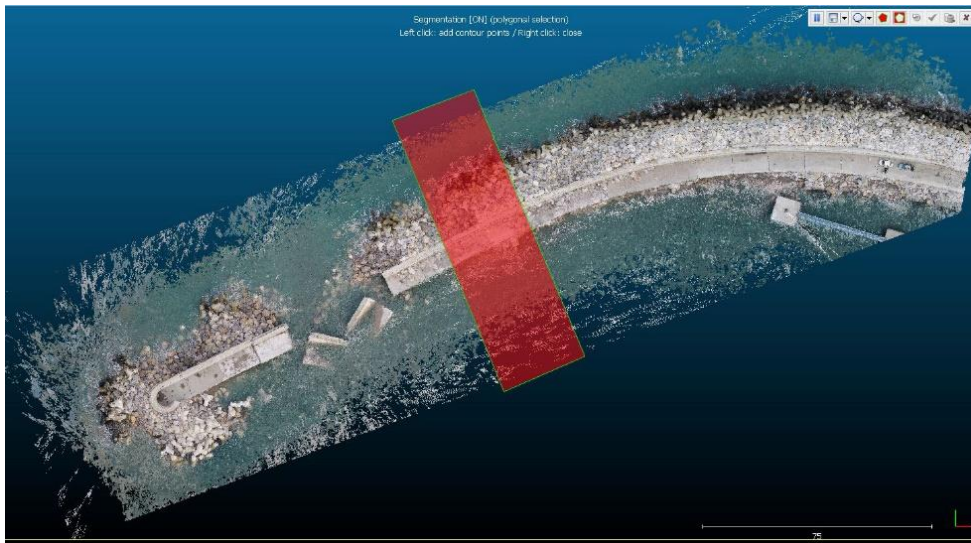
Tali mendirek bölgesinde değerlendirme sonucunda oluşan sayısal yükseklik modeli çözünürlüğü 5.31 cm/piksel ve yoğunluğu 355 nokta/m² dir. Ana mendirekte olduğu gibi ham modelin içerisinde denizdeki dalgalanma ve hareketlenmelerden dolayı oluşan bozuk verilerden kaynaklı sayısal yükseklik modeli -9 m ile +17 m aralığında bulunmaktadır. Nokta bulutu bozuk verilerden temizlendikten sonra sayısal yükseklik modeli tekrar oluşturulmuştur (Şekil 4.45).



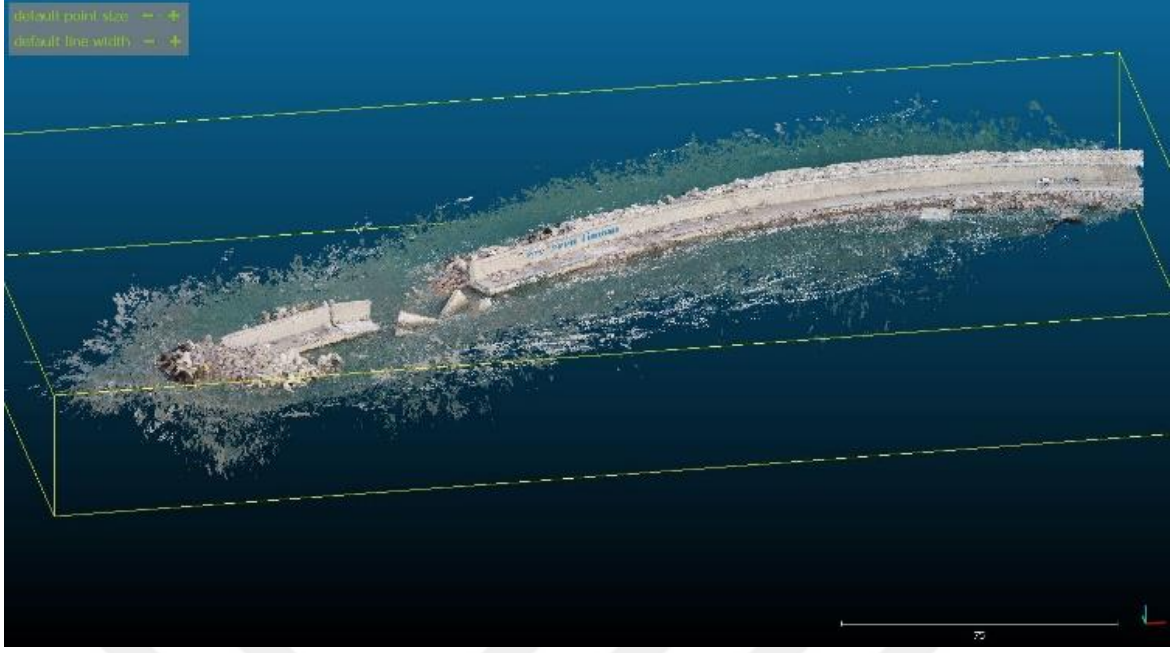
Şekil 4.45 Tali Mendirek Yoğun Nokta Bulutu Üzerinden Oluşturulan Sayısal Yüzey Modeli

4.2.4.5 Fotogrametrik Nokta Bulutunun Temizlenmesi

Fotogrametrik değerlendirme ile üretilen nokta bulutu datasında hareketli deniz yüzeyinden kaynaklı bozuk nokta verisi bulunmaktadır. Agisoft programdan *.LAS formatında aktarılan nokta bulutu dosyasını temizlemek için “Cloud Compare” yazılımı kullanılmıştır. LAS formatında oluşturulan dosya içeriğinde her noktaya ait koordinat bilgisi ve R,G,B renk bilgisi içermektedir. Yoğun nokta bulutu veri kümeleri ile çalışırken sınıflandırma, temizlik gibi işlemlerde R, G, B renk bilgisi görsellik açısından büyük kolaylık sağlamaktadır (Şekil 4.46).

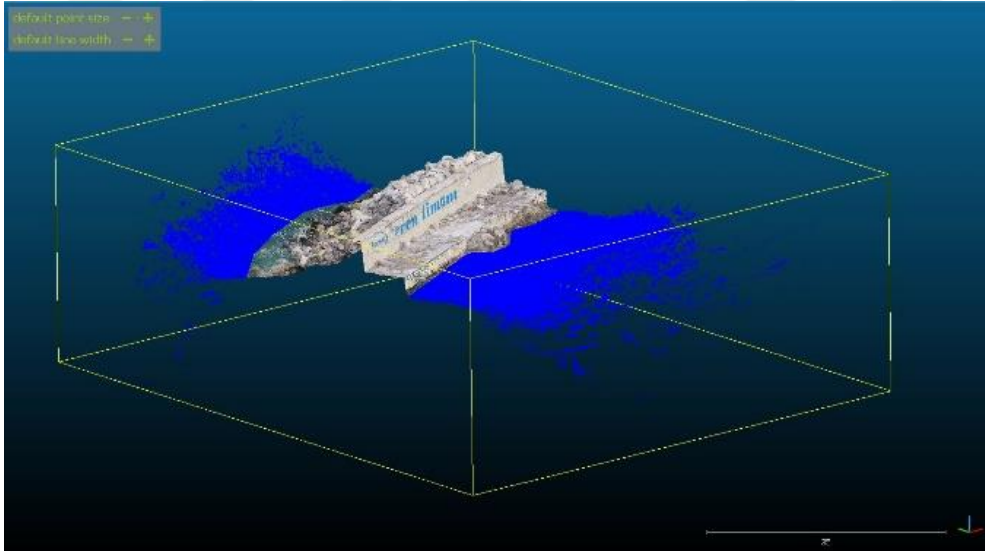


Şekil 4.46 Nokta Bulutu Üzerinden Bölge Seçimi



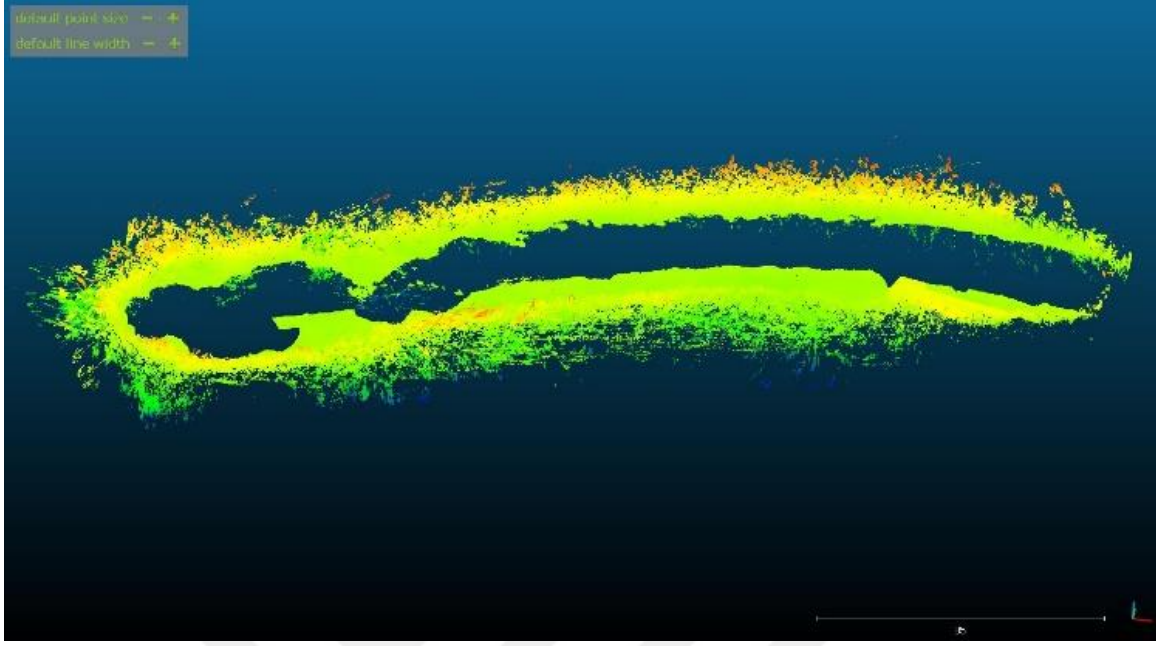
Şekil 4.47 9.731.845 adet Noktadan Oluşan Ham Veri Kümesi

Yukarıdaki resimde 9.731.845 adet noktadan oluşan ana mendirek bölgesine ait nokta bulutu veri kümesi görülmektedir (Şekil 4.47).



Şekil 4.48 Nokta Bulutu Üzerinde Gürültü (noise) Verilerin Temizlenmesi

Ham nokta bulutu üzerinden seçilen örnek bir bölgede mavi renkli noktalar bozuk verileri göstermektedir. Bütün nokta bulutu üzerinde bu noktalar programının “segment” menüsü ile seçilerek gürültü veri kümesine aktarılmıştır (Şekil 4.48).



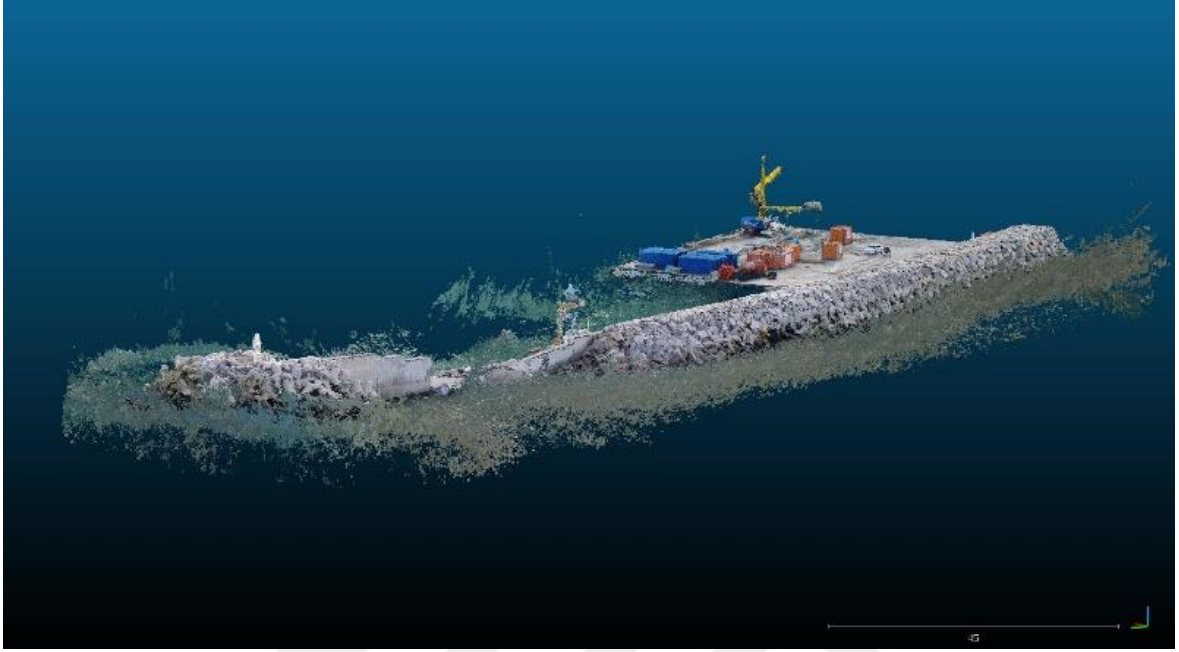
Şekil 4.49 3.225.769 Adet Noktadan Oluşan Bozuk Veri Kümesi



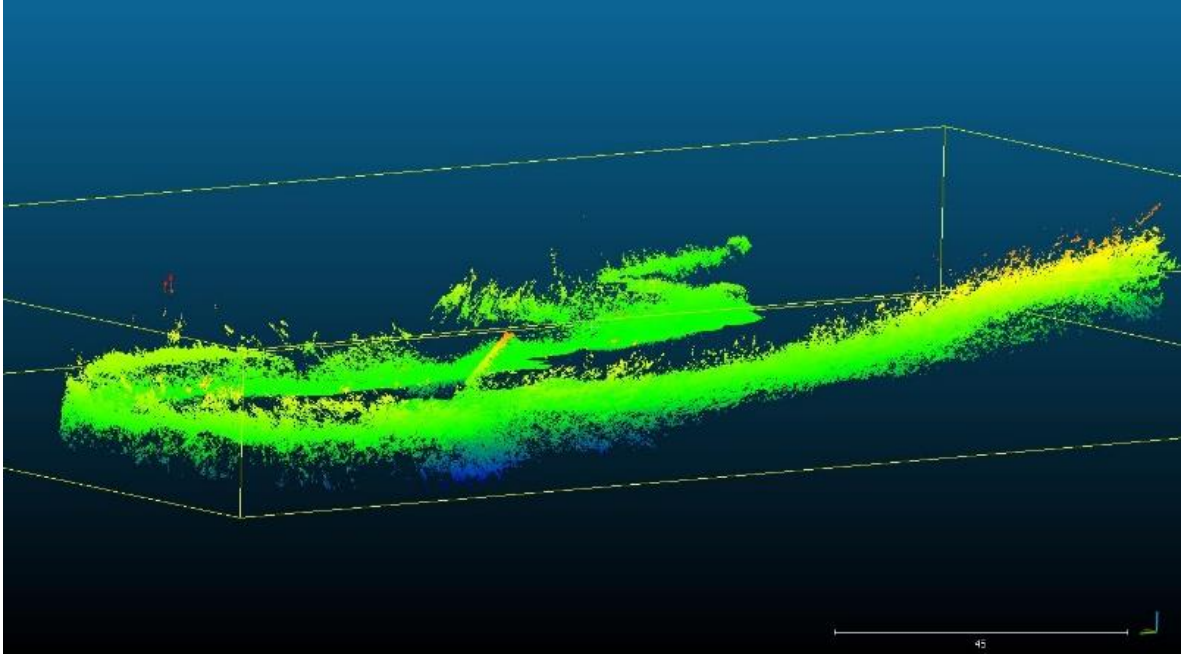
Şekil 4.50 6.506.076 Adet Noktadan Oluşan Gürültüden Arındırılmış Veri Kümesi

Bozuk veriden arındırılmış 6.506.076 adet noktadan oluşan temiz nokta bulutu CAD programında açılması için 0.25 m x 0.25 m grid yüzey oluşturularak 154.726 adet noktaya seyreltilmiştir ve *.xyz formatında Cloud Compare programından dışarıya aktarılmıştır (Şekil 4.49, 4.50).

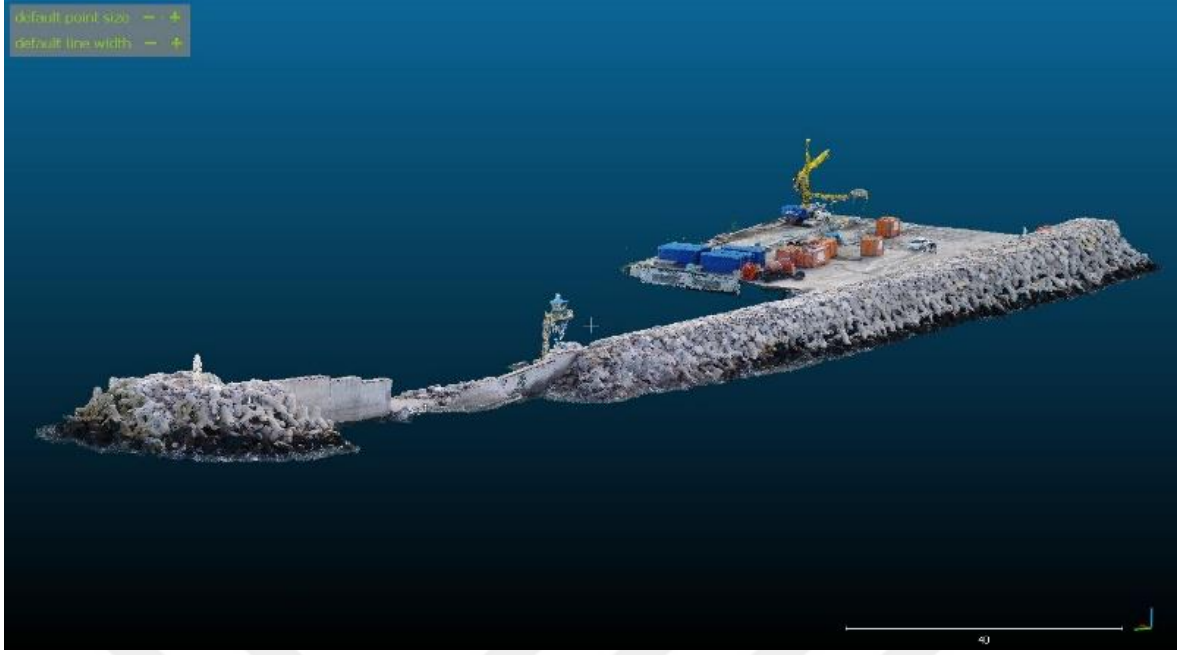
Tali mendirek bölgesinde de aynı şekilde nokta bulutu temizlik işlemi yapılmıştır (Şekil 4.51,4.52).



Şekil 4.51 7.662.531 Adet Noktadan Oluşan Ham Veri Kümesi



Şekil 4.52 2.361.648 Adet Noktadan Oluşan Bozuk (Noise) Veri Kümesi



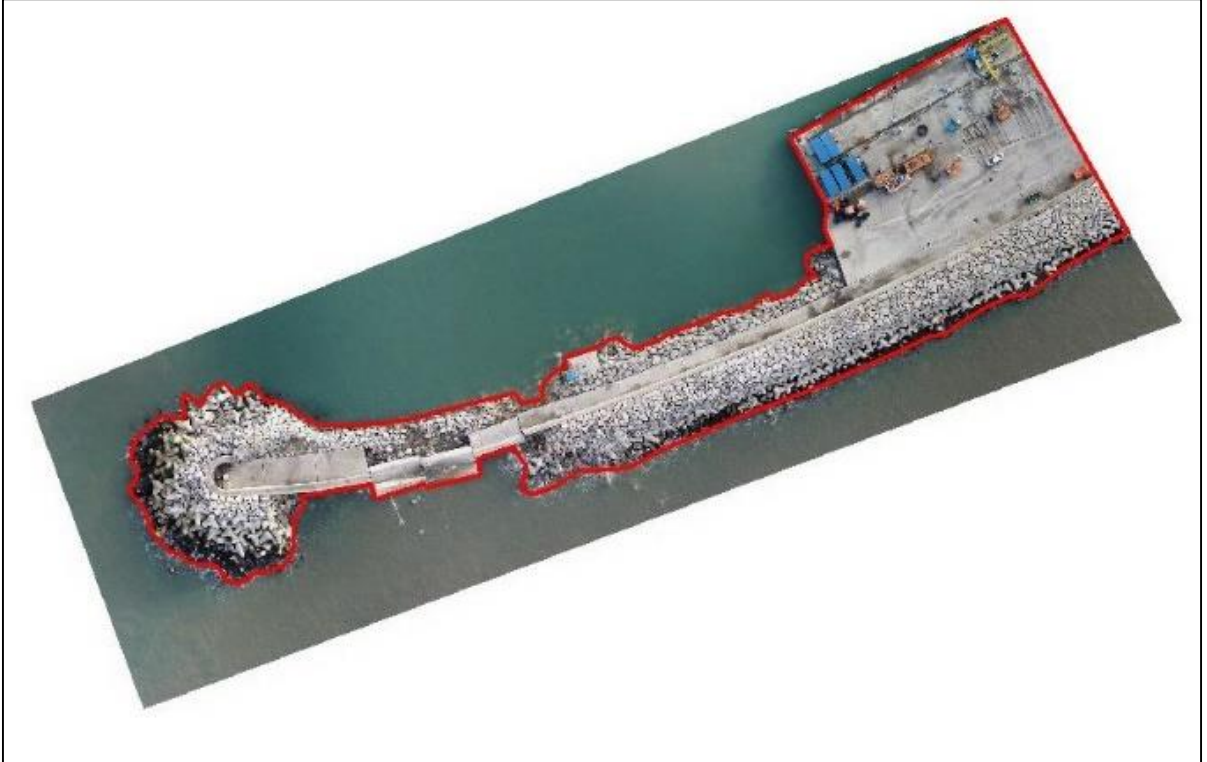
Şekil 4.53 5.300.883 Adet Noktadan Oluşan Final Veri Kümesi

Bozuk veriden arındırılmış 5.300.883 adet noktadan oluşan temiz nokta bulutu üzerinden de 0.25 m x 0.25 m grid yüzey oluşturularak 121.415 adet noktaya seyreltilmiştir ve *.xyz formatında Cloud Compare programından dışarıya aktarılmıştır (Şekil 4.53).

Agisoft programından ayrı ayrı dışarıya *.tif formatında akatarılan ana mendirek ve tali mendirek ortofoto görüntüleri Global Mapper programında açılarak tek bir görüntü olarak *.ecw formatında dışarıya aktarılmıştır ve NetCAD programında raster görüntü olarak ekrana getirilmiştir. Raster görüntü üzerinden mendirek yapısı su kesimi vektörel olarak sayısallaştırılmıştır. Temizlenen nokta bulutu üzerinden üretilen grid veri kümesi *.xyz formatında CAD programına aktarılmıştır. Kıyı kenar hattı dışında kalan noktalar son kez CAD ortamında kontrol edilerek temizlenmiştir (Şekil 4.54,4.55).

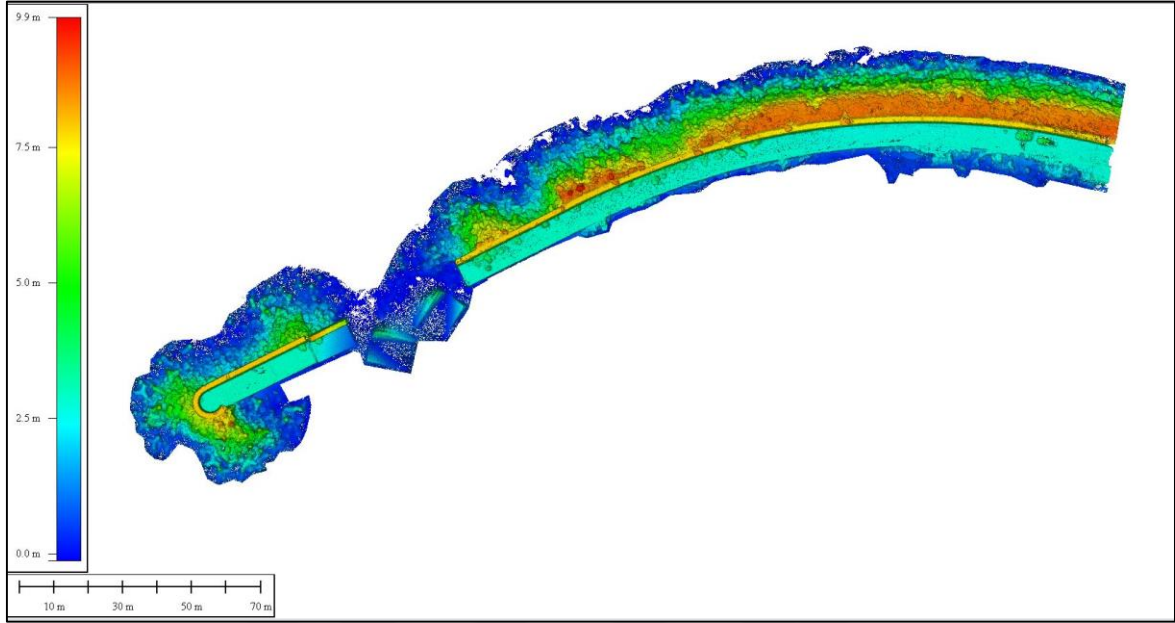


Şekil 4.54 Ana Mendirek Su Kesim Hattı Çizimi

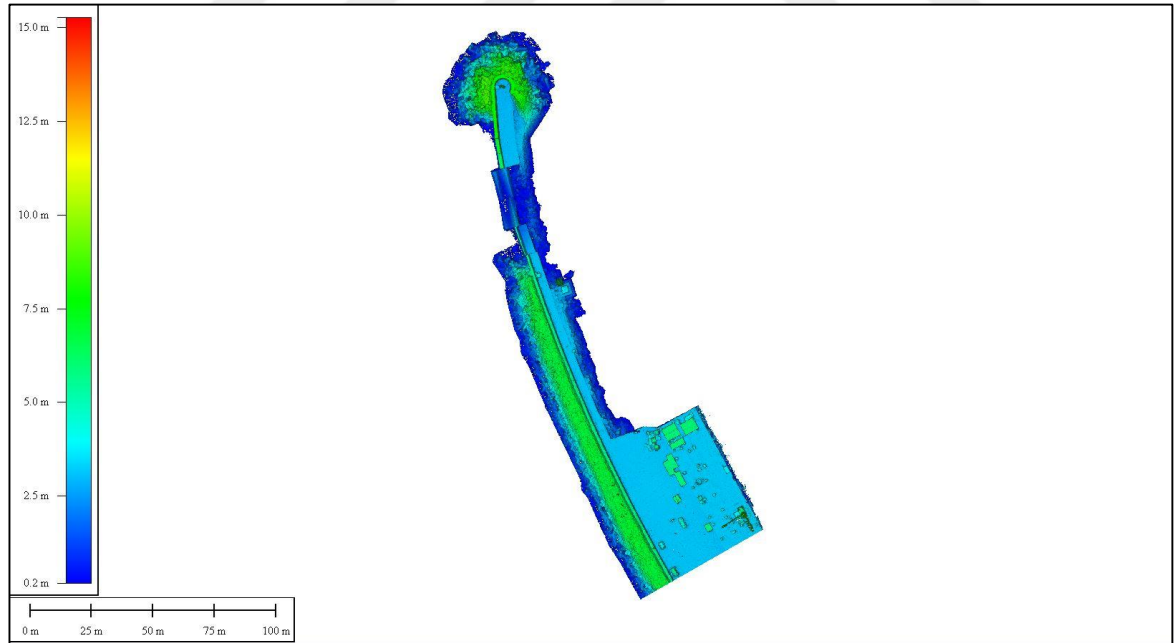


Şekil 4.55 Tali Mendirek Su Kesim Çizimi

Ana mendirek ve tali mendirek bölgelerinde bozuk verilerden temizlenen veriler üzerinde sayısal yükseklik modeli Global Mapper programında tekrar üretilmiştir (Şekil 4.56,4.57).



Şekil 4.56 Gürültü Verisinde Temizlenmiş Ana Mendirek SYM (+0.0m /+9.9 m)



Şekil 4.57 Gürültü Verisinden Temizlenmiş Tali Mendirek SYM (+0.2 m / +15.00 m)

4.3 HİDROGRAFİK ÇALIŞMALAR

Proje bölgesinde su kesimi üstünde bulunan arazi modelini detaylı bir şekilde çıkarmak için İHA fotogrametrisinden yararlanılmıştır. Su altı topoğrafyasını detaylı bir şekilde çıkarmak için ise çok ışınlı iskandil ‘multibeam echosounder’ cihazı kullanılmıştır.

Batimetrik ölçüm hatları tasarımı; ana ve tali mendirek şev yüzeyleri, liman içi basen bölgesi, navigasyon kanalı ve rıhtım altlarının ölçümünü yapacak şekilde planlanmıştır.

Ölçüm aracı olarak 12 m x 5 m ölçülerinde Efe Hüseyin isimli acente teknesi kullanılmıştır (Şekil 4.58).



Şekil 4.58 Hidrografik Ölçüm Teknesi (Efe hüseyin)

4.3.1 Hidrografik Ölçüm Ekipman, Donanım ve Teknik Özellikleri

Çok ışınlı akustik iskandil 'Wasp 3250 Multibeam Echosounder'

Çalışmada kullanılan Wasp 3250 Multibeam Echosounder çok ışınlı iskandil sistemi; 160kHz frekans değerinde, minimum 2 m ve maksimum 200 m derinlikte çalışmaktadır. Sistemin GPS konumlama sisteminden gelen koordinat veri bağlantısı bulunmaktadır. Dahili hareket sensörü olmadığı için harici hareket sensörü kullanmaktadır (Şekil 4.59), (URL-10).



Şekil 4.59 Wasp 3250 Multibeam

Çizelge 4.6 Wasp 3250 Multibeam Echosounder Teknik Özellikleri

Frekans	160 kHz
Ölçüm derinliği	2 m -200 m
Maksimum menzil	300 m
Çıkış gücü	40 W / 1 kW
Tarama aralığı	224 ışın x 0.54 ⁰ / 120 ⁰ aralığında
Maksimum çözünürlük	7.5 cm
Maksimum derinlik hassasiyeti	1 cm
Data giriş	NMEA0183 / RS232
Desteklediği Yazılımlar	Olex, MaxSea, QINSy, EIVA, Hypack

Hareket sensörü ‘SMC IMU-10 Range Motion Sensor’

Kullanılan çok ışınlı sistemin dahili hareket sensörü olmadığı için harici hareket sensörü sisteme dahil edilmiştir. Hareket sensörünün amacı; ölçüm platformundaki yükselme, alçalma, batma ve çıkma gibi hareketlerden kaynaklı hataların giderilmesi ve akustik sistemden gelen data ile konumlandırma sisteminden gelen datanın düzgün birleşmesini sağlamaktır (Şekil 4.60), (URL-11).



Şekil 4.60 SMC IMU- Hareket Sensörü

Çizelge 4.7 SMC IMU- Hareket Sensörü Teknik Özellikleri

Statik açı hassasiyeti	0.02 ⁰ RMS
Dinamik açı hassasiyeti	0.03 ⁰ RMS
Açı aralığı Roll/ Pitch	±30 ⁰
Heave hassasiyeti	5cm / 5%
İvme hassasiyeti	0.01 m/s ² RMS

Ses hızı sensörü ‘Valeport SVP’

Ses hızı; su ortamında hareket ederken farklı derinlik, sıcaklık ve basınçlarda değişiklik gösterir. Ses hızının ses kolonu olarak yazılıma tanımlanması için kullanılan ses hızı sensörü 1375-1900 m/s aralığında ses hızını tespit edebilmektedir (Şekil 4.61), (URL-12)



Şekil 4.61 Ses Hızı Sensörü

Çizelge 4.8 Valeport SVP Ses Hızı Sensörü Teknik Özellikleri

Ses hızı aralığı	1375-1900 m/s
Ses hızı çözünürlük	0.001 m/s
Ses hızı hassasiyet	±0.02 m/s
Basınç aralığı	10 Bar / 20 Bar
Basınç çözünürlüğü	0.001%FS
Basınç hassasiyet	±0.05%FS
Sıcaklık aralığı	-5 ⁰ / +35 ⁰ C
Sıcaklık çözünürlük	0.001 ⁰ C
Sıcaklık hassasiyet	±0.01 ⁰ C
Hesaplanan iletkenlik	±0.05 mS/cm
Hesaplanan yoğunluk	±0.05 kg/m ³

Konumlama Sistemi “M600 GNSS Receiver”

Ölçüm platformunun navigasyonu, akustik verinin koordinatlandırılması için GNSS GPS sistemi kullanılmıştır (Şekil 4.62), (URL-13)



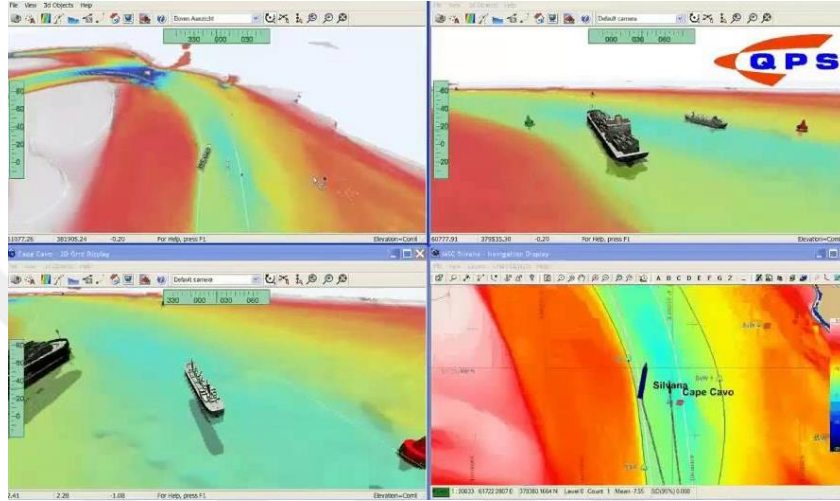
Şekil 4.62 M600 GNSS GPS

Çizelge 4.9 M600 GNSS GPS Teknik Özellikleri

Kanal	404
GPS	L1, C/A,L2C,L2P
BeiDou	B1,B2
GLONASS	L1 C/A, L1P, L2 C/A, L2P
SBAS	WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN
Post processing	2.5 mm+ 1 ppm Yatay 5 mm +1 ppm Düşey
Baz RTK	8 mm+ 1 ppm Yatay 15 mm +1 ppm Düşey
Ağ RTK	8 mm+ 1 ppm Yatay 15 mm +1 ppm Düşey
DGPS	<0.4 m RMS

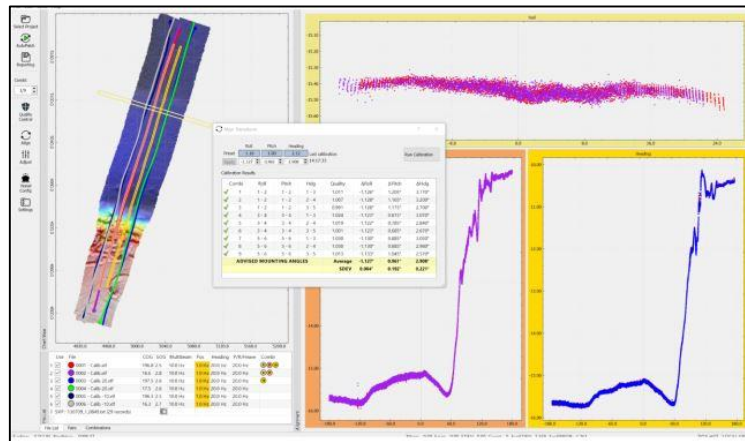
Data toplama yazılımı “QPS QINSY”

QPS QINSY programı ile birlikte tek ışınlı ve çok ışınlı akustik iskandiller ile ham veri toplanır. Grafik ekran üzerinde anlık kesit görünümü. GPS, hareket sensörü gibi çevre birimler ile bağlantı durumu anlık gözlenir. Ölçüm sırasında ölçüm teknesi navigasyonunu yapmaya yarar (Şekil 4.63), (URL-14).



Şekil 4.63 QPS QINSY Ekran Görüntüsü

QPS QIMERA programı sayesinde çok ışınlı iskandil sisteminin kalibrasyon parametrelerini hesaplayabiliriz. Roll/ Pitch/ Heading açısı, geçikme değerleri, ses hızı analizi ve kalibrasyon raporu hazırlanmasında kullanılır (Şekil 4.64), (URL-15).



Şekil 4.64 Çok Işınlı İskandil Kalibrasyon Yazılımı ‘ QPS QIMERA’

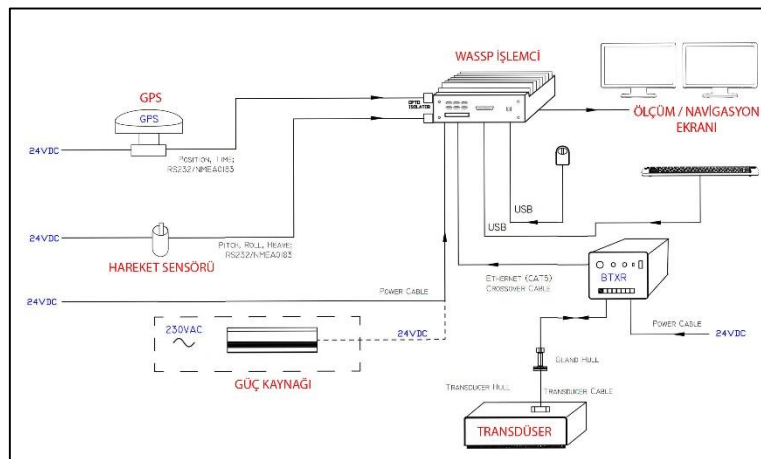
Data temizleme yazılımı "QPS QIMERA"

QPS QIMERA programı ile batimetrik veya Lidar nokta bulutu veri kümesi temizlenebilir. Yoğun nokta bulutu verilerinde oluşan parazit veriler; istatistiksel, hatsal ve uzaysal algoritmalar ile filitrelenerek otomatik olarak belirli bir seviyede temizleyebilir. Program sayesinde veri kümesinde bölge seçimi yaparak kesit görünüşünden 2D ve 3D ekrandan görsel veri temizliği yapılır.

Kullanılan Ekipmanların Bağlanması ve Ölçüm

Çalışma süresince hassas konum bilgisinin sağlanması amacı ile ComNAV GNSS alıcısı kullanılmıştır. Sistem ile Tusaga Aktif sistemine bağlanılarak GPS sisteminden koordinat verisi alınmıştır.

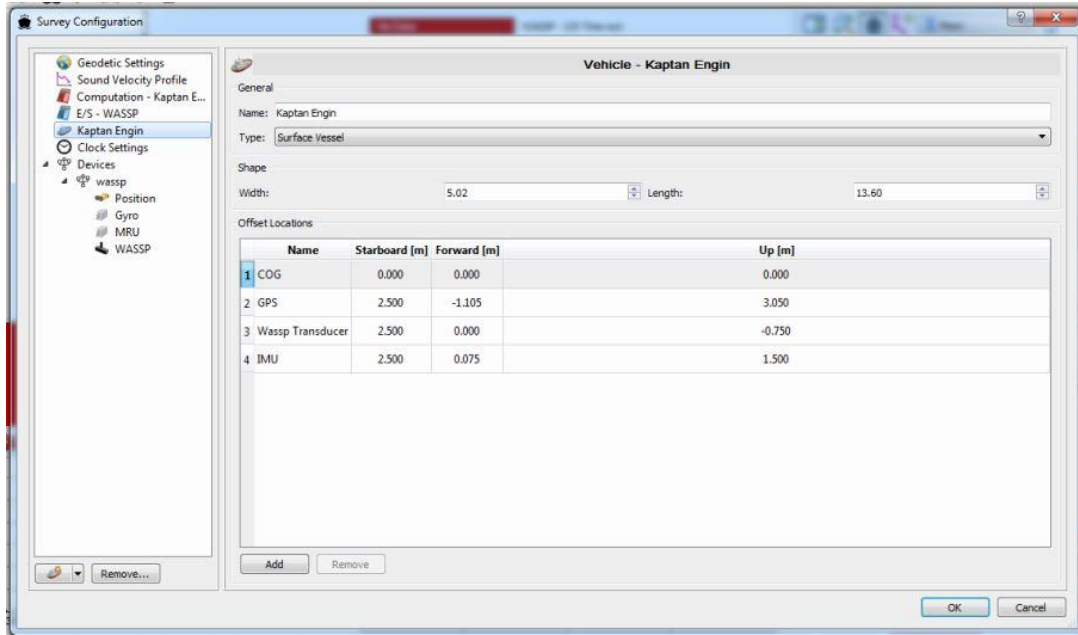
Hassas istikamet açısı (heading angle) ve hareket bilgisi sağlamak için Yalpa (Roll), Baş-Kıç (Pitch), Yukarı-Aşağı (Heave) parametreleri için IMU (SMC IMU-10) hareket sensörü kullanılmıştır. WASSP MB 3250 (160 kHz) çok ışınlı iskandil sistemi; GPS ve Hareket sensörüne QPS QIMERA programı ile bağlanılarak derinlik verisi toplanmasına hazır hale getirilmiştir (Şekil 4.65).



Şekil 4.65 WASSP Multibeam Sistemi Bağlantı Şeması

4.3.2 Hidrografik Sistem Kalibrasyonu (Patch Test)

Ekipmanların montajını takiben ekipmanların birbirlerine göre olan konumları, tekne referans sistemine göre ölçülerek “QPS QINSY” hidrografik yazılımına girilmiştir ve su seviyesi referans alınmıştır (Şekil 4.66).



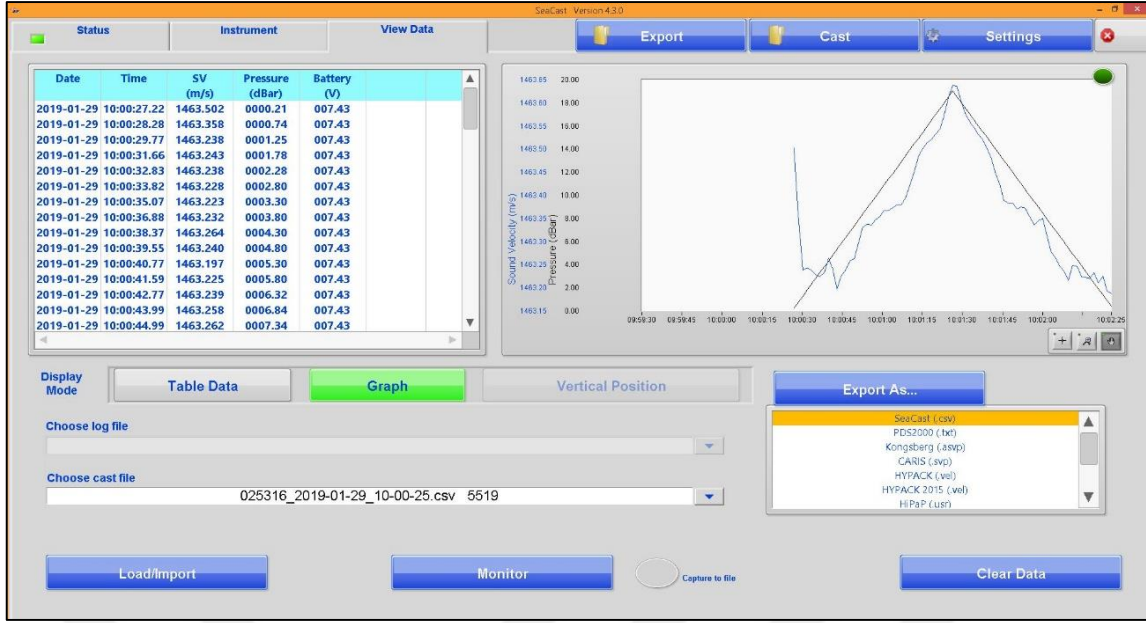
Şekil 4.66 Çok Işınlı İskandil Sistemi Kurulum Offset Parametreleri

Ses Hızı Ölçümü

Çok ışınlı iskandillerde sistem sabit bir ses hızı yerine derinliğe göre değişen ses hızı kolonu kullanır. VALEPORT ses hızı ölçer ile farklı derinliklerde ses hızı değeri ölçülmüştür ve hidrografik veri toplama yazılımı QPS QINSY programına girilmiştir (Şekil 4.67).

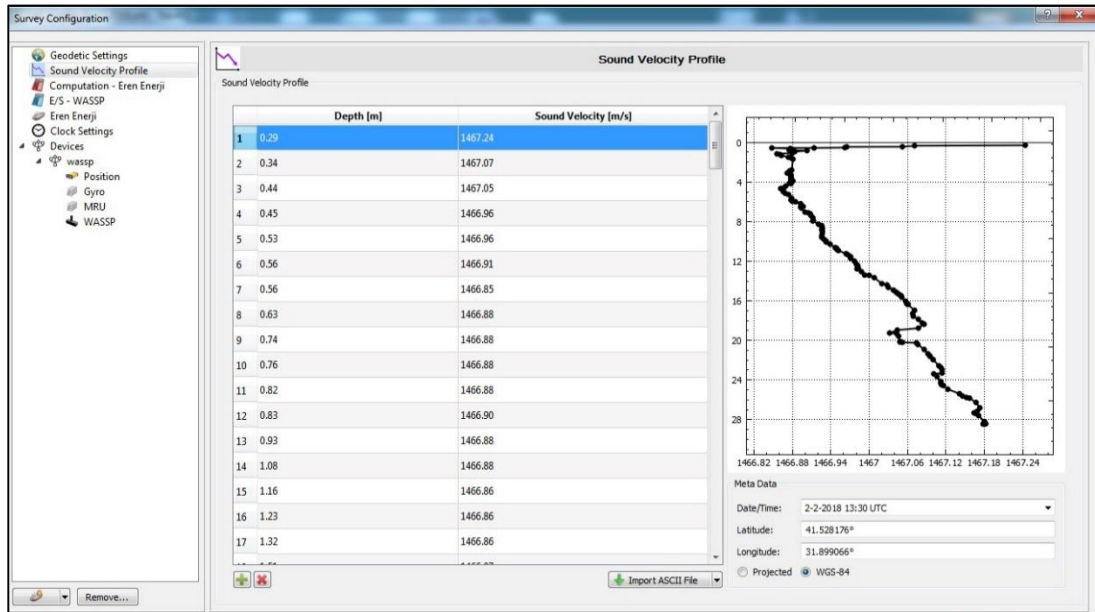


Şekil 4.67 GPS Kurulumu, Bar Check ve Ses Hızı Ölçümü



Şekil 4.68 İniş ve Çıkış Yönünde Ses Hızı Değişim Grafiği

Ölçüm yapılan tekneye monte edilen transdüserin alt yüzeyi ile su yüzeyi arasındaki mesafe 0.73 m olarak ölçülmüştür. 28 m derinliğe kadar yapılan ses hızı ölçümü değerleri çizelge EK-5 ve EK-6 tekneye takılan transdüserin takılı olduğu derinliğe denk gelen 1466.881 m/s ses hızı değeri yüzey sıcaklık parametresi olarak programa girilmiştir, bu derinliğin altındaki değerleri sistem ses kolonu oluşturmada kullanır. Program yüzey parametresinin üzerinde bulunan değerleri ise ses hızı doğrulama işleminde (sound velocity correction) kullanır (Şekil 4.69).



Şekil 4.69 28 m Derinlikte İniş Yönünde Ses Hızı Değişim Grafiği

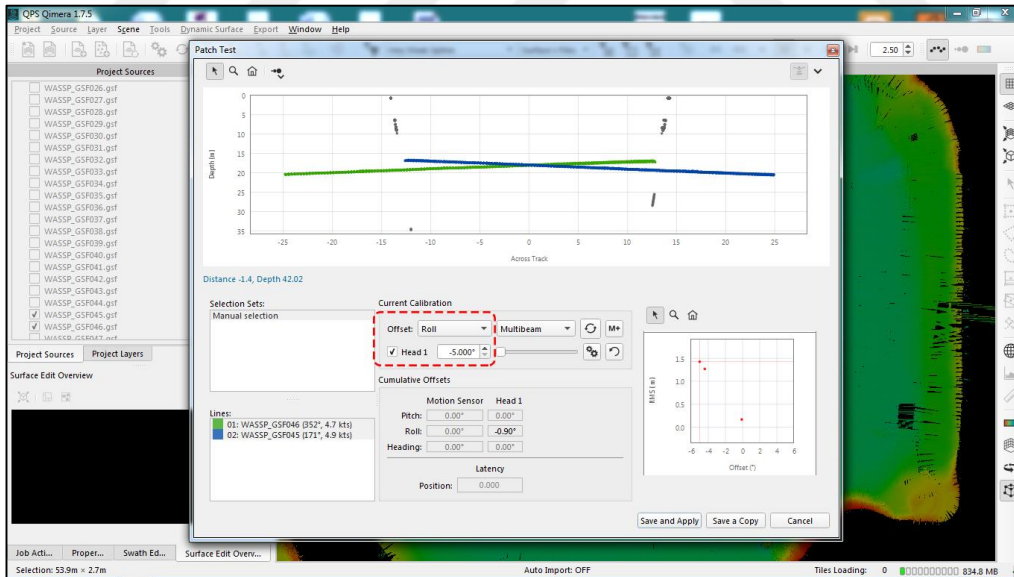
Patch Test Kalibrasyonu

Çok ışınlı iskandil sistemleri ile toplanan dataların, deniz tabanını doğru bir şekilde tanımlaması için; hareket sensörü tarafından gönderilen gerçek iz düşümünü gyro tarafından gönderilen pruva doğrultusunu referans alması gerekmektedir. Kullanılan çok ışınlı sistemleri demonte olduğu için her ölçme öncesi patch test yapılması gerekmektedir.

QPS QIMERA programı ile transdüserin düşey düzleme göre yalpa (Roll), pruva-pupa (Pitch) ve teknenin pruva istikametine göre hassas (Headind-Yaw) değerleri hesaplanarak bu üç yöndeki sapma parametreleri sisteme girilerek ölçümlere düzeltme getirilir.

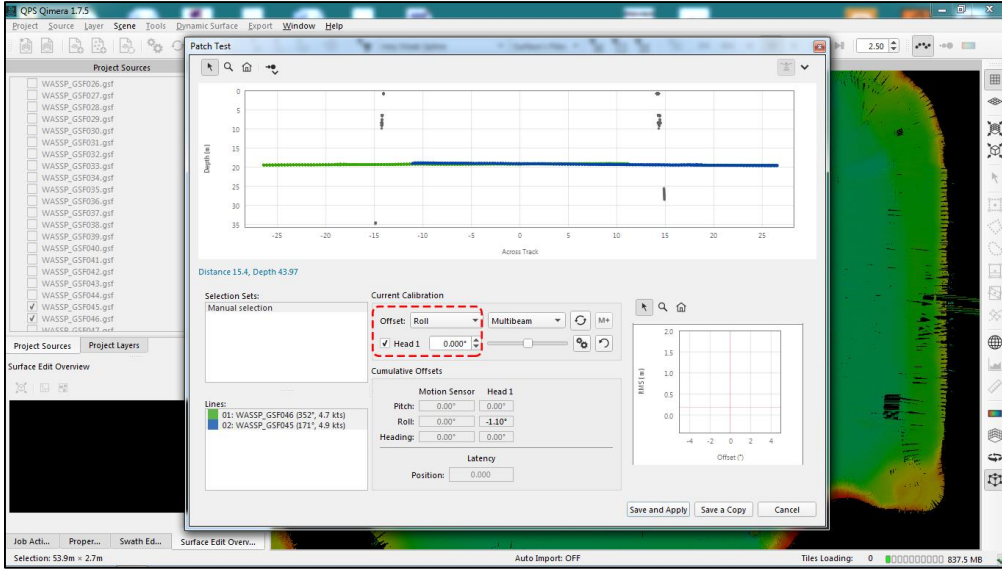
4.3.2.1 Dönme (Roll) Parametresi

Transdüserin roll sapmasındaki dönüklüğünden gelen hata derinlik arttıkça artmaktadır. Yalpa sapmasının hesaplanması için, deniz tabanında düz bir hatta karşılıklı yönde aynı hızla iki set veri ölçülmüştür. İki set veri arasındaki açısal fark düzlene kadar program yalpa düzeltmesi uygular ve yalpa sapması parametresi hesaplanmış olur.



Şekil 4.70 Kalibrasyon Öncesi Roll Sapma Parametresi

Şekil 4.70 da bulunan kesit görünümünde mavi ve yeşil hatların aralarında açısal bir fark olduğu görülmektedir. Karşılıklı iki hat üzerinde program tarafından -5° yalpa sapması değeri hesaplanmıştır. Ölçüm yapılan tüm hatlara düzeltme uygulanarak bu açısal farkın giderilmesi sağlanmıştır.

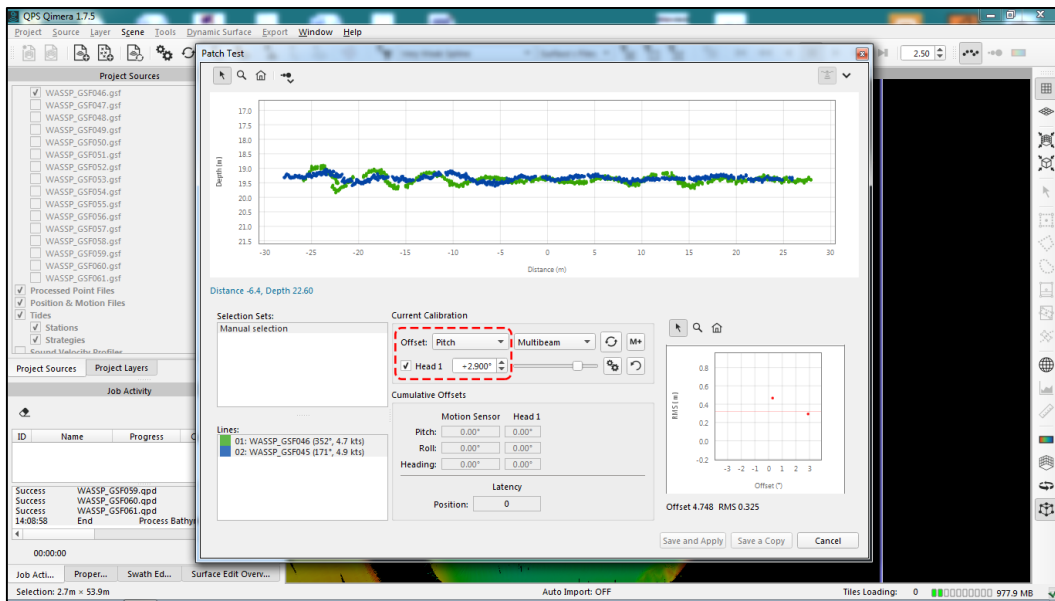


Şekil 4.71 Kalibrasyon Sonrası Roll Sapma Parametresi

Roll parametre kalibrasyonu yapılmış hatların üzerinde bindirmeli bölgeler kesit doğru bir şekilde çakışmıştır ve bu parametreden kaynaklı hata tüm ölçüm hatları üzerinden giderilmiştir (Şekil 4.71).

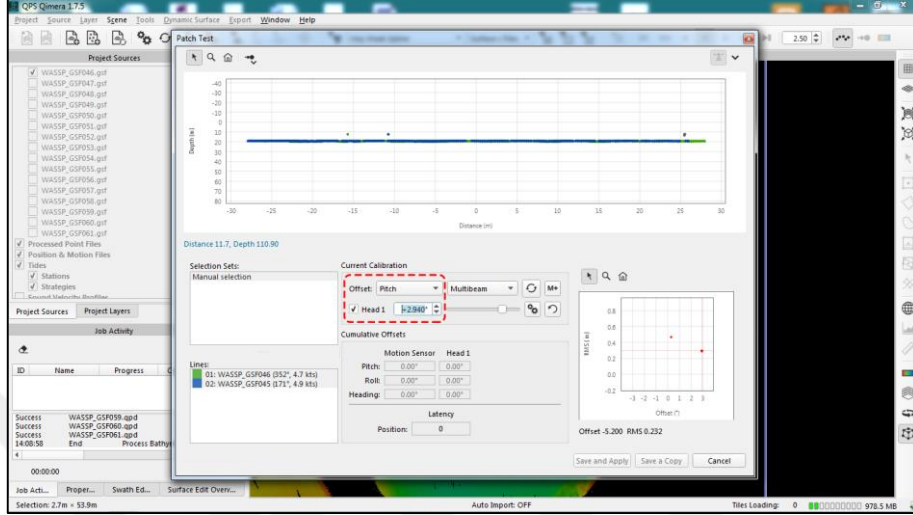
4.3.2.2 Yalpalama (Pitch) Parametresi

Pitch sapması değerinin bulunması için deniz tabanının eğimli olduğu bölgede bir hat üzerinden iki karşılıklı hat ölçüm yapılmıştır (Şekil 4.72).



Şekil 4.72 Kalibrasyon Öncesi Pitch Sapma Parametresi

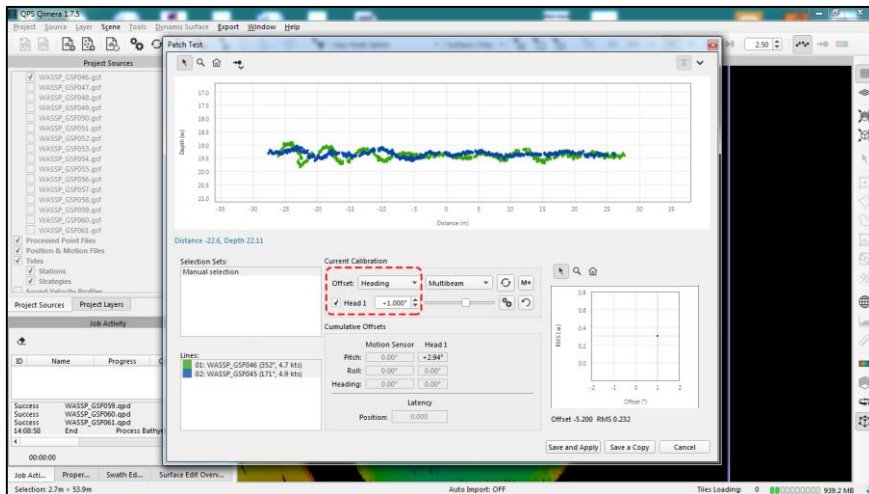
Pitch sapması değeri eğimli zemin üzerinde gidilen aynı hat üzerinde karşılıklı iki ölçüm üzerinden $+2.94^{\circ}$ hesaplanmıştır. Hesaplanan bu parametre düzetmesi ölçüm yapılan tüm hatlara uygulanarak bu yöndeki hata giderilmiştir (Şekil 4.73).



Şekil 4.73 Kalibrasyon Sonrası Pitch Sapma Parametresi

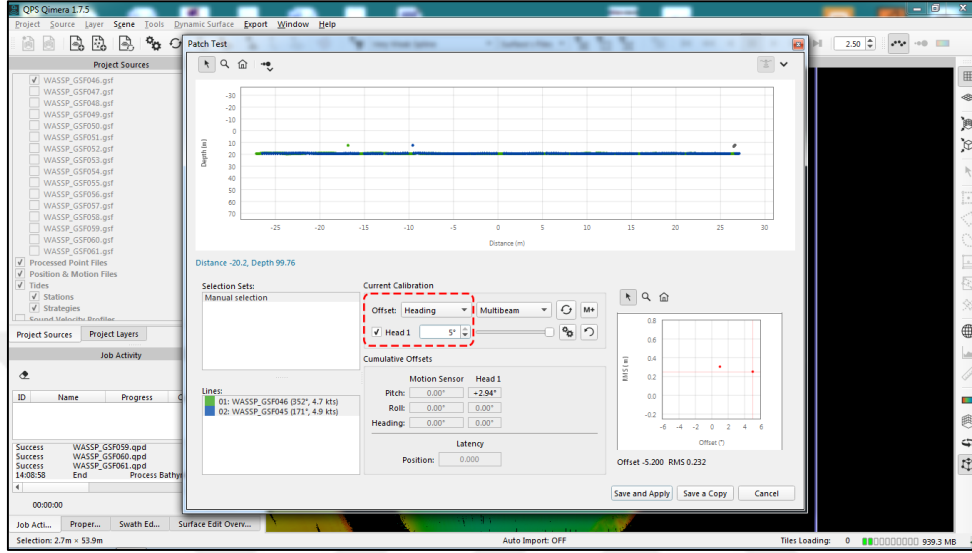
4.3.2.3 Sapma (Heading-Yaw) Parametresi

Pruva doğrultusundaki sapma; sonar doğrultusunun teknenin pruva doğrultusuna göre belirlenen yatay düzlemle arasındaki açısal farktır. Pruva doğrultusundaki sapmanın nadir açıldaki ses ışınlarına etkisi olmamakla birlikte merkezden açısal yönde artan açıyla çıkan yan ışınlar gidildikçe ve derinlik arttıkça artmaktadır. Bu parametrenin belirlenmesi için ise eğimli deniz tabanında aynı yönde iki paralel hat gidilerek iki set veri toplanmıştır (Şekil 4.74).



Şekil 4.74 Kalibrasyon Öncesi Yaw Sapma Parametresi

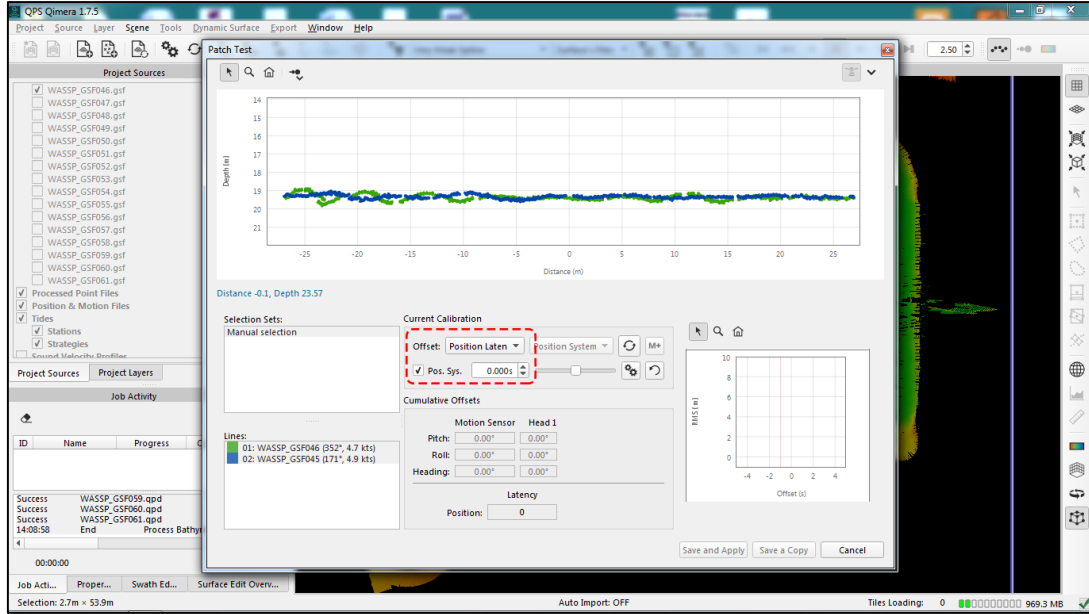
Eğimli zemin üzerinde gidilen iki set ölçüm üzerinden ham heading parametresi $+1^0$ olarak hesaplanmıştır. Söz konusu veri üzerine düzeltme değeri uygulandığında program tarafından parametrenin $+5^0$ olması gerektiği hesaplanmıştır. Bütün veri setlerine uygulanarak heading parametresi kalibrasyonu yapılmıştır (Şekil 4.75).



Şekil 4.75 Kalibrasyon Sonrası Yaw Sapma Parametresi

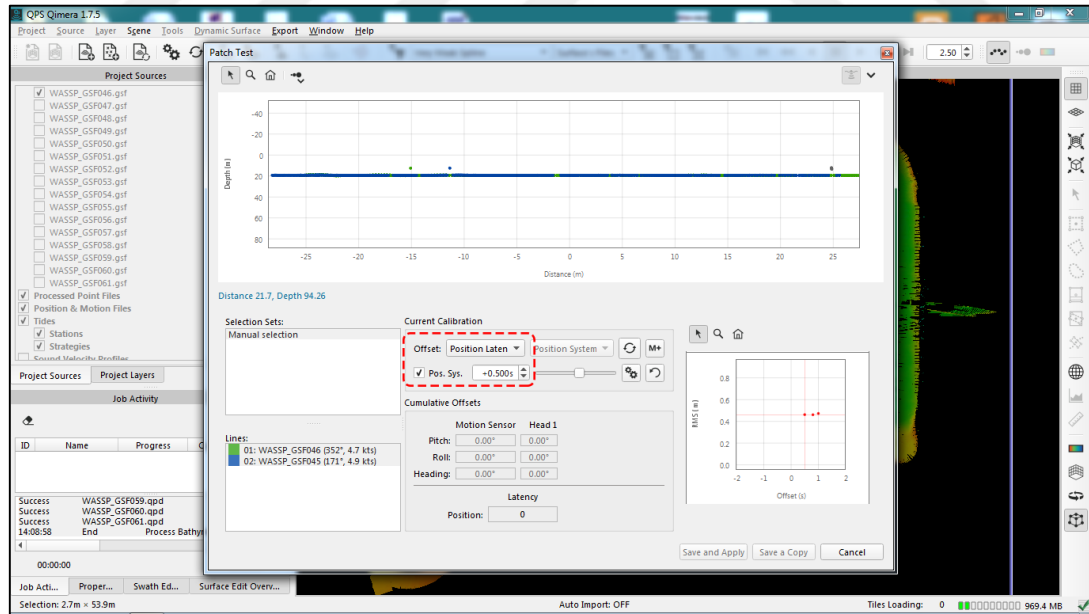
4.3.2.4 Geçikme (Latency) Parametresi

Geçikme parametresi; veri toplama aşamasında entegre şekilde kullanılan veri toplama yazılımı ile GPS saati arasındaki farkı ifade etmekte ve toplanan derinlik verisi ile bu derinliğe ait konum verisinin uyuşmamasına neden olmaktadır. Yama testi (patch test) yazılımı GPS den gelen gün ve zaman ZDA (date/time) verisini kullanarak düzeltme getirir. Eğimli arazide aynı yönde, aynı hat üzerinde farklı hızlarda iki hat ölçüm yapılmıştır. Aşağıdaki resimde görüldüğü üzere mavi ve yeşil hatların aynı yönde üst üste binmesi gerekmektedir (Şekil 4.76).



Şekil 4.76 Kalibrasyon Öncesi Latency Sapma Parametresi

Program tarafından iki hat arasında +0.5 saniye düzeltme miktarı hesaplanmıştır. Bu düzeltme ölçüm yapılan tüm hatlara uygulanarak sistemi üzerindeki gecikme hatası elimine edilmiştir. (Şekil 4.77).

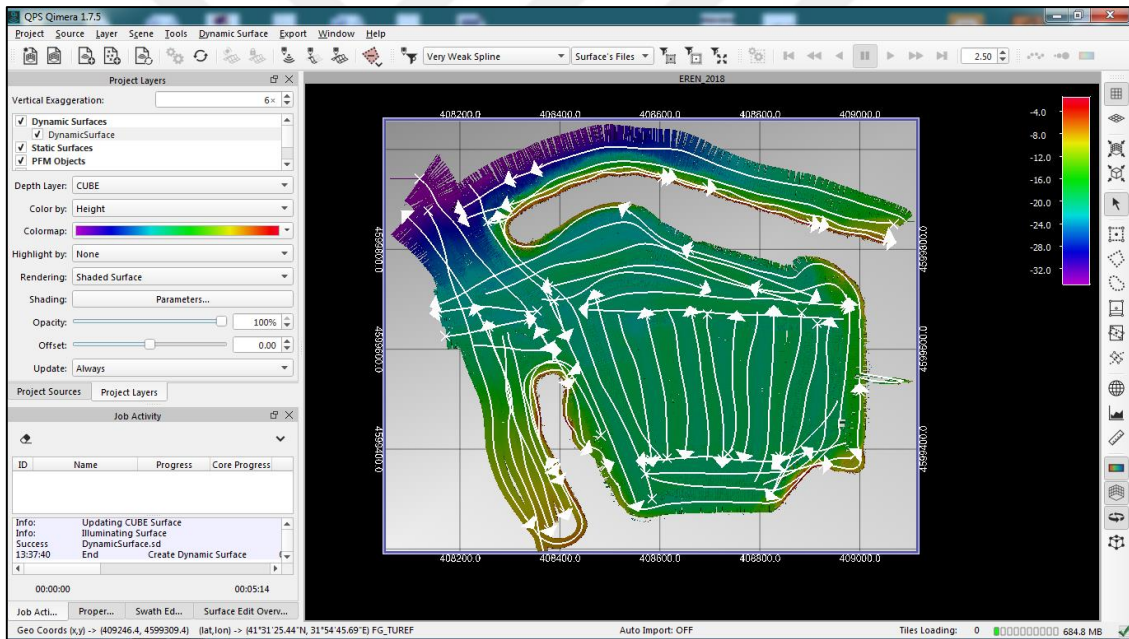


Şekil 4.77 Kalibrasyon Sonrası Latency Sapma Parametresi

4.3.3 Hidrografik Veri Toplama

Kalibrasyonu yapılan sistem ile birlikte ölçüm hatları üzerinden QINSY-QPS programı ile veri toplanmıştır. Toplanan verinin kapladığı alan ve ölçüm hatlarının bindirmesine bağlı olarak oluşan veri kalitesi eş zamanlı takip ve kontrol edilmiştir. Sistemin düz zeminde tarama yaptığı derinlik/alan oranı yaklaşık 1/3 civarındadır yani 10 m derinlikte tarama yapıldığı zaman 30 m genişlikte alanda veri üretir.

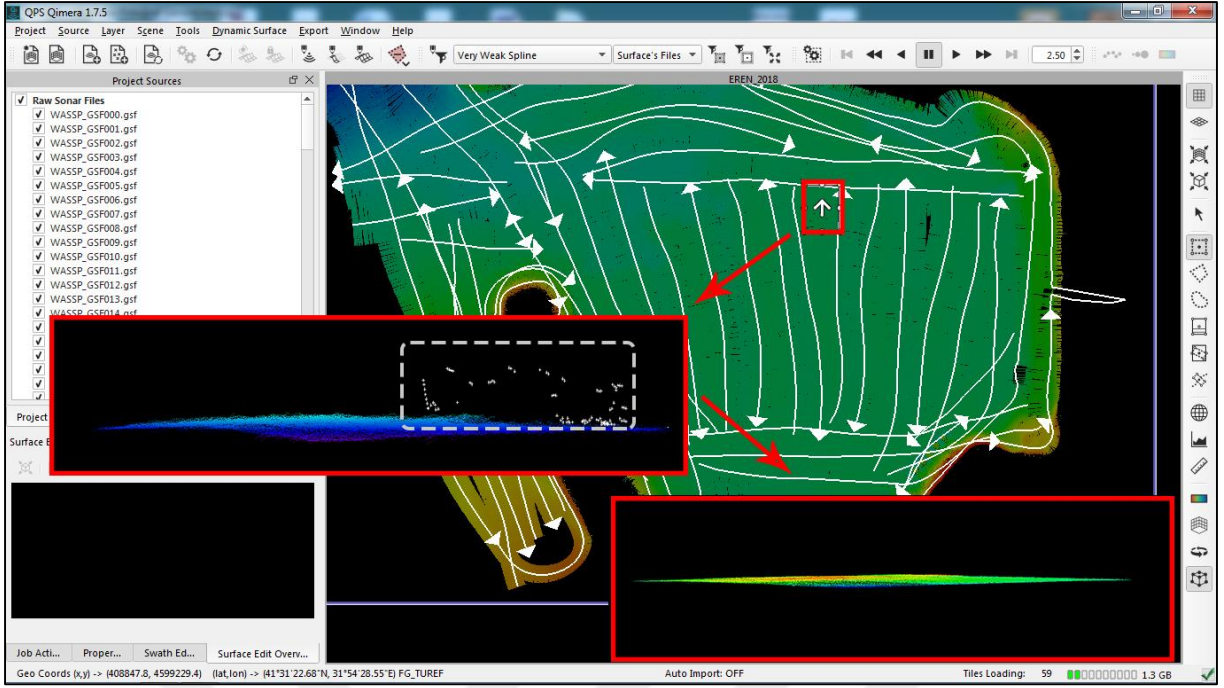
WASSP 3250 sistemi 224 ışınla 120⁰ tarama açısı konfigürasyonu kullanılarak derinlik verileri toplanmıştır. İkinci bir ekran ile data toplanan alan derinliğe göre renkli bir şekilde tekne kaptanın önüne yerleştirilerek gemi navigasyonunun bu ekrandan düzenli yapılması sağlanmıştır (Şekil 4.78).



Şekil 4.78 Ölçüm Ekranı ve Navigasyon Ekranı Görüntüsü

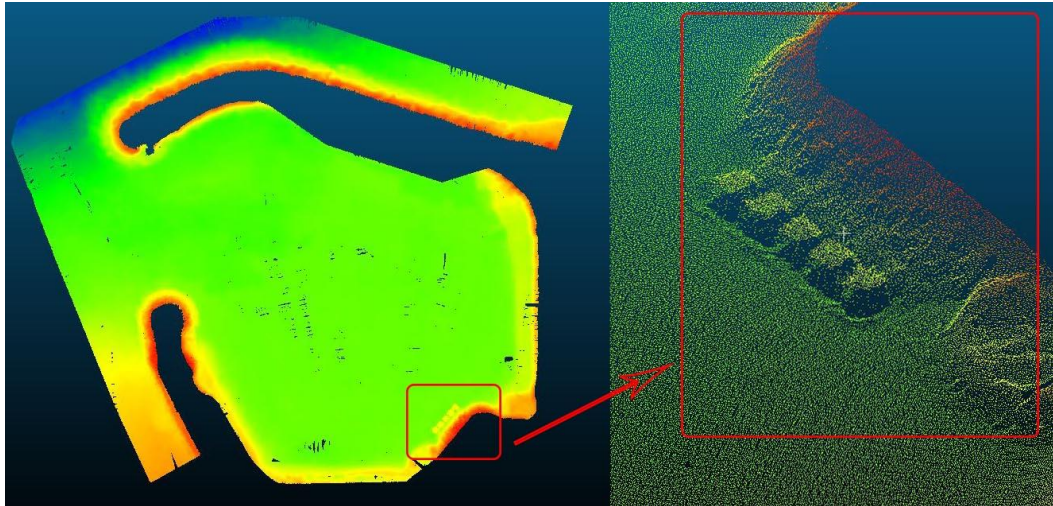
4.3.4 Hidrografik Veri Temizleme

Çok ışınlı akustik iskandil sistemi ile toplanan veriler QPS QIMERA programında tanımlanan filtre opsiyonları ile bozuk verilerin (noise) temizlenmesi yapılmıştır. Ham ölçüm hatları kontrol edilerek akustik dalga yayılımı ve gürültüden kaynaklanan bozuk veriler (spike) temizlenmiştir. Toplanan data su seviyesi kayıtları ile birleştirilerek referans su seviyesine indirgenmiştir (Şekil 4.79).



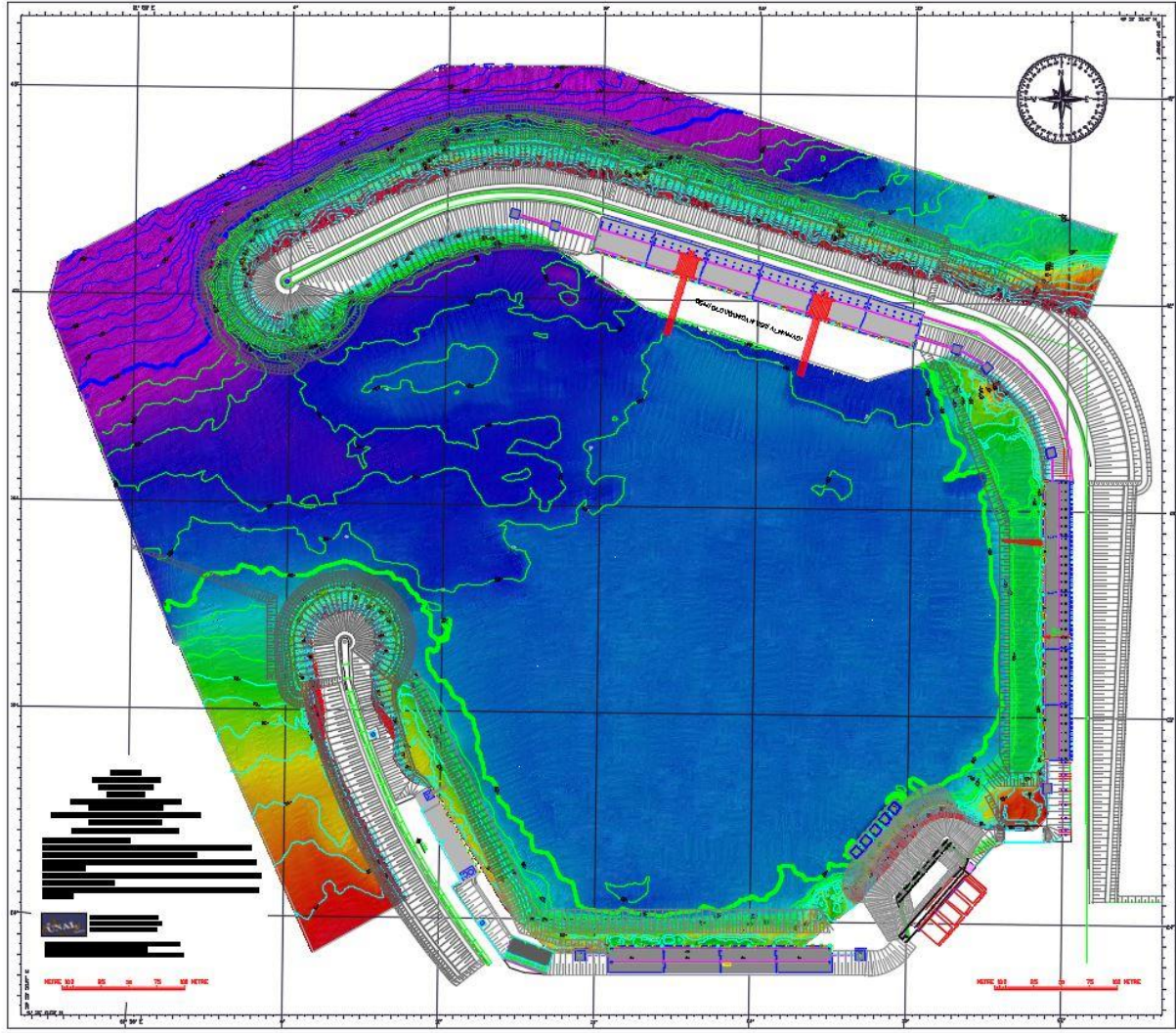
Şekil 4.79 QPS QIMERA programı ile Bölgesel Temizlik ve Filtreleme Ekranı

Gürültü noktalarından temizlenen batimetrik nokta bulutu (1.986.461 nokta) *.XYZ ve *.LAS formatında dışarıya aktarılmıştır. Çok ışınlı akustik iskandil sistemi ile oluşturulan yüksek hassasiyetteki nokta bulutu veri kümesinin görünümü aşağıda ki görseldedir. (Şekil 4.80).



Şekil 4.80 -20 m Derinlikte Bulunan Termik Santral Su Alma Yapısı Pipo Detayı (beton su alma pipo detayı)

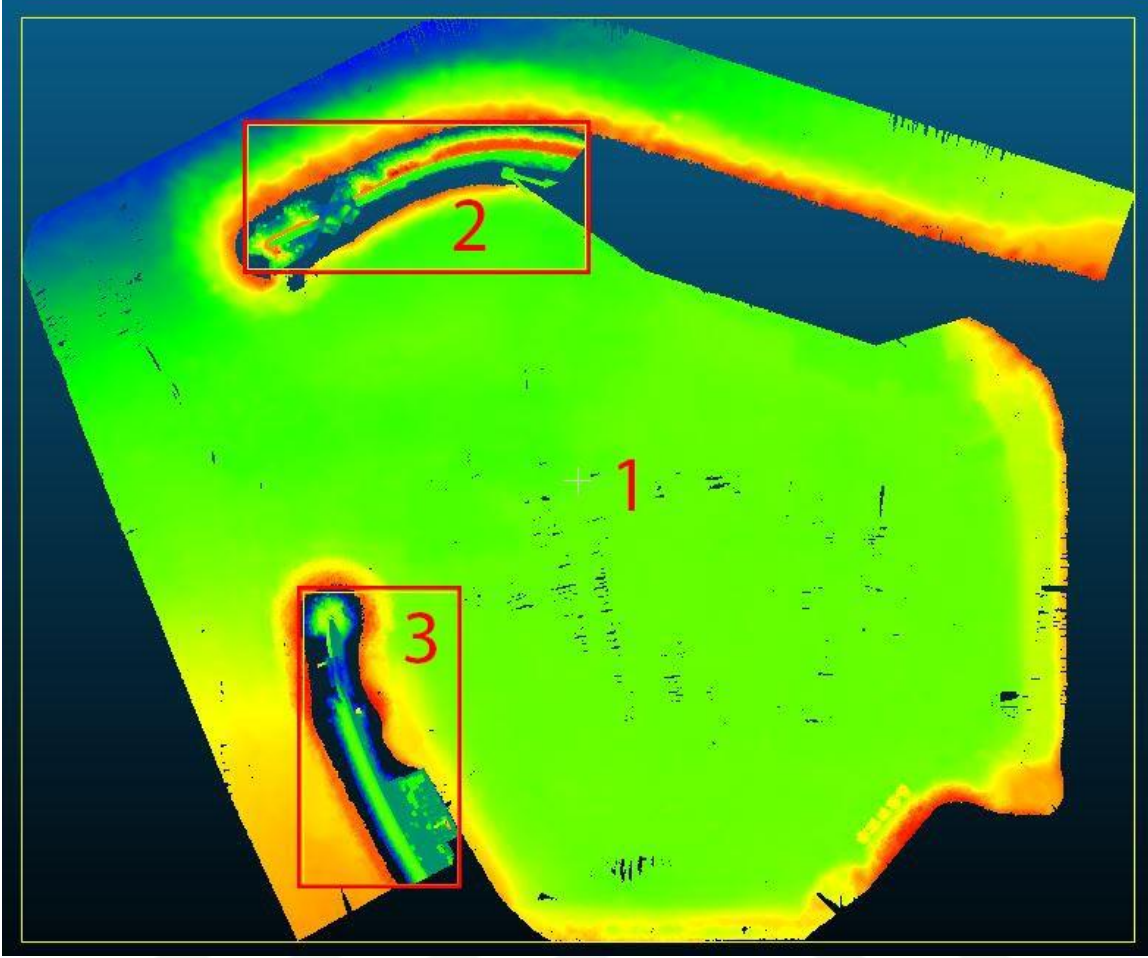
Temizlenen nokta verileri CAD ortamına aktarılarak yüzey model oluşturulmuştur. Derinlik eğrileri ve detay çizimleri yapılarak 1/1000 ölçekli batimetrik haritası hazırlanmıştır (Şekil 4.81).



Şekil 4.81 Batimetrik Ölçüm ile Oluşturulan 1/1000 Ölçekli Harita

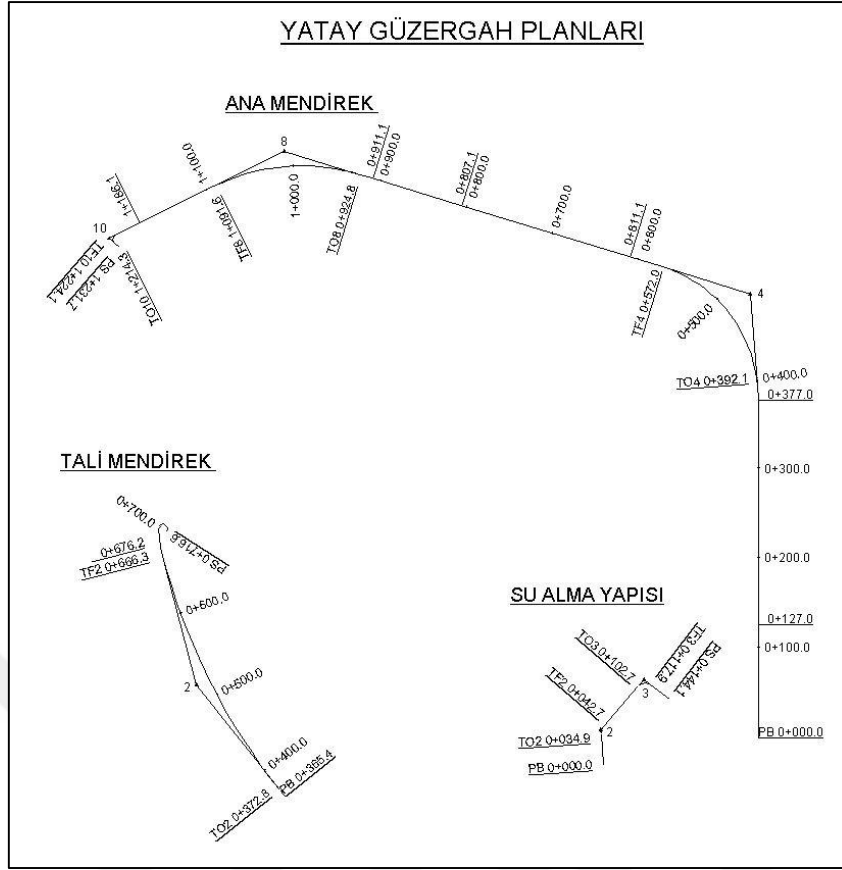
4.4 FOTOĞRAMETRİK VE HİDROGRAFİK VERİLERİN BİRLEŞTİRİLMESİ

Aşağıdaki görselde 2 ve 3 nolu bölgelerde insansız hava aracı ile oluşturulan fotogrametrik nokta bulutu ile 1 nolu bölgede çok ışınlı akustik iskandil (multibeam) sistemi ile oluşturulan nokta bulutu veri kümesi *.LAS formatında dışarıya aktarılmıştır (Şekil 4.82).

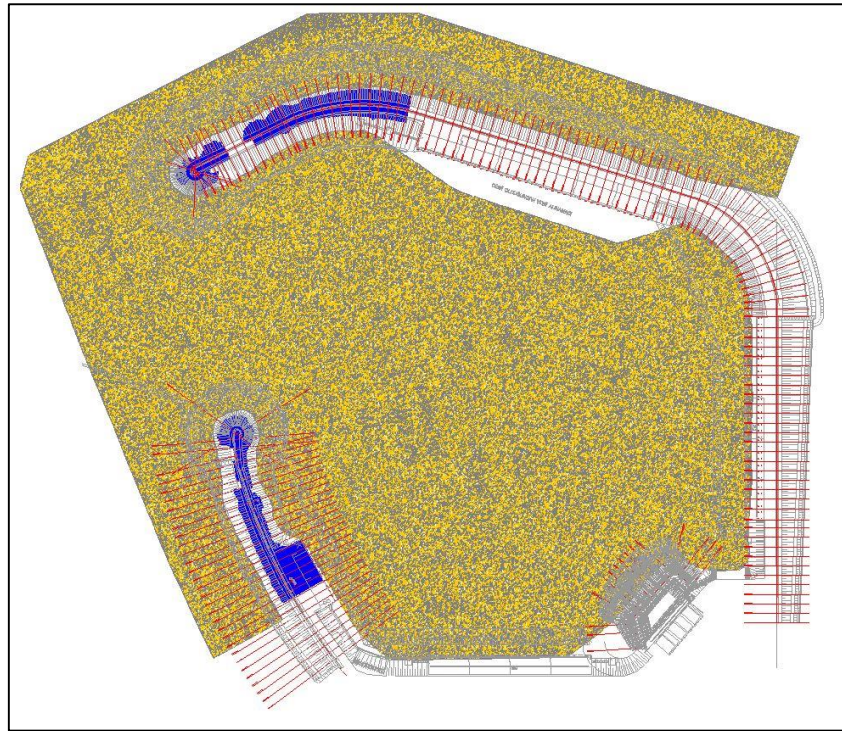


Şekil 4.82 Farklı Platformlarda Üretilen Nokta Verisinin Birleştirilmesi

Nokta verileri CAD programına *XYZ formatında aktarılarak yüzey modeli üretilmiştir ve kesit almaya hazır hale getirilmiştir. Vaziyet planı üzerinden ana mendirek, tali mendirek ve su alma yapısı için ayrı ayrı yatay güzergah tanımları NetCAD NETPRO modülü üzerinden yapılmıştır. Güzergahlar üzerinden 10 m aralıklı enkesit çizimleri yapılmıştır. (Şekil 4.83,4.84).



Şekil 4.83 Yatay Güzergah Planları Ekran Görüntüsü



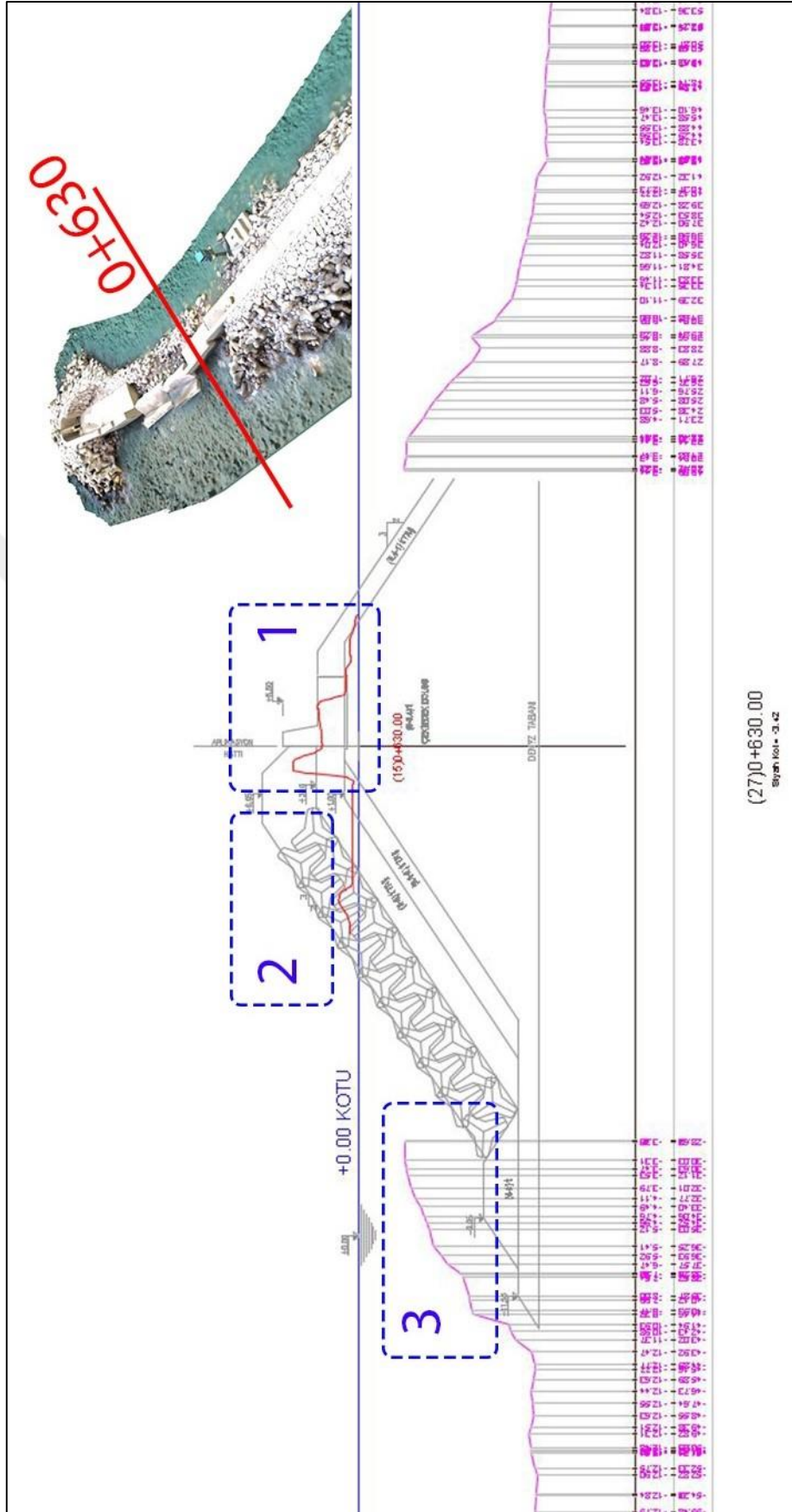
Şekil 4.84 Oluşturulan Yüzey Modeli ve Enkesit Hatları Ekran Görüntüsü

4.5 HASAR TESPİT ANALİZİ

Tezin bu kısmında nokta veri kümeleri üzerinden yüzey modeli oluşturulmuştur. İnsansız hava aracı ile üretilen ve su kesim hattı ile biten arazi yüzey modeli ile batimetrik yöntemler ile üretilen su altı yüzey modeli arasında veri olmayan boş bölgeler bulunmaktadır. Bu bölgelerde çok ışıklı iskandilin tarama açısının üstünde olduğu, teknenin ve ekipmanın hasar görmesi riskine karşın güvenli seyir yapamadığı bölgelerdir. Oluşturulan üç ayrı yatay güzergah hattı üzerinden 10 m aralıklarla enkesitler alınarak 1/1000 ölçekli yatay ve düşey ölçekte enkesit çizimleri yapılmıştır. Enkesit çizimleri üzerine +0.00 deniz yüzeyi hattı ve ilgili proje kesitleri aplikasyon hattı referans alınarak yerleştirilmiştir.

Şekil 4.85'te tali mendirek üzerinde alınan 0+630 KM deki kesit çizimi görülmektedir. Kesit üzerinde gri hatlar proje hatlarını, kırmızı hatlar fotogrametrik nokta bulutundan gelen mendirek su üstü yapısını, pembe hatlar ise batimetrik nokta bulutundan gelen mendirek su altı yapısını göstermektedir. 1 Nolu alan içerisinde bulunan hasar görmüş kronman duvarı ≈ 2 m civarında batı yönünde yatmıştır. 2 Nolu alan içerisinde bulunan tetrapodlardan oluşan zırh yapısı dağılmıştır. 3 Nolu bölge içerisinde 4-6 ton kaya topuk dolgusu üzerine 2 nolu bölgeden akan tahkimat malzemesi ve tetrapodlar tarafından ≈ 5 m dolmuştur.

Şekil 4.86'te ise 0+710 KM den alınan bir kesit görüntüsü vardır. 1 ve 4 nolu bölgelerde fotogrametrik ve batimetrik nokta datası ölçümü yapılamayan bölgelerdir. 2 Nolu bölge müzvar yapısı, fener ve kronman duvarı yapısının fırtına sonrası hasar almadığı ve proje kesitleri ile bire bir örtüştüğü görülmektedir. 3 Nolu bölgede ise bir sıra tetrapod yapısının devrildiği kesitler ve 3D modeller üzerinde kolayca tespit edilmektedir. 5 Nolu 4-6 ton taş kategorisinde bulunan topuk yapısının batimetrik ölçüm sonuçları ile oluşan yüzey model ile çakıştığı bu bölgede herhangi bir hasar yada liman yapım tarihinden itibaren 10 yıllık bir kumlama veya sediment birikiminin oluşmadığı görülmektedir.



Şekil 4.85 Tali Mendirek Hasarlı Bölgede Kesit İncelemesi



BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Büyük mühendislik yapılarında oluşan deformasyonlar tasarım aşamasında öngürülen sınırlar içerisinde olabilir ve deformasyon ölçüm yöntemleri ile belirlenebilir. Bunlar beklenen deformasyon olarak yorumlanır. Çevresel parametrelerin tasarım sınırları dışına çıkmaları sonucunda ise yapılarda fiziksel hasarlar meydana gelir ve bu da yapının yüksek maliyetler doğuran zararlar görmesine neden olur.

Bu çalışmada Zonguldak ili Çatalağzı beldesinde inşaa edilen Eren Enerji Limanında 18 Ocak 2018 tarihli fırtınada oluşan hasar incelenmiştir.

Bu kapsamda acil eylem planı oluşturabilmek için yapılan saha çalışmalarında IHA fotogrametrisi ve çok ışınlı akustik iskandil yöntemleri kullanılmıştır. IHA ile liman üst yapıları, çok ışınlı akustik iskandil ile tesisin deniz altında kalan kısımları incelenmiştir. Üretilen bütünleşik arazi modeli üzerinden çizilen kesitlerden hasar tespit ve maliyeti analizi yapılmıştır.

İki sisteminde kısa sürede yüksek doğruluk ve yüksek yoğunlukta nokta bulutu veri kümesi üretmesi ve bu verilerin proje kesitleri üzerine işlenmesi hızlı bir şekilde maddi hasar tespit yapılmasına olanak sağlamıştır.

Eski liman tasarımının iyileştirilme analizi, projelerin hazırlanması, onarım ve arazi çalışmaları sonucu ana ve tali mendirek müzvar yapısı +3 m den +8 m kotuna yükseltilerek güçlendirilmiştir. Mendirek yapısı kronman arkasına 3 sıra tetrapod dizimi yapılmıştır. Su alma yapısı önü karayel yönlü fırtınalara karşı tetrapod yapısı ile koruma altına alınmıştır. (EK-7, EK-8)

Çalışmada karşımıza çıkan; kıyı ve kayalık kesimlerde çok ışınli sistemlerin tarama açısının dışında kalan bölgelerden de veri alınması için akustik sistemlerde açılı multibeam transdüser kullanımını gereksinimi ortaya çıkmıştır.

Üretilen mendirek 3D katı modeli yüksek hassasiyet ve detayda gerçek araziye yansıttığı için dalga simülasyon programlarında, 3D yazıcı ile bastırılan katı model ise dalga simülasyon havuzlarında katı arazi modeli olarak kullanılabilir. (EK-9)

Çizelge 5.1’de yapılan hidrografik ve fotogrametrik çalışmalardan üretilen yüksek çözünürlüklü görüntüler ve birim alana düşen yüksek yoğunlukta nokta bulutu verisi ile mühendislik yapıları hakkında hızlı, güvenilir veri elde edilmiştir.

Çizelge 5.1 Çalışma Sonucu Üretilen Veri Boyut Özet Çizelgesi

Üretilen Veri Formatı	Birim	Ana Mendirek	Tali Mendirek
Trueortofoto Çözünürlüğü	cm / pix	1.38	1.33
Uçuş Süresi	Dakika	30	30
Trueortofoto Yüzey Alanı	ha	1.65	1.20
Fotogrametrik nokta bulutu yoğunluğu	Adet/m²	330	355
Fotogrametrik nokta bulutu	Adet	6.506.076	5.300.883
Fotogrametrik sayısal yükseklik modeli çözünürlüğü	cm / pix	5.55	5.31
Hidrografik ölçüm süresi	Saat	6	
Hidrografik ölçüm alanı /Adet	ha	49.51 ha	
Hidrografik nokta bulutu /Adet	Adet	1.986.461	

Fevzi Akkaya’nın fırtına takvimine göre 28 Ocak tarihinde kuvvetli fırtına olarak gösterilen Ayardon fırtınası bulunmaktadır. Fotogrametrik ve hidrografik yöntemler ile üretilen bütünleşik arazi modeli üzerinden belirlenen hasarlı bölgeler için öncelikle mevcut hasarlı yapıyı oluşacak olan yeni fırtınalara karşı korumak için acil eylem planı yapılmıştır (Şekil 5.1), (URL-16).

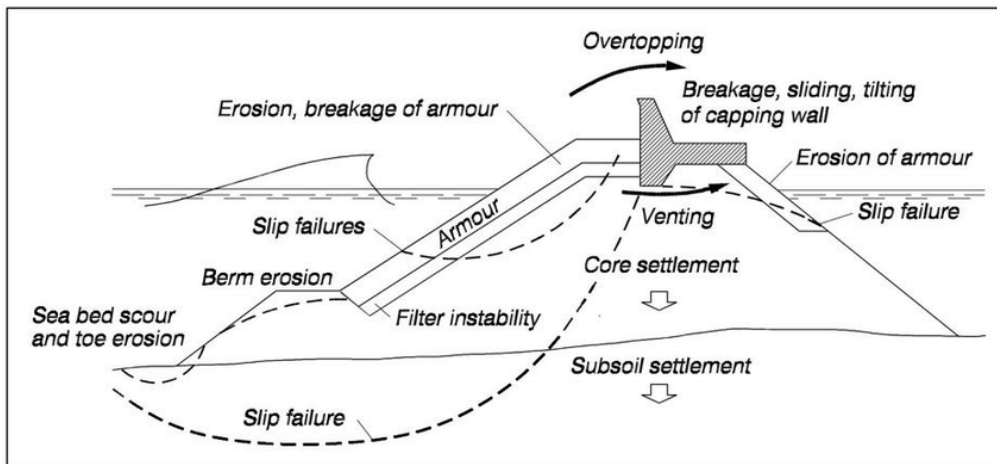
...Yalnız Akdeniz memleketleri için geçerli, devri, senelik, Meteoroloji Fırtına günleri takvimi.												...Seyir ve İdrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı ve Acem Naci bey (Fensiyehanım) takvimi karmasıdır.																					
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
1 Ocak								Zemheri																								Ayardan	
2 Şubat																																	
3 Mart																																	
4 Nisan																																	
5 Mayıs																																	
6 Hazır.																																	
7 Temmuz.																																	
8 Ağust.																																	
9 Eylül																																	
10 Ekim																																	
11 Kasım																																	
12 Aralık																																	

...Kasım fırtınası lodosla gırsese (veya bilirse)
o sene kış hakim rüzgarları lodos olmak gerek.

...Fırtınalar bir iki gün evvel/sonra yapabilir.
Deniz şantiyeleri bu günlerde uyanık bulunmalıdır.

Şekil 5.1 İnş. Yük. Müh. Fevzi Akkaya Fırtına Takvimi

Üretilen 3D model incelendiğinde, oluşan dalganın kronman duvarını aşarak (overtopping) mendirek liman içine bakan kesit üzerinde anroşman ve filtre taşlarının liman içine sürüklediği (Erosion of armour) görülmektedir. Oluşan dalganın mendirek dış kesitinde bulunan koruma zırhı (armour) tetrapod yapısının ve altındaki taş kategorisinin kaymasına neden olmuştur (Erosion, breakage of armour). Yapının kayma dairesi içerisinde (Slip failure) korumanın zarar gördüğü, kronman duvarını ana yapıdan ayırarak (Venting) devrilmesine neden olmuştur. Kesitler incelendiğinde topuk yapısında bir hasarın (Berm erosion) oluşmadığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.2), (URL-17).



Şekil 5.2 Mendirek Geometrisinin Hasar Görme Şablonu (Failure mode for a rubble mound)

18/01/2018 Tarihinde başlayan onarım çalışmaları 16/01/2019 yılında tamamlanmıştır. Onarım ve iyileştirme projesi kapsamında ek olarak tetrapod üretimi gerçekleştirilmiştir.

Gemi trafiğinin yoğun olduğu Eren Limanında gemi seyir emniyeti için tehlikeli bölgelerin şamandıralar ile işaretlenmesi ve hasar temizleme çalışmalarında öncelikle başlanacak bölgelerin belirlenmesi, oluşan hasarın su üstü ve su altında yüksek hassasiyette hızlı bir şekilde fotogrametrik ve batimetrik ölçüm yöntemlerinin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir.



KAYNAKLAR

- Acar H** (2018) Bina Çatı Noktalarının Yüksek Çözünürlüklü Görüntülerden Üretilen 3B Nokta Bulutu Verileri ile Otomatik Tespit Edilmesi ve Gerçek Ortofoto Üretimi, *Doktora Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 123 s.
- Agrafiotis P, Skarlatos D, Georgopoulos A and Karantzas K** (2019) Shallow Water Bathymetry Mapping from UAV Imagery Based On Machine Learning, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2-3 May 2019, Limassol, Cyprus. arXiv:1902.10733.
- Aydın Ö ve Erkaya H** (2005) Hidrografik Ölçümlerde Standartların Önemi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 29 Mart 2015, Ankara, 12-20.
- Barazzetti L, Brumana R, Oreni D, Previtali M and Roncoroni F** (2014) True-Orthophoto generation from UAV images, *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 23-25 June 2014, Riva del Garda, Italy, 57-63.
- Burcharth H F** (1992) Reliability Evaluation of a Structure at Sea, Design and Reliability of coastal structures. *In Proc. Short Course Design Reliability Coastal Structures*. Vicksburg, Mississippi, USA, 597-644.
- Erener A** (2002) Hidrografik Ölçmelerde GZK GPS'in Kullanımı ve Trabzon Limanı Deniz Dibi Topoğrafyasının Çıkarılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Trabzon, 100 s.
- Gürdal M A** (1998) Deniz Seviyesi Ölçme ve Harita Genel Komutanlığınca İşletilen Mareograf İstasyonları. *Harita Dergisi*, Sayı:119: 22-37.
- Hirschmüller H** (2008) Stereo processing by semiglobal matching and mutual information' *IEEE Transactions On Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 30(2): 328-341.
- Krause K** (2007) Photogrammetry Geometry from Images and Laser Scans, 2nd edition, Walter de Gruyter, Berlin-New York, 459 s.
- Lekkerkerk H J, Van der Velden R, Roders J, Haycock T, De Vries R, Jansen P and Beemster C** (2006). Handbook of Offshore Surveying-Acquisition and Processing. Clarkson Research Services Limited, ISBN: 1902157745, Clarkson Research Limited, London, United Kingdom, 629 s.
- Marangoz A M** (2002) Sayısal Kameralarla Tarihsel Yapıların Rölevelerinin Çıkarılması Olanakları. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 63 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

Özgen G ve Algül E (Ed.) (1977 Basım) *Mühendislik Ölçmeleri I-Hidrografik Ölçmeler*. Baskı No: 1086, İTÜ Matbaası, İstanbul, 195 s.

Terlemezoğlu B (2004) Denizdibi Topoğrafyasının Modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak, 86 s.

Toprak A S (2014) Fotogrametrik Tekniklerin İnsansız Hava Araçları İle Mühendislik Projelerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, 164 s.

Tur H (2017) Hidrografi ve Oşinografi, *İstanbul Üniversitesi Jeofizik Bölümü Lisans Ders Notları (Sunu)*, İstanbul, 22 s.

Yves E and Michel K (2002) *Digital Photogrametry*. 4th edition, ISBN: 0203305957, London, New York (ebook), Taylor & Francis, 351s.

URL-1 <<https://www.fieldandstream.com/saltwater-weakfish-fishing-sidescan-sonar#page-3>>, Ziyaret Tarihi: 14.04.2019.

URL-2 <<https://www.teledyne-pds.com/how-to-video/new-multibeam-calibration/>>, Ziyaret Tarihi: 14.04.2019.

URL-3 <<https://tudes.harita.gov.tr/tudesportal/AnaEkran.aspx>>, Ziyaret Tarihi: 14.04.2019.

URL-4 <<http://www.mat.uc.pt/~gil/downloads/IntroPhoto.pdf>>, Ziyaret Tarihi: 28.03.2019.

URL-5 <<https://www.isprs.org/>>, Ziyaret Tarihi: 28.03.2019.

URL-6 <<https://www.ubak.gov.tr/BLSMWIYS/DLH/tr/DOKUMANLAR/2015100215130410288164.pdf>>, Ziyaret Tarihi: 05.02.2019.

URL-7 <<https://www.dji.com/phantom-4-adv/info#downloads>>, Ziyaret Tarihi: 05.02.2019.

URL-8 <http://www.comnavtech.com/download/T300%20GNSS%20Receiver__EN.pdf>, Ziyaret Tarihi: 05.02.2019.

URL-9 <<https://www.agisoft.com/downloads/user-manuals/>>, Ziyaret Tarihi: 05.02.2019.

URL-10 <[https://wassp.com/userfiles/file/WMB3250%20OperatorManual_V1_4\(1\).pdf](https://wassp.com/userfiles/file/WMB3250%20OperatorManual_V1_4(1).pdf)>, Ziyaret Tarihi: 05.02.2019.

URL-11 <<https://shipmotion.eu/motion-reference-unit-IMU-108.html>>, Ziyaret Tarihi: 05.02.2019.

URL-12 <<https://www.valeport.co.uk/Products/Sound-Velocity>>, Ziyaret Tarihi: 08.01.2019.

URL-13 <<http://www.comnavtech.com/products-detail.asp?id=4&sw=1920&sh=1080>>, Ziyaret Tarihi: 05.02.2019.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

URL-14 <<https://confluence.qps.nl/dwnqinsy/qinsy-8-18-3-release-89030907.html>>, Ziyaret Tarihi: 08.01.2019.

URL-15 <<https://confluence.qps.nl/dwnqimera/qimera-1-7-6-release-124093967.html>>, Ziyaret Tarihi: 28.03.2019.

URL-16 <<https://www.erisi.com/denizcilik/dnzcilikkosesi/balik/firtina.htm>>, Ziyaret Tarihi: 28.03.2019.

URL-17 <https://www.researchgate.net/figure/Typical-breakwater-failure-modes-USACE-2006Part-VI-2-22_fig5_312054511>, Ziyaret Tarihi: 28.03.2019.





EK AÇIKLAMALAR

EK 1: Zonguldak Valiliği Meteoroloji Müdürlüğü Raporu

Tarih	Zonguldak Deniz Durumu	Görüş
18.01.2018	00:06-11:00 GMT Hafif çalkantılı, dalga yüksekliği 0,5 - 1,25 m.	4-10 km
18.01.2018	12:06-17:00 GMT Orta dalgalı, dalga yüksekliği 1,25 - 2,5 m.	10-20 km
18.01.2018	18:06-21:00 GMT Kaba dalgalı, dalga yüksekliği 2,5 - 4 m.	10-20 km
18.01.2018	22:06-23:59 GMT Çok kaba dalgalı, dalga yüksekliği 4 - 6 m.	10-20 km
19.01.2018	00:06-01:00 GMT Çok kaba dalgalı, dalga yüksekliği 4 - 6 m.	10-20 km
19.01.2018	02:00 GMT Kaba dalgalı, dalga yüksekliği 2,5 - 4 m.	10-20 km
19.01.2018	07:06-08:00 GMT Orta dalgalı, dalga yüksekliği 1,25 - 2,5 m.	10-20 km
19.01.2018	09:06-12:00 GMT Hafif çalkantılı, dalga yüksekliği 0,5 - 1,25 m.	20-50 km
19.01.2018	13:14-15:00 GMT Kuyruk dalgalı, dalga yüksekliği 0,1 - 0,5 m.	20-50 km
19.01.2018	16:23-59 arası GMT Hafif çalkantılı, dalga yüksekliği 0,5 - 1,25 m.	20-50 km
20.01.2018	00:06-23:59 GMT Kuyruk dalgalı, dalga yüksekliği 0,1 - 0,5 m.	20-50 km

İST. ADI	TARİH (GMT)	MAKSİMUM RÜZ YONU (°)	MAKSİMUM RÜZ HIZI (m/sec)	MAKSİMUM RÜZ ZAMANI (GMT)
ZONGULDAK ZONGULDAK	18.01.2018	288 (Batı-Kuzeybatı)	18,9	18.01.2018 17:54
ZONGULDAK ZONGULDAK	19.01.2018	285 (Batı-Kuzeybatı)	13,2	19.01.2018 00:27
ZONGULDAK ZONGULDAK	20.01.2018	174 (Güney)	10,2	20.01.2018 21:27
ZONGULDAK GÜNEY MEND.	18.01.2018	282 (Batı-Kuzeybatı)	25,0	18.01.2018 20:09
17453 ZONGULDAK	19.01.2018		Veri Yok.	
ZONGULDAK GÜNEY MEND.	20.01.2018		Veri Yok.	

Rüzgarlı İyon Sınıflandırması
Kuvvetli Rüzgar
10,8 - 17,1 m/sec ~ 22-33 knot ~ 38-61 km/saat
Fırtına
17,2 - 20,7 m/sec ~ 34-40 knot ~ 62-74 km/saat
Kuvvetli Fırtına
20,8 - 24,4 m/sec ~ 41-47 knot ~ 75-88 km/saat
Tıym Fırtına
24,5 - 28,4 m/sec ~ 48-55 knot ~ 89-102 km/saat

Not: 1-Risat saatı GMT olduğundan saatlere 3 saat eklenecektir.
2-Verilen meteorolojik bilgilerle ilgili olumsuz halinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü merkez kayıtları esas alınacaktır.

22/01/2018

EREN ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.ŞE
Yenibosna Merkez Mah. Kavak Sok. No:39
Bahçelievler 34197 İSTANBUL

İlgi: 18.01/2018 tarihli ve 2018/8236 sayılı yazı.

İlgi kayıtlı yazı ile istemiş olduğumuz Zonguldak ilinin 18-19-20/01/2018 günlerine ait maksimum rüzgar, dalga yüksekliği, deniz durumu ve gökyüzü mesafesi OMGİ Sunum ve İstasyon Kayıtlarımızdan çıkartılarak yazımız ekinde sunulmuştur. Bilgilerinizi arz ederim.

Murat BAYRAKTUTAN
Meteoroloji Müdürü

Ekler:
1- Meteorolojik Veri (1 sayfa)

Bu e-posta 5072 sayılı Elektronik İmza Kanunu'na göre elektronik olarak imzalanmıştır. http://ebyy.sagun.gov.tr/dogrulama.aspx adresinden V08:271157KA kodu ile doğrulama yapılabilir.

Genel Müdürlük İmza
T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü
Yenibosna Mah. Binası Sok.
67100 ZONGULDAK
Tel/Fax: 0372 257 71 30/0372 257 40 73
www.mgi.gov.tr
Kep: meteoroloji@genelmu.gov.tr

22/01/2018
Şükran AYDEMİR
Mühendis

EK 2: İnsansız Hava Aracı Teknik Özellikleri

DJI Phantom 4 Advanced Modeli Özellikleri	
Ağırlık	1368 gr
Maksimum Uçuş Süresi	30 dk (5870 Mah-15.2 V batarya ile)
Çarpışma Sensörleri	İleri didiş yönü ve iniş yönü sensörleri
Kamera	1" CMOS Effective pixels: 20 MP
Görüntü Boyutu / Çözünürlük	5472*3648 piksel / 72 dpi (yatay-dikey)
ISO duyarlılığı	100-1600
Deklanşör hızı	8-1/8000 s
Lens	FOV 84° 8.8 mm/24 mm, f/2.8-f11 otofokus 1m-∞
Video Kayıt / Transfer	4K 60P / Lightbridge
Çalışma Frekansı	2.4 GHz
Çıkış Hızı	S-mode: 6 m/s, P-mode: 5 m/s
İniş Hızı	S-mode: 4 m/s, P-mode: 3 m/s
Maksimum Hız	S-mode: 45 mph
Maksimum Tilt Açısı	S-mode: 42° / A-mode:35° / P-mode:25°
Maksimum Açısal Hız	S-mode: 250°/s
Maksimum İrtifa	6000 m
Rüzgar Hızı Direnci	10 m/s
Çalışma Sıcaklığı	0° ile 40° aralığında
GPS Sistemi	GPS / GLONASS
Hover Pozisyonunda Dikey Konum Doğruluğu	±0.1 m sensör ile / ±0.5 m GPS sistemi ile
Hover Pozisyonunda Yatay Konum Doğruluğu	±0.3 m sensör ile / ±1.5 m GPS sistemi ile
Gimbal	Üç eksenli (pitch, roll, yaw)
Video Bitrate	100 Mbps

EK 3: GNSS GPS Teknik Özellikleri

COMNAV T300 GNSS Sistem Özellikleri	
Sinyal İzleme	
Kanallar	256 kanal çoklu uydu sinyali izleme
GPS	L1 C/A, L1C, L2 P, L5
Beidou	B1, B2, B3
GLONASS	L1, L2
SBAS	WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN
Konumlandırma Özellikleri	
Statik	Yatay: 2.5 mm +0.5 ppm RMS Dikey: 5 mm +0.5 ppm RMS
Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK)	Yatay: 8 mm +1 ppm RMS Dikey: 15 mm +1 ppm RMS
E-RTK(<100km)	Yatay: 0.2 m +1 ppm RMS Dikey: 0.4 m +1 ppm RMS
Kod Diferansiyel GNSS	Yatay: 0.25 m +1 ppm RMS Dikey: 0.5 m +1 ppm RMS
SBAS	Tipik olarak <1 m 3D RMS
Bağımsız	<1,5 m 3D RMS
İletişim	
Haberleşme Portu	7 pin, Baud 921.600 bps
Radyo Modem	410-470 MHz ² tam frekans aralığı ile Tx/Rx 0,5-2W iletim gücü 1-5 km aralık
Veri Biçimi	
Veri giriş/çıkış	Düzeltilme verileri I/O: RTCM2.x,3.x CMR, CMR+
Veri çıkışları	ASCII, NMEA-0183 GSV, RMC, HDT, VHD, GGA, ZDA, VTG, GST, PKJ, PTNL 20Hz

EK 4: Tusaga aktif sistemi ile yer kontrol noktaları ölçüm çizelgesi

TUSAGA AKTİF SİSTEMİ İLE YER KONTROL NOKTALARI KOORDİNATLARI ÖLÇÜM ÇİZELGESİ																
NOKTA NO	OTURUM NO	OTURUM ZAMANI (UTC)	EPOK SAYISI	VERİ TOPLAMA FREKANSI	UYDU SAYISI (GPS/GNSS)	RMS (m)	PDOP	TAM SAYI BELİRSİZLİK ÇÖZÜM DURUMU	Mountpoint (VRS, FKP, MAC) TUSAGA-aktif Sistemi Yayın Bağlantı Noktası	KOORDİNAT (DATUM_DOM_DG)			KESİN KOORDİNAT (DATUM_DOM_DG)			
										SAGA DEĞER (V) (m)	YUKARI DEĞER (X) (m)	ELIPSOİT YÜKSEKLİĞİ (h) (m)	SAGA DEĞER (V) (m)	YUKARI DEĞER (X) (m)	ELIPSOİT YÜKSEKLİĞİ (h) (N=32.32 m)	ORTEMETRİK YÜKSEKLİĞİ (H) (H+H-N)
YKN-1	1	2018-01-20 T:09:10:53	20	1 sn	17	0.003	1.28	NetworkFix	VRSCMRP	408550.689	4599919.842	35.102	408550.689	4599919.856	34.792	2.472
	2	2018-01-20 T:13:15:35	20	1 sn	15	0.005	1.31	NetworkFix	VRSCMRP	408550.685	4599919.870	34.482				
YKN-2	1	2018-01-20 T:09:12:35	20	1 sn	16	0.003	1.37	NetworkFix	VRSCMRP	408515.093	4599918.912	35.271	408515.081	4599918.896	35.019	2.699
	2	2018-01-20 T:13:18:41	20	1 sn	15	0.004	1.42	NetworkFix	VRSCMRP	408515.069	4599918.880	34.767				
YKN-3	1	2018-01-20 T:09:13:21	20	1 sn	15	0.003	1.45	NetworkFix	VRSCMRP	408491.578	4599915.524	35.429	408491.595	4599915.491	35.137	2.817
	2	2018-01-20 T:13:22:25	20	1 sn	16	0.003	1.47	NetworkFix	VRSCMRP	408491.612	4599915.458	34.845				
YKN-4	1	2018-01-20 T:09:16:11	20	1 sn	13	0.009	2.12	NetworkFix	VRSCMRP	408439.765	4599898.136	35.448	408439.752	4599898.121	35.147	2.827
	2	2018-01-20 T:13:24:47	20	1 sn	15	0.006	1.89	NetworkFix	VRSCMRP	408439.739	4599898.106	34.846				
YKN-5	1	2018-01-20 T:09:18:27	20	1 sn	13	0.002	2.23	NetworkFix	VRSCMRP	408406.153	4599880.319	35.427	408406.162	4599880.312	35.173	2.853
	2	2018-01-20 T:13:27:21	20	1 sn	14	0.004	2.09	NetworkFix	VRSCMRP	408406.171	4599880.305	34.919				
YKN-6	1	2018-01-20 T:09:29:37	20	1 sn	14	0.008	2.23	NetworkFix	VRSCMRP	408471.149	4599357.943	35.852	408471.154	4599357.920	35.547	3.227
	2	2018-01-20 T:13:44:17	20	1 sn	14	0.007	2.17	NetworkFix	VRSCMRP	408471.159	4599357.897	35.242				
YKN-7	3	2018-01-20 T:09:32:08	20	1 sn	14	0.006	2.11	NetworkFix	VRSCMRP	408443.321	4599343.637	35.756	408443.343	4599343.651	35.450	3.130
	4	2018-01-20 T:13:47:31	20	1 sn	14	0.005	2.05	NetworkFix	VRSCMRP	408443.365	4599343.665	35.144				
YKN-8	5	2018-01-20 T:09:34:52	20	1 sn	14	0.004	1.99	NetworkFix	VRSCMRP	408443.362	4599379.362	35.728	408435.003	4599379.383	35.484	3.164
	6	2018-01-20 T:13:49:05	20	1 sn	14	0.003	1.93	NetworkFix	VRSCMRP	408426.644	4599379.404	35.240				
YKN-9	7	2018-01-20 T:09:36:41	20	1 sn	14	0.002	1.87	NetworkFix	VRSCMRP	408415.031	4599397.283	35.743	408415.020	4599397.268	35.492	3.172
	8	2018-01-20 T:13:53:47	20	1 sn	14	0.001	1.81	NetworkFix	VRSCMRP	408415.009	4599397.233	35.241				
YKN-10	9	2018-01-20 T:09:39:22	20	1 sn	14	0.002	1.75	NetworkFix	VRSCMRP	408389.747	4599468.846	33.312	408389.769	4599468.878	33.013	0.693
	10	2018-01-20 T:13:43:34	20	1 sn	14	0.004	1.69	NetworkFix	VRSCMRP	408389.791	4599468.910	32.714				

EK 5: 0-20 m Arası Ses Hızı Kolonu Parametre Çizelgesi

Tarih	Saat	Derinlik m	Ses Hızı m/s	Basınç dBar	Sıcaklık DegC	Tuzluluk PSU	Yoğunluk kg/m³	Tarih	Saat	Derinlik m	Ses Hızı m/s	Basınç dBar	Sıcaklık DegC	Tuzluluk PSU	Yoğunluk kg/m³		
1	2018-01-28	12:30:59	0.291	1467.244	0.294	9.445	18.122	1013.885	101	2018-01-28	12:32:39	11.410	1466.971	11.535	9.229	18.424	1014.198
2	2018-01-28	12:31:00	0.338	1467.071	0.342	9.278	18.503	1014.201	102	2018-01-28	12:32:40	11.580	1466.971	11.705	9.231	18.418	1014.194
3	2018-01-28	12:31:01	0.438	1467.052	0.443	9.262	18.537	1014.230	103	2018-01-28	12:32:41	11.540	1466.972	11.665	9.231	18.417	1014.193
4	2018-01-28	12:31:02	0.450	1466.965	0.454	9.240	18.532	1014.229	104	2018-01-28	12:32:42	11.860	1466.977	11.993	9.229	18.423	1014.199
5	2018-01-28	12:31:03	0.524	1466.962	0.529	9.235	18.545	1014.240	105	2018-01-28	12:32:43	12.160	1466.980	12.297	9.230	18.419	1014.197
6	2018-01-28	12:31:04	0.455	1466.985	0.460	9.248	18.524	1014.222	106	2018-01-28	12:32:44	12.080	1466.978	12.210	9.230	18.419	1014.197
7	2018-01-28	12:31:05	0.483	1466.932	0.488	9.243	18.497	1014.201	107	2018-01-28	12:32:45	12.290	1466.982	12.422	9.230	18.419	1014.198
8	2018-01-28	12:31:06	0.499	1466.919	0.505	9.241	18.494	1014.200	108	2018-01-28	12:32:46	12.530	1466.983	12.667	9.231	18.415	1014.196
9	2018-01-28	12:31:07	0.460	1466.897	0.465	9.238	18.494	1014.192	109	2018-01-28	12:32:47	12.630	1466.981	12.772	9.229	18.417	1014.198
10	2018-01-28	12:31:08	0.496	1466.864	0.501	9.228	18.487	1014.196	110	2018-01-28	12:32:48	12.920	1466.988	13.059	9.230	18.418	1014.200
11	2018-01-28	12:31:09	0.556	1466.914	0.562	9.238	18.496	1014.202	111	2018-01-28	12:32:49	13.250	1466.993	13.402	9.229	18.420	1014.204
12	2018-01-28	12:31:10	0.559	1466.848	0.565	9.234	18.456	1014.177	112	2018-01-28	12:32:50	13.280	1467.000	13.422	9.229	18.425	1014.208
13	2018-01-28	12:31:11	0.555	1466.840	0.561	9.229	18.464	1014.178	113	2018-01-28	12:32:51	13.250	1467.004	13.401	9.230	18.424	1014.207
14	2018-01-28	12:31:12	0.619	1466.877	0.626	9.230	18.491	1014.199	114	2018-01-28	12:32:52	13.510	1467.008	13.641	9.229	18.426	1014.210
15	2018-01-28	12:31:13	0.730	1466.881	0.738	9.232	18.487	1014.197	115	2018-01-28	12:32:53	14.120	1467.020	14.277	9.230	18.425	1014.211
16	2018-01-28	12:31:14	0.747	1466.875	0.755	9.235	18.473	1014.185	116	2018-01-28	12:32:54	14.240	1467.028	14.401	9.231	18.427	1014.214
17	2018-01-28	12:31:15	0.808	1466.882	0.817	9.234	18.478	1014.189	117	2018-01-28	12:32:55	14.170	1467.024	14.329	9.233	18.420	1014.208
18	2018-01-28	12:31:16	0.824	1466.903	0.833	9.238	18.485	1014.195	118	2018-01-28	12:32:56	14.490	1467.030	14.648	9.232	18.423	1014.211
19	2018-01-28	12:31:17	0.918	1466.884	0.928	9.237	18.470	1014.183	119	2018-01-28	12:32:57	14.760	1467.038	14.926	9.232	18.425	1014.214
20	2018-01-28	12:31:18	0.882	1466.864	0.891	9.238	18.452	1014.169	120	2018-01-28	12:32:58	14.950	1467.042	15.118	9.229	18.426	1014.216
21	2018-01-28	12:31:19	0.890	1466.877	0.899	9.238	18.463	1014.178	121	2018-01-28	12:32:59	15.060	1467.044	15.228	9.233	18.423	1014.214
22	2018-01-28	12:31:20	0.870	1466.877	0.879	9.239	18.459	1014.174	122	2018-01-28	12:33:00	15.200	1467.047	15.365	9.234	18.421	1014.213
23	2018-01-28	12:31:21	1.072	1466.880	1.084	9.237	18.465	1014.180	123	2018-01-28	12:33:01	15.310	1467.050	15.476	9.234	18.421	1014.214
24	2018-01-28	12:31:22	1.146	1466.856	1.158	9.234	18.452	1014.171	124	2018-01-28	12:33:02	15.470	1467.051	15.637	9.233	18.422	1014.215
25	2018-01-28	12:31:23	1.217	1466.861	1.230	9.232	18.462	1014.179	125	2018-01-28	12:33:03	15.870	1467.057	16.041	9.234	18.423	1014.218
26	2018-01-28	12:31:24	1.310	1466.863	1.324	9.232	18.464	1014.181	126	2018-01-28	12:33:04	16.120	1467.059	16.301	9.232	18.424	1014.219
27	2018-01-28	12:31:25	1.491	1466.874	1.507	9.233	18.467	1014.184	127	2018-01-28	12:33:05	16.150	1467.061	16.329	9.234	18.420	1014.217
28	2018-01-28	12:31:26	1.324	1466.873	1.338	9.235	18.463	1014.180	128	2018-01-28	12:33:06	16.170	1467.060	16.349	9.233	18.420	1014.217
29	2018-01-28	12:31:27	1.487	1466.872	1.503	9.234	18.464	1014.181	129	2018-01-28	12:33:07	16.780	1467.071	16.961	9.233	18.423	1014.222
30	2018-01-28	12:31:28	1.546	1466.878	1.562	9.234	18.466	1014.184	130	2018-01-28	12:33:08	17.100	1467.068	17.284	9.232	18.419	1014.220
31	2018-01-28	12:31:29	1.674	1466.881	1.692	9.234	18.466	1014.185	131	2018-01-28	12:33:09	17.080	1467.065	17.271	9.232	18.418	1014.219
32	2018-01-28	12:31:30	2.775	1466.879	2.805	9.233	18.454	1014.180	132	2018-01-28	12:33:10	17.370	1467.069	17.564	9.231	18.420	1014.222
33	2018-01-28	12:31:31	2.850	1466.876	2.880	9.232	18.453	1014.180	133	2018-01-28	12:33:11	17.670	1467.077	17.867	9.231	18.421	1014.225
34	2018-01-28	12:31:32	2.823	1466.879	2.854	9.235	18.446	1014.174	134	2018-01-28	12:33:12	18.040	1467.083	18.241	9.231	18.422	1014.228
35	2018-01-28	12:31:33	2.744	1466.876	2.773	9.234	18.449	1014.176	135	2018-01-28	12:33:13	18.010	1467.084	18.206	9.232	18.420	1014.225
36	2018-01-28	12:31:34	2.806	1466.875	2.836	9.232	18.453	1014.180	136	2018-01-28	12:33:14	18.160	1467.086	18.363	9.234	18.414	1014.221
37	2018-01-28	12:31:35	2.752	1466.873	2.781	9.232	18.451	1014.178	137	2018-01-28	12:33:15	18.550	1467.077	18.759	9.231	18.409	1014.220
38	2018-01-28	12:31:36	2.835	1466.876	2.865	9.233	18.451	1014.178	138	2018-01-28	12:33:16	18.750	1467.044	18.960	9.224	18.401	1014.216
39	2018-01-28	12:31:37	3.066	1466.872	3.099	9.231	18.450	1014.179	139	2018-01-28	12:33:17	19.040	1467.032	19.254	9.216	18.414	1014.227
40	2018-01-28	12:31:38	3.123	1466.875	3.157	9.231	18.453	1014.181	140	2018-01-28	12:33:18	19.110	1467.043	19.316	9.215	18.426	1014.231
41	2018-01-28	12:31:39	3.122	1466.878	3.155	9.233	18.450	1014.179	141	2018-01-28	12:33:19	19.010	1467.042	19.271	9.216	18.422	1014.234
42	2018-01-28	12:31:40	3.266	1466.878	3.301	9.234	18.445	1014.175	142	2018-01-28	12:33:20	19.360	1467.046	19.573	9.216	18.422	1014.236
43	2018-01-28	12:31:41	3.454	1466.878	3.491	9.232	18.446	1014.177	143	2018-01-28	12:33:21	19.930	1467.048	20.150	9.213	18.425	1014.241
44	2018-01-28	12:31:42	3.442	1466.875	3.479	9.232	18.443	1014.175	144	2018-01-28	12:33:22	19.730	1467.046	19.947	9.214	18.422	1014.237
45	2018-01-28	12:31:43	3.399	1466.877	3.436	9.231	18.449	1014.179	145	2018-01-28	12:33:23	19.670	1467.046	19.888	9.213	18.424	1014.239
46	2018-01-28	12:31:44	3.581	1466.878	3.620	9.232	18.445	1014.177	146	2018-01-28	12:33:24	19.860	1467.048	20.083	9.214	18.422	1014.238
47	2018-01-28	12:31:45	3.612	1466.878	3.651	9.231	18.447	1014.179	147	2018-01-28	12:33:25	19.830	1467.045	20.052	9.213	18.421	1014.238
48	2018-01-28	12:31:46	3.746	1466.878	3.786	9.233	18.439	1014.173	148	2018-01-28	12:33:26	19.670	1467.048	19.891	9.214	18.425	1014.239
49	2018-01-28	12:31:47	3.727	1466.874	3.767	9.233	18.436	1014.170	149	2018-01-28	12:33:27	19.920	1467.056	20.140	9.216	18.420	1014.237
50	2018-01-28	12:31:48	3.860	1466.881	3.901	9.234	18.439	1014.173	150	2018-01-28	12:33:28	19.910	1467.087	20.126	9.218	18.441	1014.253
51	2018-01-28	12:31:49	4.060	1466.876	4.104	9.232	18.436	1014.173	151	2018-01-28	12:33:29	19.780	1467.092	20.002	9.224	18.426	1014.240
52	2018-01-28	12:31:50	4.091	1466.876	4.075	9.232	18.436	1014.173	152	2018-01-28	12:33:30	19.810	1467.087	20.029	9.225	18.421	1014.235
53	2018-01-28	12:31:51	4.124	1466.878	4.168	9.233	18.436	1014.173	153	2018-01-28	12:33:31	19.860	1467.073	20.078	9.224	18.412	1014.229
54	2018-01-28	12:31:52	4.357	1466.870	4.404	9.229	18.439	1014.176	154	2018-01-28	12:33:32	19.880	1467.069	20.099	9.222	18.415	1014.232
55	2018-01-28	12:31:53	4.343	1466.867	4.390	9.230	18.432	1014.171	155	2018-01-28	12:33:33	19.860	1467.051	20.081	9.219	18.410	1014.228
56	2018-01-28	12:31:54	4.552	1466.867	4.601	9.229	18.433	1014.173	156	2018-01-28	12:33:34	19.780	1467.051	20.002	9.216	18.418	1014.235
57	2018-01-28	12:31:55	4.611	1466.862	4.661	9.228	18.433	1014.173	157	2018-01-28	12:33:35	19.850	1467.050	20.069	9.217	18.416	1014.233
58	2018-01-28	12															

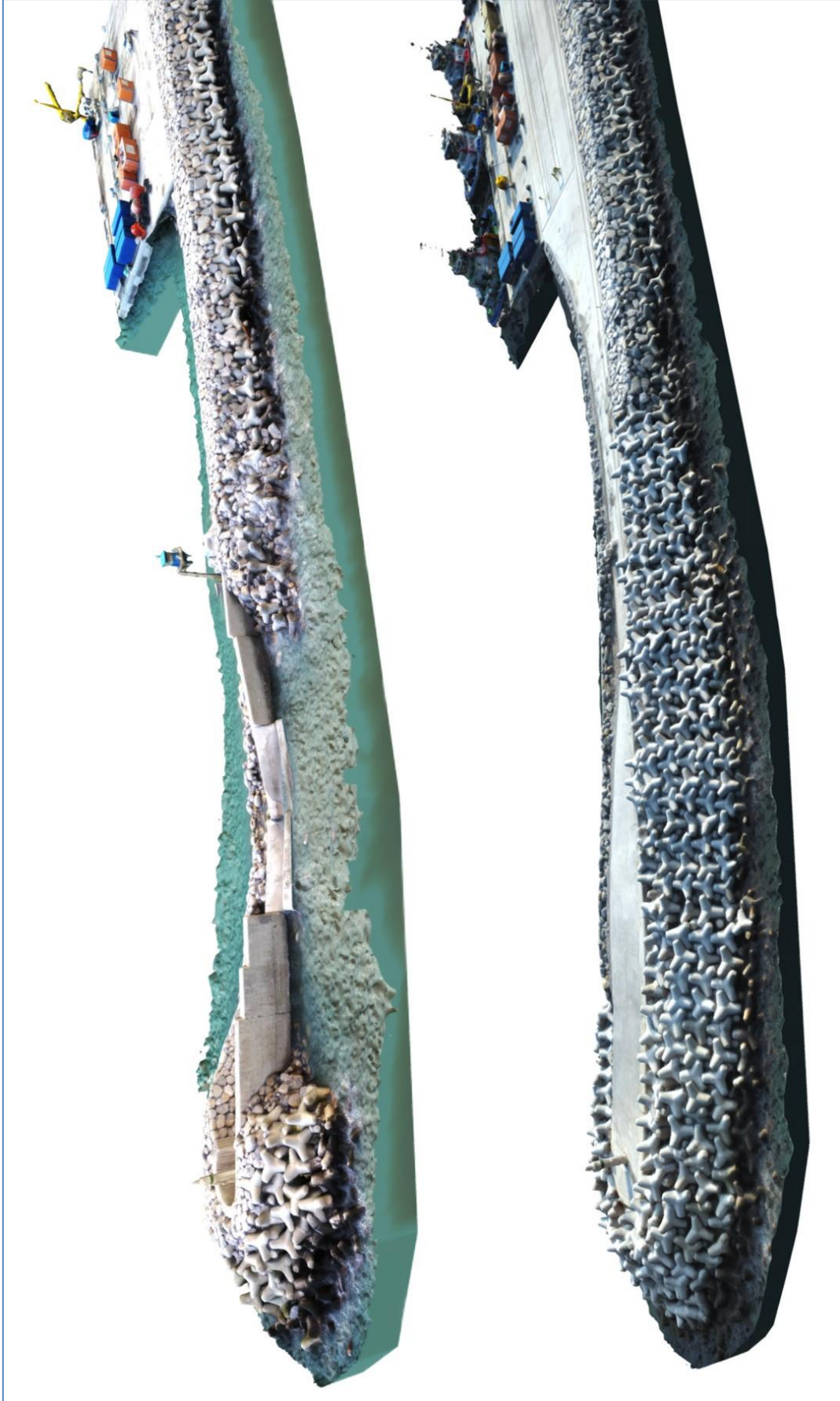
EK 6 :20-28 m Arası Ses Hızı Kolonu Parametre Çizelgesi

	Tarih	Saat	Derinlik	Ses Hızı	Basınç	Sıcaklık	Tuzluluk	Yoğunluk
			m	m/s	dBar	DegC	PSU	kg/m ³
201	2018-01-28	12:34:19	20.030	1467.074	20.250	9.220	18.423	1014.239
202	2018-01-28	12:34:20	20.190	1467.076	20.410	9.220	18.422	1014.239
203	2018-01-28	12:34:21	20.690	1467.086	20.914	9.220	18.422	1014.241
204	2018-01-28	12:34:22	21.130	1467.092	21.358	9.220	18.421	1014.242
205	2018-01-28	12:34:23	21.330	1467.095	21.566	9.222	18.417	1014.240
206	2018-01-28	12:34:24	21.370	1467.095	21.608	9.221	18.418	1014.241
207	2018-01-28	12:34:25	21.700	1467.100	21.941	9.221	18.419	1014.243
208	2018-01-28	12:34:26	22.320	1467.109	22.570	9.221	18.418	1014.246
209	2018-01-28	12:34:27	22.490	1467.112	22.739	9.220	18.419	1014.247
210	2018-01-28	12:34:28	22.700	1467.114	22.949	9.221	18.417	1014.247
211	2018-01-28	12:34:29	23.040	1467.114	23.296	9.219	18.417	1014.249
212	2018-01-28	12:34:30	23.130	1467.101	23.381	9.217	18.411	1014.245
213	2018-01-28	12:34:31	23.390	1467.106	23.652	9.215	18.418	1014.252
214	2018-01-28	12:34:32	23.890	1467.112	24.156	9.215	18.416	1014.252
215	2018-01-28	12:34:33	24.060	1467.112	24.326	9.216	18.412	1014.250
216	2018-01-28	12:34:34	24.210	1467.113	24.476	9.215	18.414	1014.252
217	2018-01-28	12:34:35	24.290	1467.116	24.560	9.215	18.415	1014.254
218	2018-01-28	12:34:36	24.660	1467.123	24.933	9.215	18.416	1014.256
219	2018-01-28	12:34:37	25.110	1467.141	25.383	9.216	18.421	1014.262
220	2018-01-28	12:34:38	25.350	1467.146	25.628	9.218	18.416	1014.258
221	2018-01-28	12:34:39	25.490	1467.152	25.769	9.218	18.419	1014.261
222	2018-01-28	12:34:40	25.550	1467.157	25.835	9.219	18.419	1014.262
223	2018-01-28	12:34:41	25.980	1467.167	26.268	9.220	18.419	1014.264
224	2018-01-28	12:34:42	26.520	1467.173	26.812	9.220	18.417	1014.265
225	2018-01-28	12:34:43	26.860	1467.169	27.149	9.220	18.408	1014.259
226	2018-01-28	12:34:44	27.020	1467.164	27.319	9.218	18.409	1014.261
227	2018-01-28	12:34:45	27.070	1467.166	27.367	9.216	18.414	1014.265
228	2018-01-28	12:34:46	27.300	1467.171	27.599	9.216	18.415	1014.267
229	2018-01-28	12:34:47	27.880	1467.180	28.189	9.218	18.410	1014.266
230	2018-01-28	12:34:48	28.110	1467.182	28.414	9.218	18.408	1014.266
231	2018-01-28	12:34:49	28.120	1467.182	28.431	9.219	18.404	1014.262
232	2018-01-28	12:34:50	28.130	1467.180	28.440	9.217	18.409	1014.266
233	2018-01-28	12:34:51	28.130	1467.178	28.443	9.219	18.402	1014.261

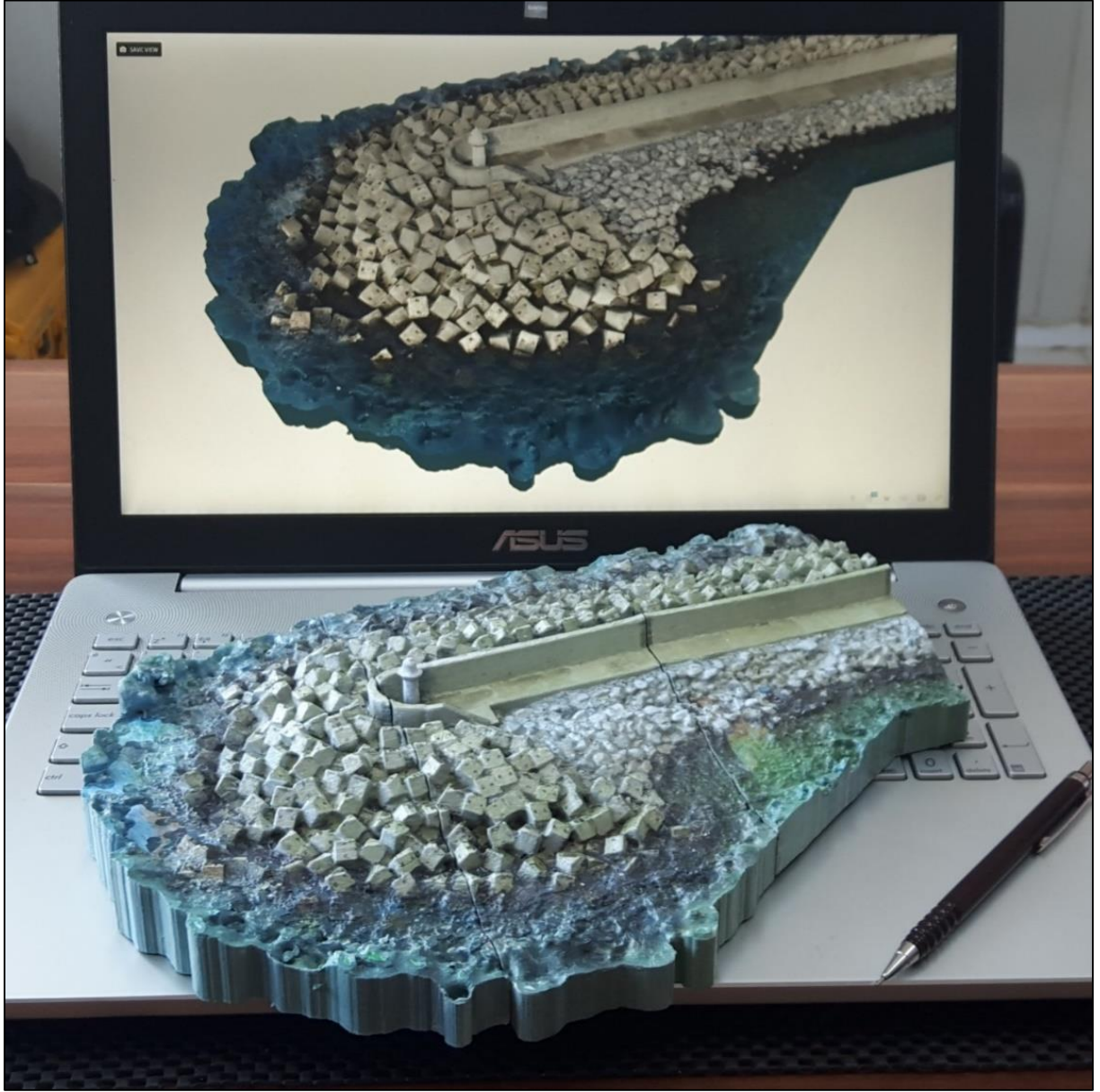
EK 7: Ana Mendirek Firtına Sonrası ve Onarım Sonrası 3D Modelleme



EK 8: Tali Mendirek Fırtına Sonrası ve Onarım Sonrası 3D Modelleme



EK-9: 3D Yazıcı ile Üretilen Mendirek Sayısal Yükseklik Modeli





ÖZGEÇMİŞ

Şevki ÜNAL 1984'de Zonguldak'ta doğdu. İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Zonguldak'da tamamladı. 2002-2008 yılları arasında Karaelmas Üniversite'nin Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimi aldı. 2008 yılında Bülent Ecevit Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Geomatik Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

ADRES BİLGİLERİ:

Adres: Meşrutiyet mah. No: 36 Merkez /ZONGULDAK

Tel: (537) 222 83 62

E-posta: info@unalharita.com