

Töö/Work Nr: M25063

Enimi:M25063_Sel

Koostatud: 25.11.2025

Tellija: Insenerehituse AS/ Tallinn Sadam AS

**Hydrographic survey
Hüdrograafiline mõõdistamine
Paldiski sadamas
Estonia / Eesti**

**Paldiski laht
Paldiski, Harjumaa**

OÜ Meremõõdukeskus juhatuse esimees

/ P. Ude /

Tallinn, 2025

Meremõõdukeskus OÜ
reg.nr. 10841338
Tel / Fax (+372) 5268653
E-mail: peeter.ude@gmail.com

Vana 49
Vändra
Eesti Vabariik
www.lenne.blue

Sisujuht

Sisujuht	- 2 -
Tehniline aruanne / Survey Statement	- 4 -
1. Üldine	- 4 -
2.Lähteandmed	- 4 -
2.1. Varasemad mõõdistustööd	- 4 -
2.2. Geodeetiline sidumine	- 4 -
4. Geodeetiline osa	- 4 -
4.1 Geodeetiline alusvõrk ja mõõdistamine	- 4 -
4.2 Andmetöötlus	- 4 -
4.3 Geodeetilised instrumendid.....	- 4 -
5. Hüdrograafiline mõõdistamine	- 4 -
6. Mõõdistus plaanid.....	- 5 -
7. Esialgne täpsushinnang	- 5 -
Mõõteseadmete paigutus /Survey equipment Offsets	- 6 -
Mõõdistuskomplekti kuuluvate seadmete vea hindamine/Testing	- 8 -
Mõõdistuskomplekti kuuluvate seadmete analüüs	- 10 -
Lõpuleht	- 12 -



Objekti asukoht / Site Location

Mõõditsusala/Survey_Area

X	Y
6576922	504446
6576425	503117
6576317	503184
6576604	504451
6576547	504614
6576612	504885
6577039	504994
6577122	504653

Tehniline aruanne / Survey Statement

1. Üldine

Site location / asukoht: **Paldiski lõuna sadam , Harjumaa, Paldiski laht**
Sine Name / nimetus: **Hydrographic survey according IHO standard S-44, special requirements. Süvendustööde järgne Hüdrograafiline mõõdistamine vastavat IHO standard S-44, eri nõuetele.**

Workers / tegijad: **Surveyor/Hüdrograaf: P.Ude**
Checked/Kontrollis: M.Sarapik

2.Lähteandmed

2.1. Varasemad mõõdistustööd

Aluseks olnud varasemad hüdrograafilised ja geodeetilised mõõdistustööd on teostatud perioodil 2020–2025. Nende andmete täpsus ja ajakohasus ei vasta enam käesoleva töö eesmärkidele ning neid käsitletakse käesoleva mõõdistuse kontekstis aegununa.

2.2. Geodeetiline sidumine

Mõõdistamisel kasutati Maa- ja Ruumiameti poolt rajatud EstPOS GNSS baasjaamade võrku (riiklik GNSS satelliitandmete keskus). EstPOS baasjaamade punktid on seotud riikliku geodeetilise põhivõrguga ning vastavad andmed ja metaandmed on kirjeldatud Maa- ja Ruumiameti Geodeesia ja Kartograafia osakonna andmekogude arhiivis.

4. Geodeetiline osa

4.1 Geodeetiline alusvõrk ja mõõdistamine.

Geoalus sadamalt.

4.2 Andmetöötlus

Plaani joonestamiseks kasutati AutoCAD-i ja PDS2000 tarkvara. Lamberti koonilise konformse projektsiooni ristkoordinaatidest arvutati geodeetilised koordinaadid WGS-84 projektsioonis programmiga TRANSDAT Ver 12.04 (Licensed for „Peeter Ude, Tallinn“, koostanud C.Killet Software Ing-GbR).

4.3 Geodeetilised instrumendid

Hüdrograafiliste mõõdistuste teostamisel kasutati seadet Trimble MPS865, L1/L2 ja Glonass.

5. Hüdrograafiline mõõdistamine

Hüdrograafiline mõõdistamine teostati mõõdistustööde käigus 22.11.2025 . Veetaseme kõrgus on mõõdetud GPS reaalkinemaatilisel meetodil. Mõõteandmete salvestamine, sisendandmete sünkroniseerimine ja ellipsoidilt - geoidile (EstGeoid 2007) transformeerimine toimub tarkvaras PDS2000.

Hüdrograafiliste mõõdistustööde teostamisel lähtuti Majandus- ja Kommunikatsiooniministri Majandus- ja taristuministri määrus nr 102/2022 (uuendatud Juuni 2025)., mis sätestab hüdrograafiliste mõõdistustööde tegemise korra. Hüdrograafiline mõõdistamine viidi läbi, võttes aluseks Rahvusvahelise Hüdrograafia Organisatsiooni (IHO), spetsiaalklassi normdokumendi (eriväljaanne nr 44 , 6.1 trükk, ERI klassi nõuded. Sellest on tehtud muudatusi 19. juuni 2025 otsusega, mis toob sisse täiendavad selgitused loa taotlemise ja kooskõlastamise protsessi kohta – eesmärk on arvestada julgeolekukaalutlustega (Kaitsevägi/Kaitsepolitseiamet kooskõlastavad kolmes tööpäevas)

Mõõdistustööde ajal määrati mõõtepaadi asukohta RTK-GPS-iga. Mõõtepaadi suunda määrati elektroonilise GPS-kompassiga Applanix PosMV ja sügavused mõõdeti Reson T-20P digitaalse mitmekiirelise sonariga (MBES).

Kõik seadmed olid salvestamise eesmärgil ühendatud sonariga. Mõõtepaadi juhtimiseks ja andmete salvestamiseks ja esitlemiseks kasutati PDS-2000 tarkvarapaketti.

Sonar võimaldab kuvada olemasolevaid AutoCAD-i (dxf-formaadis) digitaalseid kaarte. Mõõteliniid planeeriti AutoCAD-i programmis, lisades need joontena elektronkaardile.

Enne mõõtetööde alustamist määrati helilevimise kiirus. Kasutati Valeport MINI SVP sondi.

Andmed kopeeritakse koheheltselt sonarisse. Sonar vajab enne tööde alustamist korrektset helilevimise kiiruse profiili. Sonari suunadiagrammi korrigeerimiseks on sonariga ühendatud Resoni toodetud On-line SVP sond. Mõõteandmed salvestatakse aegtähistega märgistatult. Mõõtetulemuste puhastamine ja vajalike korrektsete parandite lisamine, toimub seadmes salvestamisega paralleelselt.

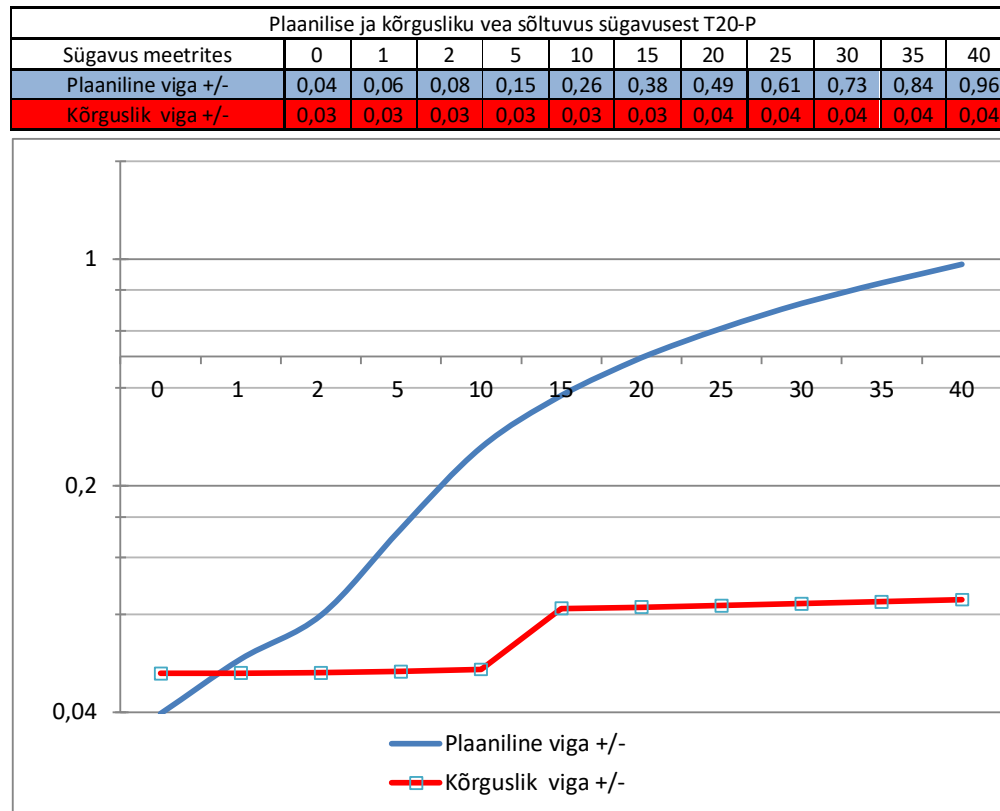
Objektiivsema info hankimiseks merepõhja iseloomu kohta ja mõõdistamisel leitud veealuste objektide (kivid, vrakid) kuju ja asukoha täpsemaks määramiseks kasutatakse vajadusel koordineeritud külgvaate sonarit. Külgvaate sonari töösagedus on 400 kHz ja lahutusvõime 4 cm.

6. Mõõdistus plaanid

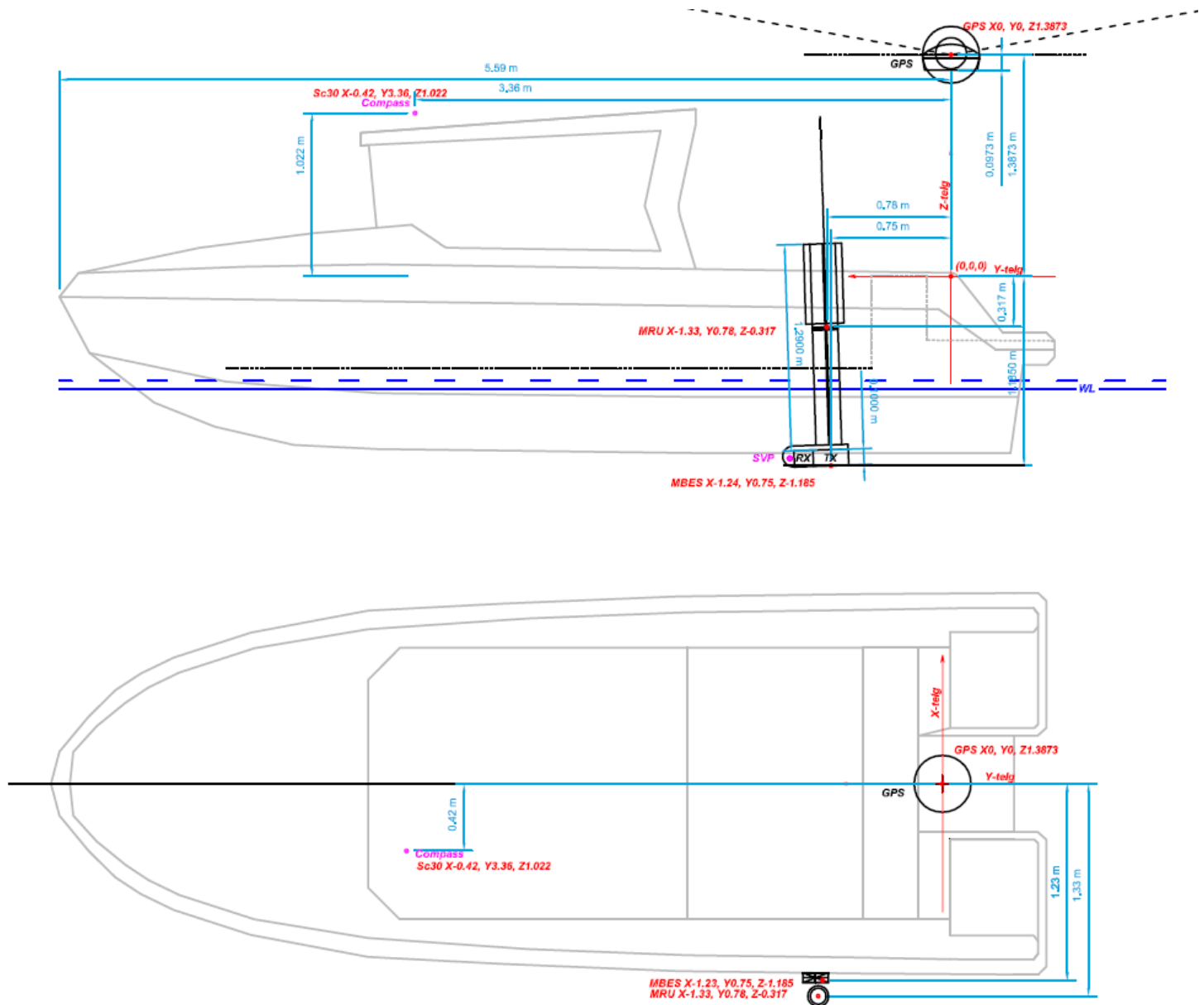
Mõõdistus-plaanid lisadena.

7. Esialgne täpsushinnang

- a) mõõtepunktide asukoha täpsus $\pm 0,20$ m, 97% tõenäosusega
- b) sügavusmäärangu täpsus $\pm 0,1$ m, 97% tõenäosusega



Mõõteseadmete paigutus /Survey equipment Offsets



Positsioneerimine / Positioning - RTK-GPS Trimble MPS865,

Antenna – Trimble ZEPHYR Model2 ,Rugged Antenna, S/N:2813J3271Z

asukohamääramise täpsus/positioning accuracy diff meetodil: $\pm 0,5$ m (plaaniline)

asukohamääramise täpsus/positioning accuracy RTK meetodil: $\pm 0,01$ m (plaaniline/Hor)

$\pm 0,02$ m (kõrguslik/Vert)

Väljundsignaal/Output signal: NMEA 0183 versioon 2.0 & PPS-Pulse

GGA – 20 Hz -115200

VTG – 20 Hz

ZDA – 1Hz

Paigaldus/Installation point - **GPS X 0, Y 0, Z 1.3873** Antenna Phase Center

Time Dealy = 0.00 sec

NOTE - The position output by the receiver is the Antenna Phase Center position.

NOTE – Seade väljastab NMEA signaali korral, Antenni faasi tsentri positsiooni.

VRS - GSM/GPRS Network: VRSNOW.EE



Suund/Heading – Applanix , PosMV Compass

Suuna määramise hälve / Attitude (Heading/Pitch/Roll) 0.5° RMS

HDT – 10Hz

Paigaldus/Installation point - Sc30 X-0.42, Y3.36, Z1.022 Antenna Mount Center

Time Dealy = 0.055 sec

Heading Correction = -2.4 degrees

Väljundsignaal/Output signal: NMEA 0183 versioon 2.0

HDT – 25Hz – 19200

VTG – 25Hz – 19200

VRU – Inertial measurement unit

Lengerduse/kõikumise kompenseerimine: Applanix , PosMV

Paigaldus/Installation point - MRU X-1.33, Y0.78, Z-0.317 Bottom Center of IMU - sensor unit

Time Dealy = 0.0105 sec

Heading Correction = -2.2 degrees

Leveling Result: Roll correction = -0.4 Port Up +

Leveling Result: Pitch correction = -1.21 Bow Up +

Angular rate noise1 roll, pitch, yaw (typical 0.020°/s RMS): 0.02°/s RMS

Static accuracy roll, pitch: 0.02° RMS

Dynamic2 accuracy roll, pitch (for a ± 5° amplitude): 0.02° RMS

Väljundsignaal/Output signal: NMEA 0183 versioon 2.0

TSS1 – 100 Hz -115200

Sisendsignaal/Input signal: NMEA 0183 versioon 2.0

HDT – 25Hz – 19200

VTG – 25Hz – 19200

Sonari suundade sünteesi korrektuur: Online - SVP 71, Reson

Paigaldus/Installation point - MRU X-1.33, Y1.02, Z-0.28 in front of the RX - Receiver Unit.

Piirkond: 1350 -1800 m/s

Resolution: 0.01 m/s

Accuracy: (0-50 m) ± 0.15 m/s

Väljundsignaal/Output signal: Reson SVP70 format – 5 Hz – 9600

Vee helileviku kiiruse profilaator: MiniSVP, Valeport, S/N 68388

Piirkond: 1375 -1900 m/s

Resolution: 0.001 m/s

Accuracy: (0-200m) ± 0.02 m/s

MBES - Multibeam mõõtesonar koos protsessoriga, S/N: 84144613041

Tootja: RESON

Tüüp: T - 20P+ PDS2000 (tarkvara/software)

Sünteesitud suundasid/kanaleid: 512 -Channels

Sondeerimise sagedus/ping rate : kuni/up to 40 Hz

Töösagedus/working Frequency: 180-410 kHz

Töö laius/sector: 140 degrees/kraadi, kuni/up to 165 degrees/kraadi.

Paigaldus/Installation point - MBES X-1.24, Y0.75, Z-1.185 Center bottom of transmitter unit.

Patch test result: Time Dealy = 0.00 sec. PPS-Pulse sync

Patch test result: Heading Correction = 0.27 degrees

Patch test result: Roll correction = 0.76 Port Up +

Patch test result: Pitch correction = -1.1 Bow Up +

TXOffset Relative RX X=0.0, Y=-0.193, Z=0.0466

Mõõdistuspaat/Survey Vessel „LENNE“, VLD – 868 „Buster XXL AWC

Pikkus/Lenght:	6,25 m
Laius/Width:	2,1 m
Süvis/draught :	0,40 (0,8) m
Poordikõrgus/freeboard:	0,70 m
Mootor /Engine:	150 Hp (YAMAHA 150 EL)
Abimasin/Generator :	Honda (230V, 500W /2200W)
Kere tüüp/Hull type:	V-Hull, 21 kraadi
Autonoomsus:	24 h (kaardistamisel ca 6 sõlme)

Kaater on 2008 aasta kevadel kohandatud hüdrograafiliste mõõdistuste välitöö teostamiseks sadamates, merelahtedel, faarvaatritel ja kinnistel veekogudel.

Mõõdistuskomplekti kuuluvate seadmete vea hindamine/Testing

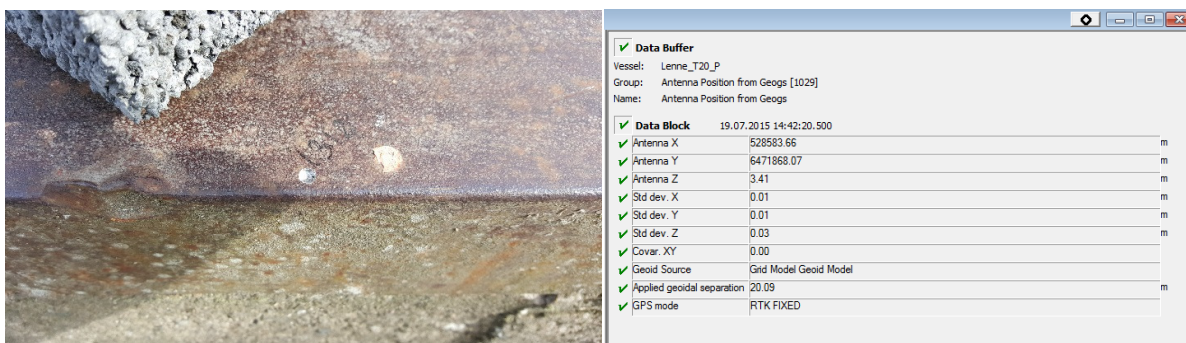
a) Positsioneerimine / Positioning

Positsioneerimise süsteemi testimiseks määrasime korduvate mõõdistuste teel, kai servale „P1“ punkti. Testimise eesmärk on kontrollida Paadil paikneva GPS-i mõõtetulemust.

For testing the PDS2000 navisystem and GPS accuracy, we used point “P1 on the pier edge
Testing shows us complete Software and Setup error.

The Height result on screen is sum of (0,0973 –phase center and staff lenght 2m)

„P1“ X=6471868.034,Y=528583.630, Z= 1.312, measured/mõõdetud, Trimble-R6 RTK-GPS. – VRS,
www.vrsnow.ee



Known point on PDS2000 screen

Määratud punkt PDS2000 ekraanil

„P1“ X=6471868.07, Y=528583.66, Z= (3.41- (0.0973+2.000)) = 1,3127 ; 0,0973 –phase center, staff lenght 2m

Differece/Erinevus : X=0.03 m ; Y = 0.03 m ; Z= 0.00 m

b) Suund/Heading

Suuna määramise kontrolliks kasutati meremärke, mille koordinaadid ja sihi liinid on täpselt määratud. Seejärel võrdlesime elektronkaardil, paadi telje ja kaardil oleva objekti kattumist. Korrektsiooni täpsus, teostatud enam kui 1km pikkusel baasjoonel. Kompassi suuna määramise parandit täpsus 0,1 kraadi.

For Testing Heading we used Wateray sight marks. Taking the boat direction on land based mark. (accurate coordinates known) and following the waterway, at same time, contiously checking the direction from navi system.

c) *IMU Inertial measurement unit (VRU) Virtual Reference Unit*

Referents tasapinna loodimiseks, paigaldasime paadi kindlale alusele.

Peale paadi loodi seadmist, seadistasime SMC- parandeid, kuni PDS 2000 tarkvaras oli tulemuseks Roll = 0.0 ja Pitch = 0.0 .



PATCH TEST -

- I) **Latency/Ajastuse Test:** Kolm katset, Andmed kogutud samal mõõteliniil sõites, sama kursiga. Sobilik merepõhi on varieeruva sügavusega ja mõningate kontuursete, kõrgemate objektidega. Mõõtepaadi kiirus: esimesel katsel 3 sõlme, teisel katsel 7 sõlme ja kolmandal katsel 14 sõlme.

Latency/Timing Test: Three passes, collected on the same line and in the same direction, at significantly different speeds, over a sloped bottom and objects. The speeds varied more than 50% from one another (e.g. first pass at 3 knots, second pass at 7 knots and third 14 knots)

- II) **Roll Test/Kreen:**
Kaks katset, Sõites ühtlase kiirusega mõõteliniil, vastassuunalistel kurssidel. Sobilik merepõhi on varieeruva sügavusega ja mõningate kontuursete kõrgemate objektidega. Kolmas mõõteliniil on risti eelnevatega ja aitab kontrollida Online- SVP (vee helileviku kiiruse) ja kasutatud SVP-profiili hälbeid.

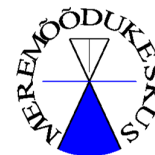
Roll Test: Two passes, collected on the same line in opposite directions, at the same speed (at normal survey speed 6 knots), over a flat bottom with couple objects. One line, crossing perpendicular the first two lines. The crossing line helps to see the Possible Online -SVP and used SVP-Profile error.

- III) **Pitch Test/Different:** Kaks katset, Sõites ühtlase kiirusega mõõteliniil vastassuunalistel kurssidel. Sobilik merepõhi on ühtlase kaldega, (Näiteks süvendatud laevatee kallaku osa, või mõni looduslik astangu serv).

Pitch Test: Two passes, collected on the same line in opposite directions, at the same speed, over a sloped bottom.

- IV) **Yaw Test/Suund:** kaks katset, andmed kogutud samasuunalistel, paralleelsetel mõõteliniil sõites. Sobilik merepõhi on varieeruva sügavusega ja mõningate kontuursete, kõrgemate objektidega.

Yaw Test: Two passes, collected in the same direction, along parallel lines spaced by the depth of water, at the same speed (typically your normal survey speed), over a sloped bottom.



Analüüs/Analyse

Mõõdistuskomplekti hindamiseks on sooritatud korduvaid mõõtmisi erinevates eelnevalt mõõdistatud sadamates ja laevateedel, kus võrreldi teadaolevate objektide koordinaate ja sügavusi. Peamiseks katsetuste sooritamise kohaks sai Miiduranna sadam ja selle läheduses paiknev Kuulimuna ümbrus. Kuulimuna läheduses paiknevad mitmed erineva suurusega erinevad objektid, mis sobivad ideaalselt sonari katsetamiseks.

Kogu sonarisüsteemi keerukus ei võimalda analüüsida üksikute seadmete hälbeid. Küll aga saame hinnata tervikliku süsteemi poolt väljastatud mõõtepunktide tulemusi.

Sügavus punkti asukohamäärangu vigade analüüs erinevatel objektidel:

Asukoha hälve kuni $\pm 0,10$ m ca 5 % mõõtmistest, keskmised kanalid.

Asukoha hälve kuni $\pm 0,15$ m ca 5 % mõõtmistest, külgmised kanalid.

Asukoha hälve kuni $\pm 0,35$ m ca 1 % mõõtmistest, külgmised kanalid.

Asukoha hälvet, enam kuni ± 1 m. Ei tuvastatud.

Sügavusmäärangu vea hindamiseks võrdlesime kattuvaid mõõtepunkte 15 meetri sügavusel, tasasel merepõhjal.

Välimised kanalid, viga kuni $\pm 0,15$ m ca 5 % mõõtmistulemustest.

Sisemised kanalid ristuvälimise mõõtelinil, viga kuni $\pm 0,10$ m ca 5 % mõõtmistulemustest.

Hindamisel saadud tulemite analüüsil selgunud mõõtekompleksi täpsus

Sügavuspunkti asukoha täpsus $\pm 0,50$ m

Sügavuse määrangu täpsus $\pm 0,15$ m

Mõõdistuskomplekti kuuluvate seadmete analüüs

Seadmete täpsus -T20P-Reson 2015					Mõju sügavuspunktile 15 m sügavusel		
		max	factory/math	95%-tõenäosus			
GPS	Plaaniline (X,Y)	$\pm 0,10$	$\pm 0,01$	$\pm 0,02$	Plaaniline		0,010
	Kõrguslik/Z	$\pm 0,20$	$\pm 0,02$	$\pm 0,04$	Kõrguslik/Z		0,020
Compass, Furuno SC-30	suuna viga	$\pm 2,0^\circ$	$\pm 0,5^\circ$	$\pm 1,00^\circ$	Plaaniline	$\pm$	0,027
MRU			$\pm 0,02^\circ$	$\pm 0,02^\circ$	Plaaniline	$\pm$	0,005
		$\pm 0,05^\circ$	$\pm 0,02^\circ$	$\pm 0,02^\circ$	Kõrguslik	$\pm$	0,001
Sonar	Kõrguslik	$\pm 0,003$	$\pm 0,003$	$\pm 0,006$	Kõrguslik	$\pm$	0,003
Sonar (kiirgus koonus) kesk kanal	Plaaniline (poordi suunal)	$\pm 1,10^\circ$	$\pm 1,1^\circ$	$\pm 1,1^\circ$	Plaaniline	$\pm$	
	Plaaniline (liikumise suunal)	$\pm 1,10^\circ$	$\pm 1,10^\circ$	$\pm 1,10^\circ$	Plaaniline	$\pm$	0,145

Seadmete paigalduse (Offsettide) määrangute täpsus							
GPS	Plaaniline (X,Y)		$\pm 0,005$		Plaaniline (X,Y)	$\pm$	0,0050
	Kõrguslik/Z		$\pm 0,005$		Kõrguslik/Z	$\pm$	0,0050
SC-30 kompass	Plaaniline sonari positsiooni				Plaaniline	$\pm$	0,0055
	välimine mõõtepunkt		$\pm 0,25^\circ$		Plaaniline	$\pm$	0,0670
MRU					Plaaniline	$\pm$	0,0655
			$\pm 0,25^\circ$		Kõrguslik	$\pm$	0,0055
Sonari (anduri) paigaldus	Plaaniline		$\pm 0,0025$		Plaaniline	$\pm$	0,0025
	Kõrguslik		$\pm 0,0025$		Kõrguslik	$\pm$	0,0025
Sonari (andurid)	Suuna viga, paigaldus		$\pm 0,25^\circ$		Plaaniline /s	$\pm$	0,0524
	Elemendi suuna viga		$\pm 0,5^\circ$		Plaaniline /s	$\pm$	0,1309

Kõikumisest tulenevad vead, Sonar						
Paadi kreen $\pm 2,0^\circ$; 98% ajast väiksem, kompenseerib MRU	Y-Suuna viga, kõikumine		$\pm 0,02^\circ$		Plaaniline /s	$\pm 0,005$
	H-Suuna viga, asukoht	$\pm 0,02$	$\pm 0,02^\circ$		Kõrguslik	$\pm 0,001$
Kõikumisest tulenevad vead, GPS						
Paadi kreen $\pm 1,5^\circ$; 98% ajast väiksem, kompenseerib MRU	Y-Suuna viga, kõikumine		$\pm 0,02^\circ$		Plaaniline /s	$\pm 0,001$
	H-Suuna viga, asukoht	$\pm 0,02^\circ$			Kõrguslik	$\pm 0,000$
Vee helilevimise kiiruse määramine; SVP $\pm 0,001$ m/s						
Sonar	Kõrguslik		$\pm 0,5$ m/s		Kõrguslik	$\pm 0,0096$
sonari sektori laius 104,0 kraadi	Plaaniline				Plaaniline	$\pm 0,0096$
Tareerimine, protseduuriline tä	Kõrguslik		$\pm 0,01$		Kõrguslik	$\pm 0,01$
				KOKKU	Kõrguslik	$\pm 0,020$

Kokkuvõte				
Juhuslikud vead	Plaaniline	$\pm 0,006$		
	Kõrguslik	$\pm 0,001$		
Seadmete mõõtevad	Plaaniline	$\pm 0,187$		
	Kõrguslik	$\pm 0,024$		
Protseduuriline	Plaaniline	$\pm 0,0096$		
	Kõrguslik	$\pm 0,020$		
Pagaldus	Plaaniline	$\pm 0,329$		
	Kõrguslik	$\pm 0,013$		
KOKKU	Maksimaalne plaaniline viga	$\pm 0,532$	15	meetrise sügavuse korral
	Maksimaalne kõrguslik	$\pm 0,057$	15	meetrise sügavuse korral
	Ruutkeskmised vead			
	Plaaniline	$\pm 0,378$	15	meetrise sügavuse korral
	Kõrguslik	$\pm 0,033$	15	meetrise sügavuse korral

Taustsüsteemi vead				
Veemõõdulati kontroll		max	95%	tulemi viga
VM - Tehnilise nivelleerimise tulemus	Kõrguslik	$\pm 0,05$		$\pm 0,02$
Lähtereeperite täpsus	Kõrguslik	$\pm 0,03$		$\pm 0,01$
RTK-GPS H - kontrollimise täpsus	Kõrguslik		$\pm 0,02$	$\pm 0,02$
Veetaseme lugemine	Kõrguslik			$\pm 0,02$
Maaameti Geofond (Põhi-võrk)	Plaaniline	$\pm 0,05$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$
	Kõrguslik	$\pm 0,05$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$
Lähtereeperite viga	Kõrguslik	$\pm 0,03$		$\pm 0,01$
GPS (Referentsjaama paigalduse viga)	Plaaniline	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$
Korduvate mõõtmiste tulemus	Kõrguslik	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$
Geoidi - ellipsoidi mudeli viga	Kõrguslik	$\pm 0,05$		$\pm 0,02$

GeoSoft OÜ tugijaamade võrk				
GPS (Referents jaamad)	Horisontaalne	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$
Korduvate mõõtmiste tulemus	Kõrguslik	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$
Geoidi - ellipsoidi mudeli viga	Kõrguslik	$\pm 0,05$		$\pm 0,02$
	Maksimaalne plaaniline viga	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$
	Maksimaalne kõrguslik	$\pm 0,10$	$\pm 0,01$	$\pm 0,03$

Lõpuleht

Käesolevas tehnilises aruandes on 12 (kaksteist) järjestikku nummerdatud lehte.

25.11.2025.a.

Täitja: /P. Ude/