
Antopäivä:	Voimaantulo- päivä:	Voimassa:
20.4.2021	22.4.2021	toistaiseksi

Lainsäädäntö, johon ohje perustuu:

Laki Liikenne- ja viestintävirastosta (935/2018), 2 §

Muutostiedot:

Ohje yleisten kulkuväylien turvallisuuden varmistamiseksi tehtäville merenmittauksille.

Esipuhe

Tämä on Liikenne- ja viestintäviraston, Traficomin ohje yleisten kulkuväylien turvallisuuden varmistamiseksi tehtäville merenmittauksille.

Traficom in julkaisemilla merikartoilla esitettävien yleisten kulkuväylien tietojen on perustuttava tämän ohjeen mukaisesti tehtyjen merenmittausten tuloksiin. Suomessa tutkimukset väylän turvallisuuden varmistamiseksi tulee perustua monikeilainmittauksiin ja väylien vesisyvyydeltä kriittisillä alueilla tankoharausmittauksiin.

Ohje pohjautuu Traficom in Merenmittauspalvelut tiimissä laadittuun merenmittausten teknisiin vaatimuksiin, jossa on kuvattu tekniset vaatimukset kansalliselle merikartoitusviranomaiselle tehtäville merenmittauksille. Tekniset vaatimukset on laadittu huomioiden voimassa oleva IHO:n S-44 merenmittausstandardi sekä siihen pohjautuvan Suomen kansallinen sovellus FIS44/2021 vaatimukset. Teknisiä vaatimuksia kehitetään säännöllisesti.

Ohje on laadittu virkatyönä Liikenne- ja viestintävirastossa.

Ohjeen käyttöönotto on hyväksytty erillisellä allekirjoituslomakkeella.

Muutoshistoria

Versio	Päiväys	Käsittelijä	Muutos
0.2	21.10.2020	Kim Lampinen	Toiminnanohjauksen kommenteille
0.3	2.11.2020	Kim Lampinen	Huomioitu oikoluku
0.4	28.1.2021	Kim Lampinen	Stilisointia ja liitteiden lisääminen
1.0	20.4.2021	Kim Lampinen Seppo Mäkinen	Julkaistava versio

Lyhenteet ja termit

EUREF-FIN	Suomalainen realisaatio yleiseurooppalaisesta koordinaattijärjestelmästä ERTS89.
FIS44/2021	Kansallinen sovellus S-44 ed6:n mittausluokista.
GNSS	Maailmanlaajuinen satelliittipaikannusjärjestelmä, global navigation satellite system.
IHO S-44	IHO Standards for Hydrographic Surveys 6 th Edition, September 2020.
ITRF2014	Kansainvälisen terrestrisen vertausjärjestelmän (ITRS) realisaatio, julkaistu 1/2016. Vastaa parhaiten WGS84 –datumia.
JHS	Julkisen hallinnon suositukset.
Merenmittaus	Mittaustoiminta, joka tuottaa aineistoja tai tietoa vesialueiden syvyysuhteista, pohjanmuotoista ja navigointiin soveltuvista reiteistä sekä alueista. Merenmittausmenetelmiä mm. monikeilaus ja tankoharaus.
Monikeilaus	Suomennos sanasta Multibeam echosounding (MBES). Kaikuluotautamenetelmä, joka tuottaa pohjasta ”täydellisen” kuvan.
N2000	Suomessa JHS-suosituksen mukaan käytettävä korkeusjärjestelmä.
PPK	Jälkilaskentaan perustuva paikannusmenetelmä, jossa paikannuksen korjaukseen käytetään kiinteän GNSS-tukiaseman havaintodataa. (Post Processing Kinematic)
PPS	GPS –vastaanottimen tuottama synkronontisignaali (Pulse per second).
Tankoharaus	Mekaaninen mittausmenetelmä, jossa pohjatankoa kuljetetaan määrityssä syvyydessä.
Tilaaja	Tässä ohjeessa väylänpitäjä.
Toimittaja	Tässä dokumentissa merenmittauspalvelua tuottava toimija.
RINEX	Paikannuksen havaintodatan tiedonsiirtoformaatti, Receiver Independent Exchange Format.
RTK	Reaaliaikainen kinemaattinen paikannusmenetelmä, jossa paikannuspalvelun tukiasema lähettää paikannuksen korjaustietoa.
Yleinen kulkuväylä	Julkinen kulkuväylä tai yleinen paikallisväylä

Sisällys

Esipuhe	1
1 Ohjeen tarkoitus.....	7
2 Kansainväliset ja kansalliset normit ja ohjeet	7
3 Merenmittaushankkeen laatuvaatimukset ja mittausjärjestelmän soveltuvuuden todentaminen.....	9
4 Merenmittaushankkeen laadunhallinta.....	9
5 Koordinaattijärjestelmä, vertaustaso, muunnokset, aika.....	11
5.1 Koordinaattijärjestelmä	11
5.2 Syvyys- ja korkeusvertausjärjestelmä sekä niihin liittyvä geoidimalli.....	11
5.2.1 Vedenkorkeustiedot ja projektikohtaisen vedenkorkeusasteikon perustaminen	12
5.2.2 Vedenkorkeustietojen toimittajat	12
5.2.3 Vedenkorkeusasteikon asentaminen	12
5.2.4 Vedenkorkeushavaintojen laadun varmistaminen ja virheellisten havaintojen suodatus vedenkorkeustiedoista	13
5.2.5 Olemassa olevan ”työmaa-asteikon” käyttö	14
5.3 Koordinaattimuunnokset.....	15
5.4 Aika	15
6 Mittaustyön yleiskuvaus	16
7 Monikeilainmittaukset	18
7.1 Syvyystarkkuus.....	18
7.2 Kohteiden havaitseminen.....	19
7.3 Mittausalueiden suunnittelu.....	20
7.3.1 Mittauslinjojen suunnittelu.....	20
7.3.2 Täydentävät mittauslinjat.....	21
7.3.3 Poikittaislinjojen mittaus.....	21
7.4 Olosuhteista aiheutuvat poikkeamat mittaus toimintaan	21
7.5 Backscatter.....	22
7.6 Mittausaineistojen jälkikäsitteily	23
7.7 Luovutettavan lopputuloksen laadunvarmistus.....	23
7.8 Syvyysmittausten pistetiheys	25
7.9 Paikannus ja mittausjärjestelmän sisäinen koordinaatisto	25
7.9.1 Mittausjärjestelmän sisäinen koordinaatisto ja sensorien asento.....	25
7.9.2 Ensisijainen paikannusjärjestelmä	26

7.9.3	Toissijainen paikannusjärjestelmä	26
7.9.4	Paikannuksien laadunvarmistus	26
7.9.5	Paikannuksen laadunvarmistus käyttäen havaittuja kohteita	28
7.9.6	GNSS paikannuksen raja-arvot	28
7.9.7	Mittausjärjestelmän ajan synkronointi	28
7.9.8	Paikannus jälkilaskentana	28
7.10	Äänennopeus	29
7.10.1	Äänennopeusprofiilien havaintopaikat	29
7.10.2	Äänennopeushavaintojen prosessointi	29
7.10.3	Äänennopeushavainnot ja metatiedot	30
7.11	Korkeus, dynaaminen painuma ja syväys.....	30
7.11.1	Painuma	30
7.11.2	GNSS korkeudet	30
7.11.3	Syväys ja dynaaminen painuma	31
7.12	Monikeilainjärjestelmän kalibroinnit ja tarkistukset	32
7.12.1	Mittausjärjestelmän kokonaiskalibrointi	32
7.12.2	Paikannuksen dynaaminen testaus referenssikohteella	32
7.12.3	Staatinninen ja sisäinen paikannuksen testaus	33
7.12.4	Testialue	33
7.13	Lopputuloksena luovutettavat mittausaineisto	34
8	Tankoharausohje	36
8.1	Vesisyvyyden varmistaminen tankoharaamalla	36
8.2	Tankoharan ominaisuuksien ja mittausepävarmuuksien määrittäminen	37
8.2.1	Tankoharan rakenteen ja ominaisuuksien määrittäminen	37
8.2.2	Paikannuksen mittausepävarmuus	40
8.2.3	Mittausolosuhteiden vaikutuksen huomioiminen	40
8.2.4	Vedenkorkeushavaintojen mittausepävarmuus	42
8.2.5	Tankoharauksen syvyystoleranssi	42
8.3	Paikannuksen testaus ja laadunvarmistus tankoharauksessa	42
8.3.1	Paikannuksen testaus	42
8.3.2	Paikannuksien laadunvarmistus	43
8.4	Harattavan alueen määrittäminen	43
8.5	Haraustyön suorittaminen.....	44
8.6	Haraustulosten esittäminen.....	45
8.7	Tankoharausten laaduntarkastus	45

9	Laaduntarkastus merenmittausaineistoille	46
9.1	Uusien aineistojen vastaanottotarkastus	46
9.1.1	Toimituksen sisällön tarkastus	46
9.1.2	Pohjan peittävätutkimus ja pistetiheys	46
9.1.3	Systemaattiset virheet ja satunnaiset poikkeamat	47
9.1.4	Syvyyspisteaineiston poikittaislinjojen vertailu	47
9.1.5	Syvyyspisteaineiston erotuspinta-analyysi	47
9.1.6	Aineiston käsittely	48
10	Väyläalueen varmistetun vesisyvyyden todentaminen	49
10.1	Vesisyvyyden varmistaminen monikeilainmittausten perusteella	49
10.1.1	Syvyystoleranssi monikeilainaineistoille	51
10.1.2	Paikannustoleranssi monikeilainaineistoille	51
10.2	Vesisyvyyden varmistaminen tankoharausten perusteella	51
10.2.1	Syvyystoleranssi tankoharaukselle	52
10.2.2	Paikannustoleranssi tankoharaukselle	52
10.3	Mittausten ajantasaisuuden vaikutus vesisyvyyden varmistamiseen	52
11	LIITTEET	53

1 Ohjeen tarkoitus

Ohjeen tarkoituksena on kuvata väylänpitäjille toimenpiteet, jotka huomioon otta-
malla voidaan jälkikäteen varmistua, että väylän varmistettu vesisyvyys perustuu
luotettavaan merenmittauksiin. Tällä varmistetaan turvallinen navigointi.

Väylänpitäjän on merenmittaustietoja hankkiessaan määritettävä tuotettavalle mit-
taustiedolle laadulliset vaatimukset, jotka perustuvat käytössä olevaan merenmit-
tauksen standardiin. Tämän ohjeen laadulliset vaatimukset perustuvat voimassa
olevaan IHO:n merenmittausstandardiin S-44 ja sen kansalliseen sovellukseen
FIS44/2021. Kansallisesti standardin valinta on tarkoituksenmukaista, koska meri-
karttaa käytetään väylätietojen välittämiseen merenkulkijoille. Suomi on sitoutunut
merikartoitustoiminnassa soveltamaan IHO:n standardeja.

Standardissa ilmoitetut tarkkuusluvut eri mittaussuokille ovat minimivaatimus käy-
tettävälle mittaussuokijärjestelmälle. Tärkeä osa standardia on mittaussuokijärjestelmän so-
veltuvuuden arviointi, laadunvarmistuksen toteutus mittauksen aikana ja mittaussu-
osten käsittely. Mittausaineistojen vaatimusten mukaisuutta ei voida arvioida pel-
kästään mittaussuokijärjestelmän johdettujen tilastollisten analyysien perusteella, vaan
osa arviosta perustuu mittaussuokijärjestelmän testauksiin ja työvaiheiden laadunvar-
mistuksen raportointiin.

Väyliin vesisyvyyden varmistamisen käytettävien merenmittauksen laatuvaatimus-
ten mukaisuus sekä ajantasaisuus ovat merenkulun turvallisuuden varmistamisessa
keskeisiä tekijöitä. Vesisyvyyden varmistamisen periaatteet tässä ohjeessa perustu-
vat aikaisempiin käytäntöihin ja täsmentää syvyyssuokijärjestelmän määrittämistä moni-
keilainaineistoille.

Ohjeen mukaisesti toteutetut merenmittaukset täyttävät S-44:n vaatimukset sekä
FIS44/2021 mittaussuokijärjestelmän tarkkuusvaatimukset väylämittauksille, jolloin niitä
voidaan hyödyntää myös merikarttatietojen ajantasaistamisessa. Ajantasaisten
väylille tehtyjen merenmittauksen esittäminen merikartalla palvelee tällöin myös
merenkulkijaa, asiakasta.

2 Kansainväliset ja kansalliset normit ja ohjeet

IHO S-44

International Hydrographic Organization (IHO), IHO Standards for Hydrographic
Surveys 6th Edition, September 2020 Special Publication No. 44, (IHO S-44)

IHO:n S-44 merenmittausstandardi on osa suurempaa IHO:n standardien joukkoa,
jonka tavoitteena on edistää turvallista merenkulkua. Ensimmäinen S-44 ed 1 jul-
kaistiin vuonna 1968 ja S-44 ed 6 on julkaistu syyskuussa 2020. S-44:ää on kehi-
tetty säännöllisesti merenkulun turvallisuuden vaatimusten kasvamisen sekä mit-
tausteknologian voimakkaan kehittymisen johdosta.

IHO:n S-44 standardia täydentää IHO:n C-13, Manual on Hydrography sekä IHO:n
S-5a ja S-5b standardit merenmittaajien pätevyyksistä.

FIS44/2021

FIS44/2021 (1.2.2021) on Suomen merikartoitusviranomaisen laatima sovellus IHO:n S-44 ed6 merenmittausstandardiin. FIS44/2021 ei korvaa S-44:n vaatimuksia, vaan siinä on täsmennetty mittausluokkien vaatimuksia Suomen olosuhteisiin soveltuvaksi. Kansallisessa suosituksessa on lievennetty syvyyssvyöhykettä alueilla, joilla kölivara on kriittinen. Toisaalta on tiukennuksia samaisella alueella kohteiden havaitsemisessa. Lisäksi kansallisessa suosituksessa huomioidaan tankoharaus mittausmenetelmänä.

JHS-suositukset

Kansallinen ohjeistus Suomessa käytettävistä koordinaatistoista ja vertaustasoista on kuvattu JHS-suosituksissa. Merenmittaustoiminnassa käytetään EUREF-FIN koordinaattijärjestelmää sekä N2000 korkeusjärjestelmää JHS-suositusten mukaisesti. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunnan toiminta päättyi 31.12.2019, jolloin myös JHS-suositusten ylläpito loppui. Merenmittaustoiminnassa noudatetaan jatkossakin kansallisia ohjeita ja suosituksia koordinaattijärjestelmien sekä vertaustasojen käytössä.

Kansallisia suosituksia ja ohjeita ylläpitää mm. Maanmittauslaitos, Ilmatieteenlaitos sekä Suomen ympäristökeskus.

3 Merenmittaushankkeen laatuvaatimukset ja mittausjärjestelmän soveltuvuuden todentaminen

Merenmittaushankkeen laatuvaatimuksien määrittämisellä varmistetaan, että merenmittaustiedot soveltuvat käyttötarkoitukseensa. Merenmittausaineistojen laatuvaatimukset saattavat olla erilaisia esim. turvallisuuden varmistamisen ja vesirakentamisen tarpeisiin.

Väylien turvallisuuden varmistamista varten tehtävien merenmittausten laatuvaatimukset on määritetty IHO:n S-44:ssä ja sen kansallisessa sovelluksessa FIS44/2021. Turvallisuuden varmistamiseen käytettävän merenmittausjärjestelmän tulee täyttää vähintään FIS44/2021 Special Order mittausluokan vaatimukset. Väylän osiin, joiden turvallisuutta ei voida varmistaa Special Order mittausluokan mukaisilla mittauksilla, tulee mittausjärjestelmän täyttää FIS44/2021 Exclusive Order mittausluokan vaatimukset. Exclusive Order mittausluokka koskee ensisijaisesti tankoharausta.

Mittausjärjestelmän soveltuvuus mittausluokan mukaisiin vaatimuksiin tulee perustua arvioon mittausjärjestelmän virhebudjetista. IHO S-44 edellyttää, että mittaukset täyttävät geometriset tarkkuusvaatimukset annetulla luotettavuustasolla. Tarkkuusarvioiden ja luotettavuusrajojen määrittämisessä on noudatettava Total Propagated Uncertainty (TPU) mukaisia periaatteita, jotka on esitetty IHO:n S-44:ssä. Koska tarkkuusarvioiden täydellinen toteuttaminen ei ole käytännössä mahdollista jokaisessa mittauksessa, niin systemaattisten ja satunnaisten virheiden minimoimiseksi tulee edellyttää huolellisia laitteistokalibrointeja, laitteistojen toiminnan tarkastuksia, oheistietojen oikeellisuuden kontroleja, mittauksien tilastollisiin ja vertailuihin perustuvia laadunvarmistuksia.

Mittausjärjestelmän todellinen mittausepävarmuus ei saa ylittää virhebudjetissa esitettyä kokonaismittausepävarmuutta. Mittausjärjestelmään kuuluvien mittalaitteiden kalibroinnit ja tarkastukset tulee todistettavasti olla tehtyinä, jonka jälkeen mittausjärjestelmän suorituskyky testataan ennen mittausjärjestelmän käynnistämistä, jotta mittauksissa ei esiinny tunnistamattomia systemaattisia tai satunnaisia virheitä.

4 Merenmittaushankkeen laadunhallinta

Merenmittaushankkeen laadunhallinnan tarkoituksena on varmistaa, että lopputulokset täyttävät merenmittaushankkeelle asetetut laatuvaatimukset. Mittauksien virheettömyyden ja vaatimusten täyttymisen todentamiseen ei ole täydellisiä yksiselitteisiä menetelmiä. Mittausten vaatimusten mukaisuuden tarkastelua varten on mittausjärjestelmän ja niistä tehtyjen tilastollisten analyysien ohessa oltava käytettävissä merenmittaushankkeen laadunhallinnan tuloksena syntyneet raportit ja dokumentaatio.

Mittausjärjestelmän teoreettisen suorituskyvyn lisäksi mittauksien tuloksiin vaikuttaa olosuhteet, mittausjärjestelmän suoritus, ulkoisten tietojen laatu sekä mittausaineistojen jälkikäsitteily. Usein näillä tekijöillä on heikentävä vaikutus lopputulokseen, jolloin merenmittaushankkeen laatuvaatimuksien täytyminen vaarantuu.

Merenmittaushankkeessa toimittajan on etukäteen esitettävä, että mittausjärjestelmä, mittaustyön suoritus, mittausten jälkikäsittely ja toimittajan sisäinen laadunvarmistus täyttävät merenmittaushankkeelle asetetut laatuvaatimukset. Tilaaja arvioi dokumenttien, raporttien ja testien perusteella, täyttääkö toimittaja asetetut laatuvaatimukset. Toimittajan laadunvarmistukseen liittyvät toimenpiteet ja tulokset ovat osa mittausaineistojen toimitusta.

Toimittajan sisäisen laadunvarmistuksen tulee sisältää mm.

- mittaustyön ohjeistus, jotta laatuvaatimukset täyttyvät mm. mittausepävarmuuden, kohteiden tunnistuksen sekä mittausten peittävyden osalta.
- mittausjärjestelmän ja siihen kuuluvien laitteistojen suorituskyvyn testaus hankkeen alussa ja toimenpiteet hankkeen aikana, ettei mittausjärjestelmän tai siihen kuuluvien laitteiden suorituskykyyn tule muutoksia.
- mittausten yhteydessä tehtävät laadunvarmistustoimenpiteet, jotta laatuvaatimukset täyttyvät.
- mittausaineistojen jälkikäsittelyn toimenpiteet, joilla varmistetaan kaikkien tietolähteiden oikeellisuus ja laatuvaatimusten täytyminen.
- luovutettavan aineiston ja liitemateriaalin tarkastuksen kuvaus.

Mittaustulosten oikeellisuus on toimittajan vastuulla ja toimittajan sisäisen laadunvarmistuksen tulee riittävällä tasolla tuottaa dokumentaatiota, että mittaustietojen laatuvaatimusten mukaisuus voidaan tarkastaa huomioiden mittaustietojen jäljitettävyys.

5 Koordinaattijärjestelmä, vertaustaso, muunnokset, aika

5.1 Koordinaattijärjestelmä

Suomessa käytettävä koordinaattijärjestelmä on EUREF-FIN, joka on ETRS89-vertausjärjestelmän Suomalainen realisaatio.

Vertausellipsoidi: GRS 80

Tasokoordinaattijärjestelmä: ETRS-TM n , jossa n tarkoittaa projektiokaistaa.

Karttaprojektio: UTM-kaista 34, keskimeridiaani on 21° E tai
 UTM-kaista 35, jonka keskimeridiaani on 27° E.

Samaa UTM-kaistaa tulee käyttää koko mittaushankkeen alueella.

Keskimeridiaani, jota lähempänä väyläalue sijaitsee, määrittää UTM-kaistan.

Tapaukset, joihin UTM-34 tai UTM-35 kaistan käyttö ei sovellu, voidaan käyttää JHS-197 suosituksen mukaisesti ETRS-GKn-tasokoordinaattijärjestelmän mukaista kapeampaa projektiokaistaa.

Tarkemmat tiedot koordinaattijärjestelmästä löytyy JHS-suosituksista:

<https://www.suomidigi.fi/sites/default/files/2020-07/JHS196.doc>

<https://www.suomidigi.fi/sites/default/files/2020-07/JHS197.doc>

Maantieteelliset koordinaatit (latitudi ja longitudi) tulee esittää asteina ja minuutteina, minuutin kuuden desimaalin tarkkuudella ja UTM-projektiossa esitettävät koordinaatit metreinä kahden desimaalin tarkkuudella.

5.2 Syvyys- ja korkeusvertausjärjestelmä sekä niihin liittyvä geoidimalli

Suomessa käytettävä syvyys- ja korkeusvertausjärjestelmä on N2000. Sisävesillä on huomioitava, että jokaisella järvioltaalla on oma N2000 – korkeusjärjestelmässä esitetty vertaustason nollakohta.

Suomessa käytettävä geoidimalli on FIN2005N00.

Lisätietoja löytyy JHS suosituksista ja Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksen (FGI) muunnospalvelusta.

<https://www.suomidigi.fi/sites/default/files/2020-06/JHS163.doc>

FIN2005N00-geoidimalli <http://coordtrans.fgi.fi>.

5.2.1 Vedenkorkeustiedot ja projektikohtaisen vedenkorkeusasteikon perustaminen

Merenmittauksien lopputulokset redukoidaan N2000 korkeusjärjestelmän mukaiseen vertaustasoon. Redukointi tehdään mittausalueen vertaustasoon sidottujen vedenkorkeuden tuntihavaintojen perusteella.

Vedenkorkeus voi vaihdella paikallisesti siten, etteivät käytettävissä olevat vedenkorkeusasemat tuota luotettavaa vedenkorkeustietoa mittausalueelle. Tällöin mittauksia varten asennetaan vedenkorkeusasteikko luotettavien vedenkorkeushavaintojen saamiseksi.

Vedenkorkeustietojen hankinta, käsittely ja laadunvarmistus kuvataan ennen mittauksia laadittavaan dokumentaatioon.

Vedenkorkeustietojen osana dokumentoidaan:

- vedenkorkeusasemat, asteikot joita käytetään.
- vertaustaso, sisävesien osalta järvi-altaiden vertaustasot.
- mittauksia varten asetetun asteikon mittausseleste ja havainnot.
- vedenkorkeustietojen luotettavuuden vertailutaulukko.

Vedenkorkeushavaintojen mittausepävarmuus ei saa ylittää mittausjärjestelmän virhebudjetissa käytettyä epävarmuusarvoa. Vedenkorkeustietojen oikeellisuudesta ja laadunvarmistuksesta vastaa mittaja.

5.2.2 Vedenkorkeustietojen toimittajat

Merialueilla vedenkorkeustietoina käytetään ensisijaisesti Ilmatieteenlaitoksen mareografien tuntikohtaisia vedenkorkeushavaintoja. Kahden tai useamman mareografien vedenkorkeushavaintojen interpolointia ei väylämittauksissa suositella, koska Ilmatieteen laitos on ilmoittanut interpoloitujen havaintojen epävarmuudeksi 10cm.

Sisävesillä vedenkorkeustietoina käytetään ensisijaisesti Suomen ympäristökeskuksen vedenkorkeusmittareilta saatavia vedenkorkeushavaintoja.

5.2.3 Vedenkorkeusasteikon asentaminen

Useilla alueilla Suomessa, olemassa olevien mareografien tai vedenkorkeusasemien havainnot eivät havaitse mittausalueen vedenkorkeuksien paikallisia vaihteluita riittävän varmasti. Tällaisia tapauksia ovat mm. mittauskohteen kaukainen sijainti vedenkorkeuden havaintopaikkaan tai muu paikallinen vedenkorkeuteen liittyvä ilmiö. Tällöin asennetaan mittauksia varten paikallinen vedenkorkeusasteikko.

Asennettava vedenkorkeusasteikko sidotaan vaaitsemalla valtakunnalliseen N2000-korkeusjärjestelmään kahdella erillisellä vaaitusjonolla. Vedenkorkeusasteikon välittömään läheisyyteen asetetaan korkeuskiintopiste, jotta vaaitun korkeustiedon avulla voidaan vedenkorkeusasteikon korkeusasema tarkastaa mittausten aikana.

Automaattisen vedenkorkeusmittarin käyttö edellyttää säännöllisesti tehtävää tarkastusta laitteiston virheettömän toiminnan varmistamiseksi.

Vedenkorkeusasteikon asentamisesta laaditaan dokumentti, joka sisältää vähintään:

- vedenkorkeusasteikon asentamisen yleiskuvaus
 - mittaaja
 - mittauslaitteisto
 - aika
- vaaituspöytäkirjat ja vaaitustulokset
- vedenkorkeusasteikon seloste, joka sisältää vähintään:
 - sijaintitiedot (kartta, koordinaatit)
 - laitetyypin tai mitta-asteikon tiedot
 - vedenkorkeusmittarin tai -asteikon tarkastamisessa käytettävien korkeuskiintopisteiden tiedot
 - korkeusjärjestelmään sitomisen vaaituksen lähtöpisteet, vaaituslaskennan ja tulokset
 - nollapisteen määrittämisen, mittarin sitomisen projektin vertaustasoon
 - automaattisen vedenkorkeusmittarin toiminnan tarkastamisen ennen käyttöönottoa
 - kuvauksen, kuinka lukemat käsitellään syvyysaineiston redukoinnissa vertaustasoon.

Kohde, jossa on säännöllisesti tarvetta luotettaville vedenkorkeustiedoille, kannattaa rakentaa pysyvä vedenkorkeusasema. Vedenkorkeusaseman perustamista on ohjeistettu Suomen ympäristökeskuksen julkaisussa *Hydrologisen seurannan kenttätöiden TOIMINTAKÄSIKIRJA versio 1.4*.

5.2.4 Vedenkorkeushavaintojen laadun varmistaminen ja virheellisten havaintojen suodatus vedenkorkeustiedoista

Merenmittauksissa vedenkorkeushavaintojen luotettavuuden varmistamisella estetään systemaattisen virheen mahdollisuus. Vedenkorkeushavaintojen luotettavuus varmistetaan vähintään vertaamalla mittausaineistojen redukointiin käytettäviä vedenkorkeushavaintoja lähimpien mareografien tai vedenkorkeusasemien havaintoihin.

Vedenkorkeustietojen luotettavuus esitetään vertailutaulukkona sekä diagrammina, jossa esitetään havaintosarjat sekä erot havaintosarjojen välillä. Selkeät poikkeamat on tarkastettava ja havaitut virheet on korjattava ja dokumentoitava.

Jos vedenkorkeushavainnoissa havaitaan selkeä yksittäinen poikkeama, niin poikkeava arvo korvataan interpoloimalla viereisten tuntihavaintojen mukaan.

Jos vedenkorkeustietoja suodatetaan tai muokataan, ovat alkuperäiset ja muokatut tiedostot osa mittausaineistojen toimitusta.

5.2.5 Olemassa olevan ”työmaa-asteikon” käyttö

Vesiväylien turvallisuuden varmistamista varten tehtävissä merenmittauksissa voidaan käyttää ns. työmaa-asteikkoa vedenkorkeushavaintojen saamiseksi.

Olemassa olevan työmaa-asteikon käyttö edellyttää, että sen korkeusasema on tarkastettu vaaitsemalla ja sidottu valtakunnalliseen N2000 korkeusjärjestelmään. Tarkastuksesta laaditaan vastaava dokumentti kuin uuden vedenkorkeusasteikon asentamisestakin.

5.3 Koordinaattimuunnokset

Koordinaattimuunnosten tulee perustua 7-parametrin muunnokseen, kun paikannus perustuu WGS84 (ITRF2014) koordinaattijärjestelmään. Muunnosparametrit ITRF2014 koordinaattien ja EUREF-FIN koordinaattien välillä on aikariippuvainen ja muunnokseen tulee käyttää Suomen alueelle määritettyjä parametreja.

Valid	TX	TY	TZ	D	RX	RY	RZ
year	[m]	[m]	[m]	[ppb]	[mas]	[mas]	[mas]
2021.5	1.000	1.501	-0.860	-21.1	50.540	-21.684	-38.164

Taulukko 1: Ote: Hakli-Traficom-muunnosraportti2020.pdf

Yllä olevat muunnosarvot on määritetty Traficom in toimeksiannosta Maanmittauslaitoksen paikkatietokeskuksessa ja epookin 2021.5 muunnosparametrit ovat voimassa toistaiseksi.

Muunnoksen toteutuksen oikeellisuus on tarkastettava ja tarkastus dokumentoitava. Muunnosparametrien määrittämisraportti sekä muunnoksen testipisteet löytyvät liitteestä 3.

5.4 Aika

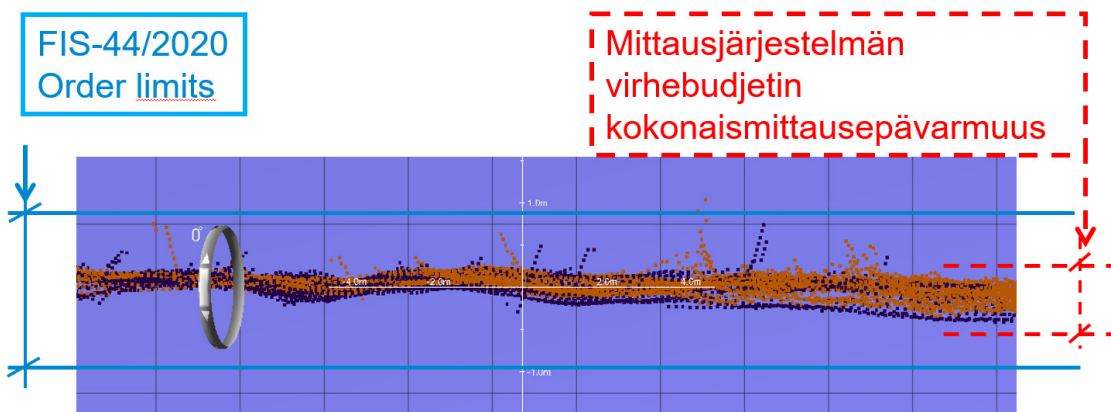
Monikeilainjärjestelmissä aikatietojen käsittelyssä on varmistettava, että kaikki mittausjärjestelmään kuuluvat mittauslaitteet toimivat samassa aikavyöhykkeessä.

Suosittelavaa on, että mittausjärjestelmän kaikki laitteet sekä mittauksen aikana tehtävät kirjaukset tapahtuisivat UTC -ajassa, tahattomien virheiden estämiseksi.

6 Mittaustyön yleiskuvaus

Väyliä turvallisuuksiin varmistamiseksi tehtävät merenmittaustyöt on tehtävä ammattimaisesti ja huolellisesti tässä ohjeessa esitettyjen määrittelyjen mukaisesti. Työ ja lopputulokset täyttävät silloin IHO S-44 ed 6 merenmittauksen minimistandardin sekä siihen pohjautuvaan Suomen sovelluksen, FIS44/2021 vaatimukset. FIS44/2021 sisältää tarkkuusvaatimukset eri syvyydsvyöhykkeille väyläalueilla.

Systemaattiset virheet ja ilmiöt on minimoitava ennen mittaustyön aloitusta siten, että niiden vaikutus on pienempi kuin järjestelmän satunnaisvirheiden suuruus. Jos systemaattisia virheitä tai ilmiöitä havaitaan, on niiden syyt selvitettävä ja ne on poistettava tai niiden vaikutus minimoitava, jotta merenmittaustyön tarkkuusvaatimukset täyttyvät. Systemaattiset virheet yhdessä satunnaisvirheiden suuruuden kanssa eivät saa ylittää virhebudjetissa esitettyjä arvoja. Vastuu mittausjärjestelmän ja sen yksittäisten laitteiden oikeasta toiminnasta on mittaajalla.



Kuva 1: Mittausluokkien ja virhebudjettien mittausepävarmuus.

Väylämittausten mittaussuokat syvyydsvyöhykkeittäin ovat seuraavat:

- Väylämittaukset **merialueella** syvyydsvyöhykkeellä 3 m – 20 m ja väylämittaukset **sisävesillä** syvyydsvyöhykkeellä 2.5 m – 12 m, vaatimuksena on vähintään FIS44/2021 Special Order.
- Väylämittaukset edellä kuvattua syvemmällä syvyydsvyöhykkeillä, vaatimuksena on FIS44/2021 Order 1a.
- Väylämittauksissa FIS44/2021 Exclusive Order luokka soveltuu tankoharautusmittauksille, kun vesisyvyys ei varmistu Special Order mittaussuokkaan tehdyillä monikeilauksilla.

Mittaustoiminta ja laadunvarmistus tulee olla kuvattuna ennen mittaustoiminnan käynnistymistä.

- Mittausjärjestelmä
- Mittausjärjestelmän ja siihen kuuluvien laitteiden kalibroinnit, tarkastukset ja testaukset.
- Mittauksen aikainen laadunvarmistus (laatu, pistetiheys, peitto, paikannus, liiketila jne.)
- Mittausten toteutus (mittauksen suunnittelu, mittausnopeus, linjaväli, äänennopeus, vedenkorkeus, paikannus jne.)
- Mittauksen jälkeinen laadunvarmistus (laatu, pistetiheys, peitto, kattavuus, paikannus jne.)
- Mittausaineistojen jälkikäsitteily (jälkikäsitteilyn vaiheet ja toimenpiteiden kuvaus)
- Toimitettavan aineiston laadunvarmistus (laadunvarmistuksen toteutuksen kuvaus)

Väylämittauksissa on mittausjärjestelmien täytettävä vähintään Special Order -mittausluokan vaatimukset. Order 1a -mittausluokan mukaisilla alueilla, on mittausjärjestelmää operoitava samoin kuin Special Order -mittausluokan alueilla, vaikka geometriset tarkkuusvaatimukset ovat väljemmät. Systemaattiset virheet ja ope-
rintiriippuvaiset virheet eivät ole hyväksytyjä alemmasta mittausluokasta huolimatta.

Säöolosuhteiden vaikutus, kova merenkäynti ym., on huomioitava arvioitaessa mit-
taushetkellä sitä, täyttääkö kerätty mittausaineisto laatuvaatimukset. Mittaus on keskeytettävä, mikäli jokin seikka, esim. aukot tai muut häiriöt mittausaineistossa, ennakoivat sitä, että laatuvaatimukset eivät täyty.

7 Monikeilainmittaukset

Väyliä turvallisuuden varmistamiseksi tehtävien monikeilainmittausten huolellinen mittaaminen sekä mittaustulosten jäljitettävyyden toteutuminen on kuvattu tässä kappaleessa. Akustiseen mittaustulokseen vaikuttaa aina mittausepävarmuus sekä monikeilainjärjestelmän kyky tunnistaa merenpohjassa olevat kohteet.

Monikeilainmittausten tuloksien tarkkuutta kuvaavien tilastollisten tulosten suuruus ei saa merkittävästi poiketa mittausjärjestelmän virhebudjetissa esitetystä mittausepävarmuudesta ja eivätkä ne saa ylittää FIS44/2021 mittausluokan mukaan määritettyjä laadullisia arvoja.

Monikeilaimen mittaussignaalin taajuuden FIS44/2021 Special Order mittausluokan mittaauksissa tulee olla vähintään 400 kHz. Monikeilaimen avauskulman ei tulisi olla suurempi kuin $\pm 65^\circ$.

Merialueilla väylämittauksissa monikeilainanturin tulee olla kiinteästi aluksen pohjaan asennettu. Sisävesillä sekä suojaisilla merialueilla (Liikennealue I), voidaan hyväksyä kiinteän monikeilainanturin asennus, jossa anturi ei ole aluksen pohjassa ja anturin asentoa/asemaa voidaan säätää.

Anturin asennus on aina toteutettava siten, että mittaustoiminnan aikana anturin asento/asema ei pääse muuttumaan aluksen liikkeiden, vedenpaineen tai merenkäynnin johdosta.

Monikeilainluotaimen tarvitsemaa reaaliaikaista äänennopeutta mittaavan laitteen tulee olla aluksen runkoon/anturikehikkoon kiinteästi asennettu.

7.1 Syvyystarkkuus

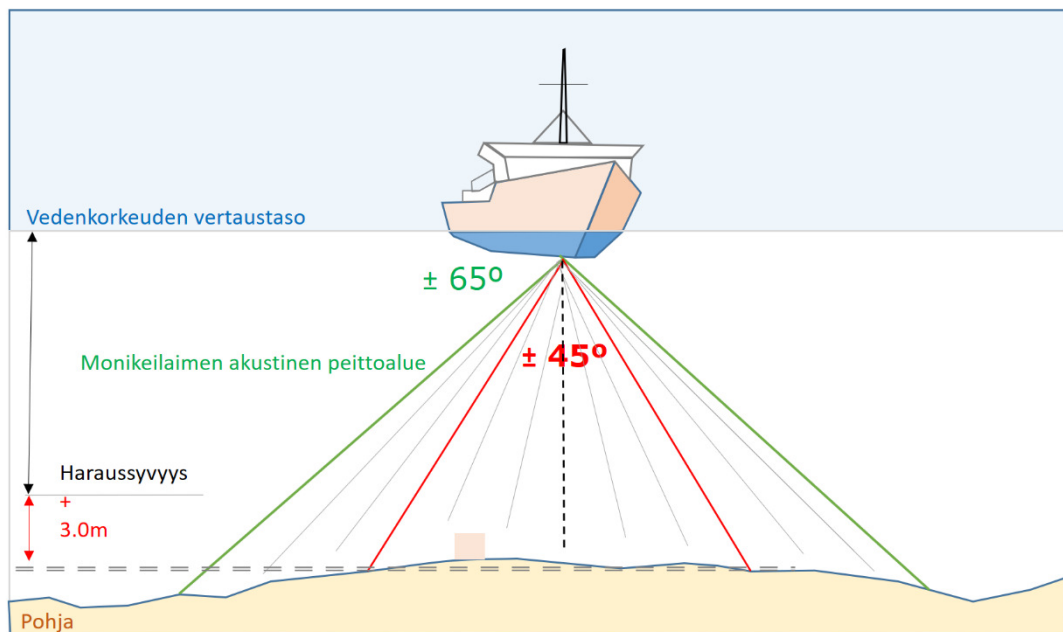
Väyliä merenmittausten syvyystarkkuudet eri syvyysvyöhykkeille on määritetty FIS44/2021:ssä. Syvyyshavainnot tallennetaan vertaustason nollapisteestä metreinä kahden desimaalin tarkkuudella.

7.2 Kohteiden havaitseminen

FIS44/2021:ssa on määritetty kohteiden havaitsemisvaatimukset mittausluokittain. Syvyysmittauksen 100 % peittävyysvaatimuksen täyttymisen lisäksi tulee mittausjärjestelmän kyetä havaitsemaan vähintään FIS44/2021:ssa määritellyn kokoinen kohde. Mittausjärjestelmän kykyyn havaita kohteita vaikuttaa myös mittausalueksen nopeus, paikannuksen luotettavuus sekä syvyysmittauksen peittävyys.

Monikeilainmittauksissa kohteiden katsotaan tulleen havaituksi, kun kohde havaittava vähintään kolmella hyväksytyllä havainnolla per yksi keilausviuhka ja kolmella peräkkäisellä keilausviuhkalla.

Väyliä turvallisuuksiin varmistamiseksi tehtävissä monikeilainmittauksissa kohteiden tunnistusvaatimus on alusturvallisuuden kannalta kriittinen alueilla, joissa pohja on lähellä nk. haraustasoa. Väyliä monikeilainmittauksissa kohteet tulee havaita keilausviuhkan avauskulman $\pm 45^\circ$ muodostamalta alueelta vähintään yhdellä mittauslinjalla aina 3 metriä syvemmälle kuin on mitattavan väylänosan haraussyvyys. Mittauslinjojen väli perustuu tällöin keilausviuhkan avauskulmaan $\pm 45^\circ$.



Kuva 2: Kohteiden korotetun tunnistusvaatimuksen vaikutus monikeilaimen avauskulmaan.

Mittausjärjestelmän operoinnissa sekä mittausaineistojen jälkikäsitellessä on järjestelmien, laitteiden ja ohjelmistojen toiminta säädettävä siten, etteivät kohteet vahingossa häviä tai saa tuhattu statusta.

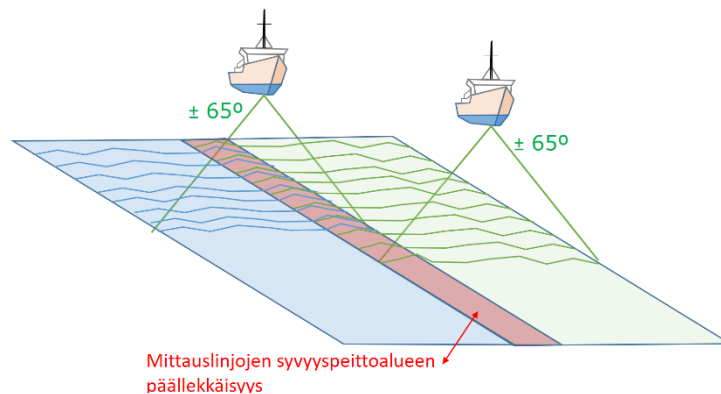
7.3 Mittausalueiden suunnittelu

Väylien turvallisuuden varmistamiseksi tehtävissä monikeilainmittauksissa jaetaan väylä tarvittaessa pienempiin mitta-alueisiin (soluihin), mittaustoiminnan ja aineistonkäsittelyn sujuvuuden parantamiseksi. Yksittäinen mitta-alue ulottuu koko väylän leveydelle. Mittausalueen pituuden rajaamisessa on huomioitava, että sään ja merenkäynnin vaikutus olisi yksittäisellä mitta-alueella mahdollisimman homogeeninen. Mittausalueen monikeilaukset suoritetaan aina samalla mittausyksiköllä.

Mittausaineistojen käsittelyssä mitta-aluejako ja niiden yksilölliset tunnisteet toimivat aineistojen toimituksissa ja laadunhallinnassa hakemistorakenteena.

7.3.1 Mittauslinjojen suunnittelu

Monikeilauksessa mitta-alueiden tulee täyttää vähintään 100 % syvyysspeittovaatimus. Syvyysspeittovaatimuksen täyttymiseksi tulee vierekkäisten mitta-alueiden syvyysspeittoalueiden päällekkäisyydessä huomioida paikannusepävarmuuden lisäksi vaatimukset pistetiheydestä, kohteiden havaitsemisesta ja syvyysspeittauksen tarkkuudesta. Aukot täydennetään täydentävällä mitta-alueella. Mittauslinjojen välisen syvyysspeittoalueiden päällekkäisyys tulee olla vähintään kaksi kertaa FIS44/2021 mitta-alueen mukaisen paikannuksen epävarmuus.



Kuva 3: Mittauslinjojen välinen syvyysspeittoalueen päällekkäisyys.

Mittauslinjat mitataan suorina, ellei kyseessä ole väylän ulkopuolisesta alueesta, jossa on väylän haraustasoa selkeästi matalampaa. Mittauksen tallennus tulee keskeyttää ennen mitta-alueen kääntymistä. Mittauksen tallennusta ei tule käynnistää ennen kuin mittausjärjestelmä on vakiintunut käännöksen aiheuttamista liikkeistä.

7.3.2 Täydentävät mittauslinjat

Täydentäviä mittauslinjoja mitataan, jos hylättyjen pisteiden joukko, systemaattinen hajonta tai merenpohjan olosuhteet aiheuttavat mittausaineiston syvyysaineistopeittoon aukon.

Täydentävien mittauslinjojen mittauksessa tulee huomioida, ettei mittauksen tallennusta käynnistetä ennen mittausjärjestelmän vakiintumista käännöksen aiheuttamista liikkeistä. Täydentävät mittauslinjat mitataan samalla mittausaluksella ja samalla mittausjärjestelmällä kuin alueen päämittauslinjat on mitattu.

7.3.3 Poikittaislinjojen mittaus

Poikittaislinjat mitataan laadun tarkkailua varten. Niiden mittaamisessa ja käsitelyssä noudatetaan seuraavia ohjeita:

- Poikittaislinjat ajetaan mahdollisimman tarkasti kohtisuorassa varsinaisiin mittauslinjoihin nähden.
- Poikittaislinjat tulee mitata pohjatopografialtaan tasaiselle alueelle, jossa olisi mahdollisimman vähän kohteita.
- Väylä- ja venereittimittauksissa vähintään 10 km:n välein.
- Poikittaislinjoja mitattaessa monikeilaimen avauskulman saa kaventaa +/- 45°:seen.
- Poikittaislinjat käsitellään vastaavalla tavalla kuin päämittauslinjat.
- Tiedostojen tunnistettavuuden helpottamiseksi, niiden nimessä tulisi olla esimerkiksi CR kirjainyhdistelmä.
- Aineistotoimituksessa poikittaislinjat sisällytetään päämittauslinjojen kanssa samaan hakemistoon.

7.4 Olosuhteista aiheutuvat poikkeamat mittaustoimintaan

Epäilyttävien kohteiden/ilmiöiden oikeellisuuden varmistamiseksi on tarvittaessa mitattava täydentäviä mittauslinjoja ja pyrittävä varmistamaan havaintojen oikeellisuus.

FIS44/2021 Special Order vaatimusten mukaisissa mittauksissa kaikusignaalin tunkeutuminen alueilla, joilla on pehmeitä sedimenttejä ei hyväksytä.

FIS44/2021 Order 1a vaatimusten mukaisissa mittauksissa kaikusignaalin tunkeutuminen pehmeään sedimenttiin voidaan hyväksyä, mutta tunkeutumisen vaikutus syvyysaineistoon ei saa ylittää FIS44/2021 Order 1a mittausluokalle syvyysmittauksen epävarmuuden vaatimusta.

Monikeilaimen ulommaisten havaintojen hajonnan ja kohinan vaikutuksen minimoimiseksi on avauskulmaa tarvittaessa pienennettävä.

7.5 Backscatter

Monikeilainmittausten aikana backscatter havainnot tulisi tallentaa, koska niistä voidaan tulkita alustavasti väylän pohjamateriaalit. Havainnoista muodostetaan mittausaineistojen käsittelyssä georeferoitu kuvamosaiikki, jonka resoluutio on 0.5m ja jolle on tehty histogrammin tasoitus.

Jos käytössä on dual head monikeilain järjestelmä, on etukäteen osoitettava, että tallennettu keskiarvoistettu amplitudi kummastakin mittausanturista antaa saman signaalin voimakkuuden. Mahdolliset erot tulee selvittää kalibroinnissa tai muutoin kompensoida.

7.6 Mittausaineistojen jälkikäsittely

Syvyysaineistot ja muiden sensorien havainnot analysoidaan, korjataan ja siivotaan seuraavien periaatteiden mukaisesti.

- Jälkikäsitelty syvyysaineisto sisältää kaikki mittaushetkellä kerätyt syvyyshavainnot, hyväksytyt ja hylätyt pisteet merkittynä omilla statuksillaan.
- Jälkikäsitellyssä tulee paikannustaltioista sekä liiketilasensorin taltioista tuhota tai merkitä tuhottu statuksella kaikki selkeät virrehavainnot (piikit).
- Kohteiden ja matalikkojen tunnistettavuutta ei saa heikentää aineistokäsittelyllä. Matalin syvyyshavainto tulee olla hyväksytty statuksella.
- Todellista pohjatopografiaa tai pohjassa olevia kohteita ei saa jälkikäsitellyssä merkitä tuhottuiksi.
- Monikeilainaineistojen käsittelyssä sallittuja automatisoituihin käsittelymenetelmiin perustuvia toimintoja syvyyspisteiden tuhottuiksi merkitsemiseksi ovat monikeilaimen avauskulman pienentäminen ja minimi/maksimi syvyydellä leikkaaminen.
- Syvyysaineistojen käsittely käyttäen tilastollista menetelmää, jossa menetelmä perustuu vain pinta-alayksikön keskihajonnan suuruuteen, ei ole sallittua.
- Virheellisten mittaushavaintojen kohdentaminen manuaalisessa aineistokäsittelyssä tilastollisin menetelmin tulee dokumentoida sekä testata.
- Kaikki systemaattiset virheet ja ilmiöt tulee havaita jälkikäsitellyssä ja niiden vaikutus tulee poistaa aineistoista.
- Mitatun pohjan ylä- ja alapuolella olevat virhekaiut tulee merkitä tuhottu statuksella.
- Kaikki havainnot, joiden poikkeama on suurempi kuin mittausjärjestelmän virhebudjetissa on esitetty (mutta voivat olla IHO S-44 tai FIS44/2021 laskennallisissa rajoissa) on tutkittava epäilyksen alaisina havaintoina ja syy poikemaan selvitettävä ja vaikutus minimoitava.

7.7 Luovutettavan lopputuloksen laadunvarmistus

Toimittajan on tehtävä lopputuloksena luovutettavalle mittausaineistolle ja siihen liittyville META -tiedoille laadunvarmistus. Laadunvarmistuksella mittaja toteen näyttää, että mittausaineistot täyttävät laadulliset tarkkuus- ja peittävyysvaatimukset ja luovutettava aineisto sisältää mittausjärjestelmään, mittauksen toteutukseen sekä laadunvarmistukseen liittyvät dokumentit ja raportit.

Luovutettavan lopputuloksen laadunvarmistusraportti on osa luovutettavaa mittausaineistoa. Raporttimalleja on esitetty liitteessä 4.

7.8 Syvyyssmittausten pistetiheys

Syvyyssmittauksissa minimivaatimuksena on, että hyväksytyjen havaintojen pistetiheys pinta-alayksikköä kohden täyttyy. Väylämittauksissa pistetiheyden minimivaatimus on 5 hyväksytyä havaintoa per syvyyden mukaan määräytyvä pinta-alayksikkö.

Syvyyssvyöhyke	Solun koko	Hyväksytyä havaintoa
Syvvyys <10m	0.5x0.5 m	5
Syvvyys 10-20 m	1x1 m	5
Syvvyys 20-40 m	2x2 m	5
Syvvyys 40-50 m	4x4 m	5
Syvvyys 50-60 m	5x5 m	5
Syvvyys 60-70 m	6x6 m	5
Syvvyys 70-80 m	7x7 m	5
Syvvyys 80-90 m	8x8 m	5
↓ analogisesti... ↓		

Taulukko 2: Hyväksytyjen syvyysspisteiden pistetiheys eri syvyyssvyöhykkeille

7.9 Paikannus ja mittausjärjestelmän sisäinen koordinaatisto

Monikeilainmittausten ensisijaisena paikannusmenetelmänä suositellaan käytettävään jälkilaskentaan perustuvaa GNSS paikannusmenetelmää. Reaaliaikaiseen paikannukseen käytettävän GNSS -korjauspalvelun/paikannuspalvelun vaikutus paikannusepävarmuuteen ei saa ylittää virhebudjetissa esitettyä paikannusepävarmuutta. Paikannusepävarmuuden suuruutta arvioitaessa on huomioitava, että paikannusepävarmuus voi vaihdella alueellisesti.

7.9.1 Mittausjärjestelmän sisäinen koordinaatisto ja sensorien asento

Mittausjärjestelmän sisäisen koordinaatiston määrittämisen mittausepävarmuus tulee huomioida mittausjärjestelmän virhebudjetissa. Sisäisen koordinaatiston määrittämisessä sijainti määritetään kaikille kiinteästi asennetuille mittauslaitteille, kuten monikeilain, liiketila-anturi, paikannusantennit, syväysmerkit, syvyyksen paineanturi ja muut mittapisteet.

Liiketila-anturin asento määritetään sisäiseen koordinaatistoon kolmen akselin suhteen hyväksyttävällä tarkkuudella.

Suuntatietoa antavan sensorin asento määritetään sisäiseen koordinaatistoon kolmen akselin suhteen hyväksyttävällä tarkkuudella.

7.9.2 Ensisijainen paikannusjärjestelmä

Ensisijaisen paikannusjärjestelmän tulee kyetä tarjoamaan FIS44/2021 vaatimusten mukaista paikannusta.

7.9.3 Toissijainen paikannusjärjestelmä

Toissijaisen paikannusjärjestelmän tulee kyetä tarjoamaan FIS44/2021 vaatimusten mukaista paikannusta.

Toissijainen paikannusjärjestelmä voi olla vastaava kuin ensisijainen paikannusjärjestelmä, mutta se ei saa käyttää GNSS paikannuksen korjaukseen samaa paikannuspalvelua.

Toissijainen paikannusjärjestelmä tulee olla osana mittausjärjestelmää ja sitä tulee käyttää ensisijaisen paikannusjärjestelmän paikannuksen vertailuun. Paikannuksen laadunvarmistus raportoidaan osana mittausaineistojen toimitusta.

7.9.4 Paikannuksien laadunvarmistus

Paikannusjärjestelmien tulee tuottaa jatkuvasti seuraavia tietoja:

- Paikannustarkkuus tai paikannuksen epävarmuus tietoja. Jos paikannuslaitteisto ei kykene antamaan näitä tietoja, niin paikannuksen laadunvarmistus voi perustua ensisijaisen ja toissijaisen paikannusjärjestelmien tuottamien tietojen vertailuun tai paikannushavaintojen keskihajontaan.
- GNSS paikannusjärjestelmän tulee tuottaa seuraavat tiedot
 - Satelliittien lukumäärä
 - DOP -arvot
 - GNSS korkeustieto, jos on käytössä, paikannusheittojen sekä epävarmojen ja väärin paikannustulosten havaitsemiseksi.
 - GNSS raakadatat (tallennetaan RINEX formaatissa)
 - Referenssitukiaseman havaintodata (Jos paikannus perustuu jälkilaskentaan)

Paikannuksen laadunvarmistukseen liittyvien arvojen tulee olla käyttäjän määriteltävissä ja niitä tulee seurata mittauksen aikana. Järjestelmän tulee antaa hälytys, jos paikannuksen korjaukseen käytettävä paikannuspalvelu tai paikannuspalvelun korjauksen tukiasema vaihtuu mittauksen aikana.

Kun GNSS -paikannuksen laadun arvellaan heikkenevän tukiaseman etäisyydestä johtuen, on perustettava tukiasema tunnetulle EUREF-FIN -kiintopisteelle (vähintään E3-luokan kiintopiste).

7.9.5 Paikannuksen laadunvarmistus käyttäen havaittuja kohteita

Useammalla mittauslinjalla havaitun kohteen avulla voidaan todentaa mittausjärjestelmän suorituskyvyn täyttävän mittaukselle asetetut vaatimukset.

Jos mittausten tai mittausaineistojen käsittelyn aikana havaitaan kohteen paikannuksessa epäjohdonmukaisuutta, on mittausjärjestelmän toiminta tarkastettava ja mahdollinen virhelähde selvitettävä.

7.9.6 GNSS paikannuksen raja-arvot

GNSS -paikannuksessa on käytettävä vähintään viittä satelliittia. Paikannukseen käytettävien satelliittien korkeuskulman tulee olla vähintään 10 astetta horisontista.

Paikannuksen PDOP arvo ei saa olla korkeampi kuin neljä (4).

7.9.7 Mittausjärjestelmän ajan synkronointi

Mittausjärjestelmän ja siihen kuuluvien laitteiden tulee käyttää samaa aikajärjestelmää ja mittausjärjestelmän ajan synkronointiin PPS-pulssia.

7.9.8 Paikannus jälkilaskentana

Paikannusratkaisun perustuessa jälkilaskentaan, on mittauksen paikannushavaintodata ja referenssitukiasemien havaintodata osa lopputuloksena luovutettavaa mittausaineistoa. Havaintodatan tallennusformaatti on RINEX.

7.10 Äänennopeus

Mittausten aikana tehdään äänennopeusprofiilihavaintoja riittävän usein varmistamaan, että FIS44/2021 mukaiset tarkkuusvaatimukset täyttyvät.

Äänennopeusprofiilien havaitsemiseen käytettävän laitteen toimintaperiaatteen tulee perustua äänennopeuden mittaamiseen eri syvyyksissä. Mittausprojektin aikana tulee äänennopeusprofiilien havaitsemiseen käytettävien laitteiden toiminta tarkastaa 14 päivän välein. Tarkastus tehdään vertaamalla äänennopeusprofiileja mittaavan laitteen havaintoja toisen samalla toimintaperiaatteella mittaavan laitteen havaintoihin. Tarkastus tulee dokumentoida ja raportit liitetään mittausaineistojen toimituksiin. Jos tarkastuksessa havaitaan liian suuria havaintoeroja, niiden syyt selvitettävä ja korjattava ennen mittausten jatkamista.

Mittausten aikana äänennopeusprofiilien havaitsemisen yhteydessä tulee aina verrata äänennopeusprofiiliin ja reaaliaikaisen äänennopeusmittauksen havaintoja toisiinsa. Äänennopeuden ero ei saa olla samassa vesisyvytydessä yli 3 m/s. Jos äänennopeushavaintojen ero on suurempi kuin 3 m/s tulee syy siihen selvittää ja tehdä korjaavat toimenpiteet ennen mittausten jatkamista. Äänennopeusprofiileja ei tule keskiarvoistaa tai käyttää laskennallista äänennopeusprofiilia.

7.10.1 Äänennopeusprofiilien havaintopaikat

Monikeilainmittauksissa äänennopeushavaintojen vaikutus mittausaineiston laatuun on merkittävä. Äänennopeuden vaihtelut ovat Suomessa paikallisia ja lähellä toisiansakin olevien havaintopaikkojen välillä voi äänennopeudessa olla suuria vaihteluita.

Äänennopeusprofiili havaitaan vähintään mittausten alkaessa ja päättyessä. Äänennopeusprofiilien vaikutusta mittausaineiston laatuun on aktiivisesti valvottava mittausten aikana, ettei mittausalueelle tai mittauksen ajankohtaan soveltumattoman äänennopeusprofiilin vaikutus mittausaineistossa ylitä virhebudjetissa esitettyjä arvoja.

Useamman äänennopeusprofiilin lisäämisessä syvyysaineistoon voidaan käyttää lähimmän profiilin menetelmää, havaintoaikaan perustuvaa menetelmää tai näiden kombinaationa interpolointimenetelmää.

7.10.2 Äänennopeushavaintojen prosessointi

Äänennopeusprofiilien muokkaaminen ei ole sallittua lukuun ottamatta selkeitä yksittäisiä virrehavaintoja tai ohjelmiston tekemiä syvyyssisäyksiä. Jos äänennopeusprofiileihin tehdään muutoksia, niin alkuperäiset havainnot tulee säilyttää ja raportoida miksi havaintoja on muokattu. Alkuperäiset ja muokatut äänennopeusprofiilit on selkeästi eroteltava toisistaan.

7.10.3 Äänennopeushavainnot ja metatiedot

Kaikki äänennopeushavaintojen sensoripohjaiset havaintotiedostot ja selkeästi luettavat ASCII formaatissa olevat tiedostot ovat osa lopputuloksena luovutettavaa mittausaineistoa.

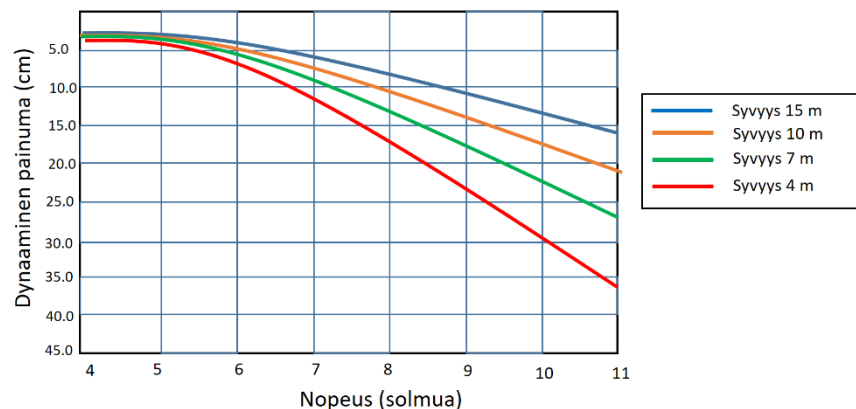
Tiedostoissa tulee olla havaintopaikka, havainto aika (päivä ja kello), äänennopeus- ja lämpötilahavainnot eri syvyyksissä.

7.11 Korkeus, dynaaminen painuma ja syväys

7.11.1 Painuma

Mittausaluksen painuma koostuu staattisesta syväyksestä ja dynaamisesta painumasta.

Dynaaminen painuma määritetään ennen mittauksen aloitusta. Dynaaminen painuma esitetään taulukkomuodossa, jossa on kuvattu nopeuden ja vedensyvyyden vaikutus aluksen syväykseen. Nopeuden vaikutus esitetään nopeusalueelta, jolla mittauksia suoritetaan ja vedensyvyyden vaikutus esitetään mittausprojektin matalimmasta syvyydestä alkaen aina 7 kertaa mittausaluksen syväystä vastaavaan syvyyteen.



Kuva 4 Esimerkki dynaamisesta painumasta.

7.11.2 GNSS korkeudet

Väylien monikeilainmittauksissa ei suositella käytettäväksi GNSS korkeuksia muutoin kuin vedenkorkeustietojen laadunvarmistukseen.

GNSS korkeuden käyttö monikeilainmittauksissa voi olla perusteltua poikkeustapauksissa, kuten kanavilla tai virtaavissa vesistöissä. Tällöin korkeushavainnot on syytä sitoa mittausalueen N2000 korkeusjärjestelmään

7.11.3 Syväys ja dynaaminen painuma

Dynaaminen painuma huomioidaan syvyyshavaintojen korjauksessa todelliseen vesisyvyyteen. Käytettävä menetelmä on kuvattava.

Staattinen syväys havaitaan säännöllisesti, vähintään kerran päivässä ja silloin kun aluksen lasti muuttuu. Satamaan tultaessa ja sieltä lähtiessä tehdään staattisen syväyksen havainnot. Kaikki syväyslukemat ja lastinmuutokset kirjataan ja syväykseen liittyvät kirjaukset ovat osa lopputuloksena luovutettavaa mittausaineistoa.

Syväyshavainnot tehdään aluksessa olevista syväysmerkeistä, vaikka syväyksen muutoksia voitaisiin havainnoida muilla menetelmillä (esim. paineanturi).

7.12 Monikeilainjärjestelmän kalibroinnit ja tarkistukset

Mittaja vastaa koko mittausprojektin ajan, että mittausjärjestelmän suorituskyky täyttää vaatimukset ja suorituskyky vastaa mittausjärjestelmän virhebudjetissa kuvattua.

Mittausjärjestelmän suorituskyvyn testaamisen tarkoituksenmukaisuutta joudutaan arvioimaan pienemmissä mittausprojekteissa. Tavoitteena on kuitenkin pyrkiä varmistamaan mittausjärjestelmän toiminnan oikeellisuus ennen mittauksen aloitusta ja ettei mittausjärjestelmän suorituskyky pääse heikkenemään mittauksen aikana.

7.12.1 Mittausjärjestelmän kokonaiskalibrointi

Mittausjärjestelmän kokonaiskalibrointi suoritetaan ennen merenmittauksen aloitusta. Systemaattiset virheet on minimoitava. Kokonaiskalibrointi suoritetaan uudelleen, jos mittausjärjestelmään tehdään muutoksia tai on syytä epäillä mittausjärjestelmän toimintaa.

Kokonaiskalibroinnin sisältää vähintään seuraavien arvojen määrittäykset:

- Latency bias (Aikaviive)
- Pitch bias (aluksen kölinsuuntaisen kallistuksen poikkeama)
- Roll bias (aluksen sivusuuntaisen kallistuksen poikkeama)
- Yaw bias (aluksen kulkusuunnan poikkeama)
- Optimaalinen painumaperiodi liiketilasensorille.
- Aluksen vakautumisaika liiketilasensorille nopean käännöksen jälkeen.

Kalibroinnista syntyvä raportti, kalibrointien raakahavainnot ja jälkikäsitellyt aineistot ovat osa lopputuloksena luovutettavaa mittausaineistoa.

Jokaisen yksittäisen kalibrointi-arvon määrittämiseen käytetään useamman havaintosarjan tuottamaa keskiarvoa. Yksittäinen havaintosarja ei saa poiketa liikaa muista havaintosarjoista. Lopullisista luotauslinjoista tarkastetaan, että kokonaiskalibroinnissa kaikki poikkeamat (kalibrointi-arvot) on määritetty oikein.

7.12.2 Paikannuksen dynaaminen testaus referenssikohteella

Ennen mittauksen aloittamista monikeilainjärjestelmän dynaaminen paikannus testataan käyttäen veden pohjassa olevaa referenssikohdetta.

Dynaamisen paikannuksen testaamiseen suositellaan käytettävän muodoltaan tunnettua, selkeätä ihmisen tekemää testikohdetta. Dynaamisen paikannuksen testausta varten on käytettävissä Traficom Hangon ja Porin testikohteet. Sisävesillä testikohteena on käytetty Savonlinnan läheisyydessä olevaa viittapainoa. Turussa ja Vaasassa sijaitsevien testikohteiden tietoja voi tiedustella Väylävirastosta. Luonnollisia kohteita kuten kiviä/lohkareita ei suositella käytettävän.

Mittausjärjestelmän dynaamisen paikannuksen testaamisessa suositellaan mitattavan kahdeksan mittauslinjaa kohteen läheisyydestä. Jokaisen linjan on oltava vähintään 400 metriä pitkiä. Mittauslinjoja on kaksi, jotka ovat kohtisuoraan toisiinsa nähden. Jokainen mittauslinja ajetaan kahdella eri mittausnopeudella (normaali mittausnopeus sekä siitä puolta hitaampi). Mittauslinjat ajetaan kummastakin suunnasta.

Mittausjärjestelmän toimivuuden osoittamiseksi tulkitaan jokaiselta kahdeksalta mittauslinjalta selkeät tunnistettavat "pisteet" sijainnin ja syvyyden osalta. Havaintojen poikkeamat toisistaan ja niiden välinen hajonta on täytettävä mittausjärjestelmälle virhebudjetissa määritetty suorituskyky. Jos virhebudjetin ylittäviä poikkeamia havaitaan, on niiden syy selvitettävä ja korjattava, jonka jälkeen paikannuksen dynaaminen testaus uusitaan.

Havaintojen oikeellisuuden varmistamiseksi dynaaminen testaus on suoritettava aina mittauskauden alussa ja lopussa, aina kun kiinteässä laiteasennuksessa jokin järjestelmän anturi irrotetaan sekä aina, kun mittausalustaan kohdistuu mekaanisia fyysisiä toimenpiteitä. Paikannuksen dynaamisesta testauksesta laadittu raportti, raakahavainnot sekä käsitelty mittausaineisto ovat osa lopputuloksena luovutettavaa mittausaineistoa.

7.12.3 Staattinen ja sisäinen paikannuksen testaus

Staattinen paikannustesti tehdään vähintään ennen merenmittausten aloittamista ja merenmittausten päättyessä.

Paikannustesti tehdään vertaamalla aluksen paikannusjärjestelmän tuottamaa "alussijaintia" kiintopisteeltä tuotavaan paikkatietoon projektissa käytettävässä koordinaattijärjestelmässä ja projektiossa. Paikannustestissä voidaan referenssinä käyttää RTK- tai PPK -sijaintiratkaisua, joka on sidottu valtakunnalliseen EUREF-FIN kiintopisteverkkoon. Jos käytetään PPK-sijaintiratkaisua, tulee aineiston mukana toimittaa myös käytettyjen referenssiasiemien havaintoaineisto.

Sisäisen paikannuksen testauksessa ensisijaisen ja toissijaisen paikannusjärjestelmän tuottamaa epäkeskistä paikkaa verrataan kiintopisteeltä johdettuun tulokseen tai luotettavaan GNSS -havaintoon.

Testauksella varmistetaan, että laitteisto toimii edelleen luotettavasti, ilman uusia virhelähteitä. Staattisen ja sisäisen paikannuksen testaus raportoidaan osana lopputuloksena luovutettavaa mittausaineistoa.

7.12.4 Testialue

Laajemmissa väylämittaushankkeissa suositellaan mittaustoiminnan laadunvarmistamiseksi testialueen mittaamista. Kun mittaushankkeen alussa projektialueelle on mitattu testialue, voidaan sitä käyttää mittausjärjestelmän toiminnan oikeellisuuden varmistamiseen tapauksissa, joissa epäillään mittausjärjestelmään tulleen ei-toivottuja muutoksia. Jos testialueen mittaus suoritetaan mittausten päättyessä, niin mit-

taaja voi osoittaa mittausjärjestelmän pysyneen muuttumattomana koko mittaus-hankkeen ajan vertailemalla vähintään kahta eri aikaan tehtyä havaintosarjaa. Testialueen mittauksella voi todentaa mittausjärjestelmän pysyneen muuttumattomana tapauksissa, joissa mittausyksikkö poistuu mittaushankkeesta väliaikaisesti muihin tehtäviin.

Monikeilainjärjestelmille testialueen merenpohjan tulisi olla kohtuullisen tasaista ja vesisyvyyden 30-40 metriä.

Testialueen mittaus suoritetaan siten, että mitataan vähintään 3 rinnakkaista linjaa edestakaisin yli 100 % peitolla sekä 2 poikittaista linjaa edellisten ylitse edestakaisin (yhteensä 10 linjaa). Äänennopeusprofiili havaitaan testialueen keskeltä. Mittauksen aikana tallennusta ei aloiteta ennen kuin mittausjärjestelmä on tasaantunut käännöksen aiheuttamista liikkeistä.

Testauksella varmistetaan, että laitteisto toimii edelleen luotettavasti, ilman uusia virhelähteitä. Testialueen mittaustulokset, raportti, viimeinen kalibrintiraportti, raakadatat sekä käsitelty syvyysaineisto ovat osa lopputuloksena luovutettavaa mittausaineistoa.

7.13 Lopputuloksena luovutettavat mittausaineisto

Monikeilainmittausten mittausaineisto- ja lopputuloksien sisältö:

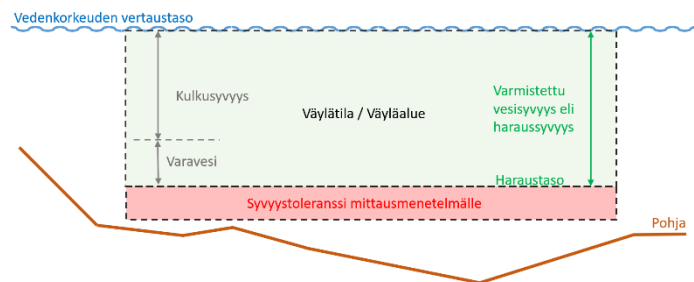
- Käsitelty syvyyspisteaineisto (Suositus: FAU formaatissa)
- Raakadatat (monikeilainaineistojen jälkikäsitteilyohjelmille yhteensopivassa formaatissa).
- Backscatter- havainnot (monikeilainaineistojen jälkikäsitteilyohjelmille yhteensopivassa formaatissa).
- Mittausaluekohtainen numeerinen raportti, joka sisältää karttaotteen lisäksi metatiedot mittauksesta ja olosuhteista.
- Luotauspöytäkirjat ym. vastaavat loki-tiedot.
- Jälkikäsitteilyn syvyysaineiston laadunvarmistuksen raportti.
- Piirroksat ja indeksit mitkä mittauslinjat kuuluvat mihinkin osa-alueisiin.
- Indeksikartta (shape- formaatissa) osa-alueista.
- Syvyysvyöhykkeittäin väritetty kuva mittausalueesta Geo-Tiff- formaatissa. Pikselikoko vähintään pistetiheysvaatimusta kuvaavan taulukon mukaisesti.
- Äänennopeushavainnot
- Vedenkorkeustiedot

- Paikannuksen laatutarkastusraportti
- Hylky- ja kohderaportit
- Merenkululle vaaralliset kohteet
- Syväyshavainnot
- Muut raportit ja tiedostot (mm. mittausjärjestelmän kuvaus, mittaustyönkuvaus, testi- ja kalibrointiaineistot, kalibroinnit, testaukset)
- Backscatter- kuvamosaiikki Geo-Tiff- formaatissa. Pikselikoko vähintään piste- tiheysvaatimusta kuvaavan taulukon mukaisesti.
- GNSS raakahavainnot (RINEX formaatissa) sekä referenssiasemien havaintoaineisto.

8 Tankoharerausohje

Tankoharerausohjeen taustana on käytetty Merenkulkulaitoksen aikaisia NAVI –normeja sekä Liikennevirastossa laadittuja ohjeita.

Vesiväylien turvallisuuden varmistamiselle tankoharauksella on merkittävä vaikutus, koska sille määrätty syvyystoleranssi on peittäviä kaikumittauksia huomattavasti pienempi.



Kuva 5: Käsitteet

Tankoharauksen oikeellisuuden todentaminen jälkikäteen edellyttää väylän pitäjältä haraajien pätevyyden säännöllistä arviointia, tankoharajien säännöllisiä tarkastuksia sekä haraustulosten tarkastamista ja vertaamista muihin merenmittauksiin.

Tankoharautta mittaamenetelmänä on kehitettävä jäljitettävyyden parantamiseksi erityisesti pohjatangon syvyysvaihteluiden todentamisessa.

8.1 Vesisyvyyden varmistaminen tankoharauksella

Vaatus väylän turvallisuuden toteutumiseksi on, että väyläalue on vapaa esteistä ilmoitettuun haraustasoon. Tankoharauksilla vesisyvyyden varmistaminen on toteutettava siten, että harattavalla alueella tankoharan pohjatanko ei nouse haraustasoa matalammalle.

Tankoharan pohjatangon syvyytystä varten on määritettävä syvyystoleranssi. Syvyystoleranssiin tulee sisällyttää kaikki pohjatangon syvyyteen vaikuttavat tekijät. Syvyyteen vaikuttavista tekijöistä osa on satunnaisia, joiden vaikutus voidaan arvioida virhebudjettimenetelmällä ja osa on systemaattisia, jotka tulee huomioida täysmääräisesti pohjatangon syvyytyksessä.

Paikannuksen epävarmuus määritetään virhebudjettimenetelmällä. Tankoharauksen 100 % peittovaatimuksen täytyminen edellyttää paikannusepävarmuuden huomioidun harauslinjojen välisessä etäisyydessä.

Ohjeen mukaisesti tehtyjen tankoharauksien voidaan katsoa täyttävän joko FIS44/2021 Special order tai Exclusive order mittaussuokkien vaatimukset.

8.2 Tankoharan ominaisuuksien ja mittausepävarmuuksien määrittäminen

Tankoharauksen syvyystoleranssin määrittämistä varten on etukäteen mitattava/havaittava tankoharaukseen liittyvät mittausepävarmuudet. Väylän ylläpitäjän tulee varmistaa tankoharan toimintakunto sekä syvyystoleranssin määrittämisen oikeellisuus etukäteen.

Tankoharan rakenteen kunnan tarkastukset, ominaisuuksien ja mittausepävarmuuksien määrittäminen sekä syvyystoleranssin laskentaperiaatteet tulee dokumentoida jälkikäteen tapahtuvaa laaduntarkastusta varten.

8.2.1 Tankoharan rakenteen ja ominaisuuksien määrittäminen

Tankoharan rakenteen ja ominaisuuksien vaikutus pohjatangon syvyyssvaihteluihin määritetään etukäteen. Pohjatangon syvyyteen vaikuttavat tekijöiden suuruus määritetään soveltuvin mittauksin ja tutkimuksin. Tankoharan rakenteen ja ominaisuuksien vaikutuksista laaditaan tutkimusraportti, jossa kuvataan käytetyt mittausmenetelmät sekä havaitut satunnaiset ja systemaattiset syvyyteen vaikuttavat tekijät sekä kuinka ne huomioidaan pohjatangon syvyytyksessä.

Harausnopeuden vaikutus pohjatangon syvyyteen

Harausnopeuden vaikutus pohjatangon syvyyteen määritetään vähintään 1 cm tarkkuudella. Pohjatangon nopeudesta johtuva syvyyden muutos tulkitaan systemaattiseksi ja muutos tulee huomioida täysmääräisesti tankoharaustöissä.

Pohjatangon syvyyden muutoksia on mitattu vaaitsemalla. Mittaamiseen voidaan käyttää myös muita mittausmenetelmiä (esim. GNSS, Liiketilasensori). Syvyyden muutosten mittaamiseen käytetty menetelmän kuvaus ja arvio mittaustarkkuudesta ovat osa tutkimusraporttia.

Nopeuden vaikutuksesta pohjatangon syvyyteen määritetään vähintään:

- Vertailukorkeudet, pohjatanko syvyytettyinä minimisyvyyteen sekä maksimisyvyyteen haran ollessa paikallaan.
- Korkeudet, pohjatanko syvyytettyinä minimisyvyyteen sekä maksimisyvyyteen haran liikkeessä normaalista harausnopeudesta puolta vauhtia.
- Korkeudet, normaalilla harausnopeudella, pohjatanko syvyytettyinä minimisyvyyteen sekä maksimisyvyyteen.

Pohjatangon syvyyden muutoksien määrittämisessä käytettävien mittalaitteiden toiminnan tarkastus on aina tehtävä etukäteen, joka kuvataan tutkimusraportissa.

Tankoharan dynaamiset ilmiöt

Nopeuden lisäksi pohjatangon syvyyteen vaikuttaa dynaamiset ilmiöt. Dynaamisten ilmiöiden vaikutuksia pohjatangon syvyyteen voidaan tutkia liiketilasensorilla.

Dynaamisten ilmiöiden vaikutusten suuruus ja huomioiminen kuvataan tutkimusraportissa.

Pystytankojen suoruus ja mittamerkit

Tankoharan pystytankojen tulee olla suorat ja mahdollisten pystytankojen jatkojen kiinnikkeiden ehjät. Pystytangoissa ei saa olla vääntymiä.

Pystytankojen mittamerkkien oikeellisuuden tarkastukseen tulee käyttää ehjää, veynämätöntä mittanauhaa huomioiden mittanauhakohtainen vetojännitys.

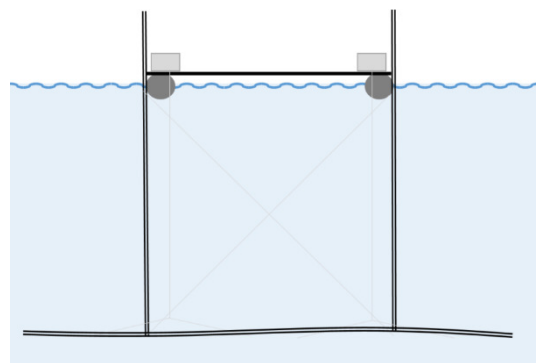
Mittamerkkien oikeellisuus määritetään pohjatangon alapinnasta tankoharan minimiharaussyvyyden ja maksimiharaussyvyyden väliseltä matkalta löytyville mittamerkeille. Mittamerkkien oikeellisuus on määritettävä uudelleen, jos niitä muutetaan tai uusitaan.

Pystytankojen suoruus voidaan jälkeen päin todentaa valokuvin ja mittamerkkien tarkastuksen mittaustulokset kirjataan tutkimusraporttiin.

Pohjatangon suoruus

Pohjatangon suoruuden varmistaminen voi käytännössä tapahtua vain pohjatangon ollessa nostettuna ylös kuljetusta varten. Tällöin varmistetaan, että pohjatanko ei ole vääntynyt ja siinä ei ole rakenteellisia vaurioita. Kun pohjatanko koostuu useammasta osasta, on tankojen välisten kiinnikkeiden oltava ehjiä.

Syvyytetyn pohjatangon suoruuden todentamiseen ei ole käytettävissä helppoa menetelmää etenkin pohjatangon jatkeiden osalta. Pohjatangon "lenkouden" minimointi sekä "lenkouden" vaikutuksen huomioiminen mittausepävarmuuteen jää haraajan vastuulle.



Kuva 6: "Lenko" pohjatanko

Pystytangon pystysuoruus harauksessa

Pohjatangon syvyyteen vaikuttaa pystytankojen pystysuoruusehdosta poikkeaminen. Viiden asteen poikkeama pystysuoruudesta aiheuttaa 10 metrin syvyydessä 4 cm poikkeaman pohjatangon syvyyteen. Pystytankojen kallistumiselle määritetään maksimi kulma-arvo, jota ei saa ylittää harauksen aikana.

Pystytankojen pystysuoruusehdosta poikkeamisen maksimi kulma-arvo ja sen vaikutus pohjatangon syvyyteen kirjataan tutkimusraporttiin.

Haran syväyksen seuranta

Tankoharan staattisen syväyksen seurannalla varmistetaan haran "lastin" muuttumattomuus. Jos syväyksen muutos johtuu tankoharan rakenteiden muutoksista, niin tulee rakenteiden ja ominaisuuksien vaikutus pohjatangon syvyyteen määrittää uudelleen. Muutoin tankoharan syväyksen muutoksen syy on selvitettävä, ettei vapaa vesilasti pääse vaikuttamaan haran käyttäytymiseen.

Tankoharan syväys kirjataan haran tutkimusraporttiin.

Haran rakenteen ja ominaisuuksien määrittämisen tutkimusraportointi

Haran rakenteen ja ominaisuuksien määrittämisestä laaditaan tutkimusraportti. Tutkimusraportista tulee ilmetä vähintään:

- Haran nimi/tunnus, Haran päämitat (pituus ja leveys), pohjatangon leveys (minimi ja maksimi), Haran toimintasyvyys (minimi ja maksimi), Haran rakennusvuosi, työntöaluksen tiedot, haran paikannustapa, Paikannuslaitteisto, Muu laitteisto.
- Haran rakennepiirros, josta kuvattu kaikki tankoharan mittamerkit, laitteet ja niiden sijainti toisiinsa nähden (mm. paikannuksen epäkeskisyys)
- Pohjatangon syvyyden muutokset harausnopeuden vaihteluista.
 - Käytetty mittausmenetelmä, mittalaite ja sen toimintakunnon tarkastus.
 - Mittaustulokset
 - Mittaaja
- Pystytankojen tarkastus
 - Suoruuden tarkastus hara ylhäällä
 - Pystytankojen mittamerkkien tarkastusmittauksen tulokset
- Pystytankojen suoruusehdosta poikkeamisen kuvaus
 - Suurin sallittu poikkeama asteina
 - Merkintätapa tankoharassa

- Vaikutus pohjatangon syvyyteen
- Pohjatangon suoruuden tarkastus
- Dynaamisten vaikutusten huomioiminen
- Haran syvyyksen seurantaan käytettävät mittamerkit ja niiden lukemat.
- Pohjatangon paikannuksen mittausepävarmuuden määrittäminen
 - Pohjatangon paikannuspiste
 - Paikannuksen virhebudjetti

8.2.2 Paikannuksen mittausepävarmuus

Tankoharauksessa paikannuksen mittausepävarmuus määritetään pohjatangolle. Mittausepävarmuus koostuu tällöin paikannusantennin mittausepävarmuudesta, pohjatangon sekä paikannusantennin välisestä epäkeskisyydestä, suuntatiedon mittausepävarmuudesta sekä pystytankojen pystysuorusehdosta poikkeamisesta.

Paikannuksen mittausepävarmuuden määrittäminen raportoidaan tankoharan tutkimusraportissa.

8.2.3 Mittausolosuhteiden vaikutuksen huomioiminen

Väyliä turvallisuuksiin varmistamiseksi tehtävissä harauksissa, mittausolosuhteiden vaikutus huomioidaan siten, ettei pohjatangon syvyys haratessa ole matalampi kuin haraussyvyys.

Mittausolosuhteiden vaikutusta tankoharan syvyyteen on mahdollista havainnoida kohtuullisin kustannuksin liiketilaa havainnoivien laitteistojen yleistettyä. Liiketilaa havainnoivien laitteiden avulla pystytään tunnistamaan dynaamiset vaikutukset sekä mainingin vaikutus pohjatangon syvyyteen.

Aallokon vaikutus syvyytykseen

Tankoharan syvyytyksessä aallokko aiheuttaa epävarmuuden mittamerkkien lukemiselle. Aallokon vaikutus syvyytyksen tarkkuuteen huomioidaan pohjatangon asentusvyvyyttä määritettäessä.

Aallokon vaikutus pohjatangon syvyytykseen

Aallokon vaikutus pohjatangon syvyyteen on huomioitava ylisyvyytyksen suuruutta määritettäessä.

Muun liikenteen aiheuttamat häiriöt

Muun liikenteen aiheuttamien häiriöiden vaikutusta pohjatangon syvyyteen on minimoitava ja tarvittaessa haraustyö on keskeytettävä hetkellisesti. Suurempien alusten aiheuttama aallokko ja mainingin tyyppinen ilmiö eivät saa vaarantaa haraustuloksen luotettavuutta.

8.2.4 Vedenkorkeushavaintojen mittausepävarmuus

Vedenkorkeushavaintojen mittausepävarmuus tulee huomioida tankoharan virhebudjetissa. Mittausepävarmuus on määritettävä haraustyön alkaessa, koska vedenkorkeustietojen epävarmuuteen vaikuttaa, tiedon ajantasaisuus, vedenkorkeusasteikon etäisyys mittauskohteesta, vedenkorkeuden nopeat muutokset sekä havaintolaitteiden lukematarkkuus.

8.2.5 Tankoharauksen syvyystoleranssi

Tankoharauksen syvyystoleranssi koostuu satunnaisista epävarmuuksista, systemaattisista ominaisuuksista, mittausolosuhteiden vaikutuksesta sekä vedenkorkeuden epävarmuudesta. Syvyystoleranssia määritettäessä on kaikki syvyyteen vaikuttavat tekijät huomioitava ja kirjattava syvyytyslaskelmaan.

8.3 Paikannuksen testaus ja laadunvarmistus tankoharauksessa

8.3.1 Paikannuksen testaus

Tankoharauksen paikannuksen testauksella todennetaan, että paikannuksen mittausepävarmuus vastaa mittauksen vaatimuksia. Tankoharan paikannuksen testaus tehdään paikannusantennille staattisena paikannustestinä.

Paikannustesti tehdään vertaamalla paikannusjärjestelmän tuottamaa "alussijaintia" kiintopisteeltä tuotavaan paikkatietoon projektissa käytettävässä koordinaattijärjestelmässä ja projektiossa. Paikannustestissä voidaan referenssinä käyttää RTK- tai PPK -sijaintiratkaisua, joka on sidottu valtakunnalliseen EUREF-FIN kiintopisteverkkoon. Paikkatietoa kerätään testissä vähintään 15 minuuttia samalla tallennusväliillä kuin tankoharaustöissäkin.

Testistä raportoidaan havintosarjojen yksittäiset keskihajonnat ja vaihteluvälit sekä havintosarjojen välinen ero sekä vaihteluväli.

8.3.2 Paikannuksien laadunvarmistus

GNSS -paikannuksessa on käytettävä vähintään viittä satelliittia. Paikannukseen käytettävien satelliittien korkeuskulman tulee olla vähintään 10 astetta horisontista.

Paikannuksen PDOP arvo ei saa olla korkeampi kuin neljä (4).

Paikannusjärjestelmien tulee tuottaa jatkuvasti seuraavia tietoja:

- Paikannustarkkuus tai paikannuksen epävarmuus tietoja. Jos paikannuslaitteisto ei kykene antamaan näitä tietoja, niin paikannuksen laadunvarmistus voi perustua ensisijaisen ja toissijaisen paikannusjärjestelmien tuottamien tietojen vertailuun tai paikannushavaintojen keskijointaan.
- GNSS paikannusjärjestelmän tulee tuottaa seuraavat tiedot
 - Satelliittien lukumäärä
 - DOP -arvot
 - GNSS korkeustieto, jos on käytössä, paikannusheittojen sekä epävarmojen ja väärin paikannustulosten havaitsemiseksi.
 - GNSS raakadatat (tallennetaan RINEX formaatissa)
 - Referenssitukiaseman havaintodata (Jos paikannus perustuu jälkilaskentaan)

Paikannuksen laadunvarmistukseen liittyvien arvojen tulee olla käyttäjän määriteltävissä ja niitä tulee seurata mittausten aikana. Järjestelmän tulee antaa hälytys, jos paikannuksen korjauspalvelu tai korjausasema vaihtuu mittauksen aikana.

Kun GNSS -korjaustiedon laadun arvellaan heikkenevän tukiaseman etäisyydestä johtuen, on perustettava tukiasema tunnetulle EUREF-FIN -kiintopisteelle (vähintään E3-luokan kiintopiste).

8.4 Harattavan alueen määrittäminen

Harattavan alueen määrittäminen tulisi perustua ajantasaisiin monikeilainmittauksiin ja niiden perusteella määritettyihin varmistetun vesisyvyiden alueisiin.

Harattavan alueen laajuutta määriteltäessä on huomioitava eri mittausmenetelmillä varmistettavien alueiden välinen riittävä päällekkäisyys.

Monikeilainaineiston käyttö haraustyön suunnittelussa ja mittauksen taustatietona vähentää harauskaluston vikaantumisriskiä yllättävien pohjatangon kosketusten vähentyessä.

8.5 Haraustyön suorittaminen

Väyliä turvallisuuksi varmistamiseksi tehtävissä haraustyöissä mittauslinjojen tulee olla suorina ja mittauslinjojen linjaväliä määritettäessä on huomioitava paikannuksen epävarmuus, jotta harauksella saavutetaan 100 % peitto. Vierekkäisten harauslinjojen välinen peittoalue tulee olla vähintään kaksi kertaa paikannusepävarmuus.

Harattavalla alueella havaitut yksittäiset kiinniotot pyritään haramaan useammasta suunnasta, jotta kiinnioton aiheuttama aukko harauksen peittoalueessa olisi mahdollisimman pieni. Väyläalueen reunassa olevan matalan määrittämisessä pääasiallinen mittauslinjojen suunta on kohtisuoraan matalaa reunaa kohti.

Pohjatangon asetussyvyys määritetään syvyyslaskelmassa. Syvyyslaskelmassa huomioidaan haraussyvyys, syvyystoleranssi sekä valitseva vedenkorkeus. Pohjatangon syvyitys on tehtävä huolellisesti. Jos mahdollista, niin syvyitys dokumentoidaan kuvaamalla.

Vedenkorkeuden muutoksia on seurattava säännöllisesti ja mahdolliset vedenkorkeuden vaihtelut on huomioitava asetussyvytydessä. Vedenkorkeuden noustessa on sen vaikutus pohjatangon syvyyteen huomioitava ennakoivasti.

Pohjatangon paikka- ja suuntatieto tulee tallentaa haraustyössä 5 metrin välein tai havaittaessa kiinniotto. Haraustyöstä laadittavan harauspöytäkirjan tulee sisältää vähintään seuraavat tiedot:

- Haraustyön yleistiedot (Työn suorittaja, väylän ylläpitäjä, väylän tunnistetiedot)
- Harauksen tiedot (ajankohta, haraussyvyys, pohjatangon asetussyvyys, vertaustaso, haran syväys)
- Mittauslaitteiston tiedot (Haran nimi, aisan kokonaisleveys, linjaväli, paikannusmenetelmä, korjausasema, paikannuslaitteisto, muut mittauksessa käytetyt laitteet)
- Vedenkorkeuteen liittyvät tiedot (Vedenkorkeusasemittain: vedenkorkeus ja havaintoaika)
- Olosuhdetiedot (Vallitseva aallonkorkeus, tuulen nopeus ja suunta)
- Mittauslinjoittain (numero, aloitusaika, lopetusaika, kiinniotot, muut tapahtumat)
- Mittauksen yhteenveto (Mittauslinjojen yhteispituus, mitatun alueen pinta-ala)
- Syvyyslaskelma (voi olla liitteenä)
- Numeeristen taltioiden tiedostonimet.

8.6 Haraustulosten esittäminen

Haraustulosten perusteella pitää jälkikäteen pystyä varmistamaan haraustyön ja siitä muodostetun peittoalueen oikeellisuus.

Haraustulokset muodostuvat seuraavista tiedoista:

- Mittaustalot (paikannus, suunta, kiinniotot, harauspöytäkirja, syvytyslasikelma)
- Harattua aluetta kuvaava peittoalue.
- Raportit (Haran tutkimusraportti, paikannuksen testaus, laadunvarmistus, syvyystoleranssin määrittäminen)

Haraustulosten tiedostojen tulee olla luettavissa yleisimmillä ohjelmilla/paikkatieto-ohjelmilla.

8.7 Tankoharausten laaduntarkastus

Vesisyvyyden varmistamista varten toteutettavissa tankoharaushankkeissa laaduntarkastus on toteutettava siten, että mittauskaluston tarkastukset ja dokumentaatio ovat ajantasaisia, haraajien pätevyys mittaustehtävään sekä kaluston käsittelyyn on varmistettu, harauksissa noudatetaan voimassa olevia ohjeita ja lopputulokset sekä niistä johdettujen rajoitusten oikeellisuus on tarkastettu.

Tankoharausten laaduntarkastuksen tavoitteena on, ettei väylien turvallisuus perustu virheelliseen mittaustietoon.

9 Laaduntarkastus merenmittausaineistoille

Väyliin vesisyvyyden varmistamiseen käytettävien merenmittausaineistojen tulee täyttää asetetut laatuvaatimukset. Laaduntarkastus tehdään kaikille niille merenmittausaineistoille, joiden perusteella väylän vesisyvyys varmistetaan.

Laaduntarkastus merenmittausaineistoille sisältää:

- Uusien merenmittausaineistojen vastaanottotarkastuksen.
- Vesisyvyyden varmistamiseen käytettävien merenmittausaineistojen ristiriidattomuuden tarkastamisen.
- Vesisyvyyden varmistamiseen käytettävien merenmittausaineistojen laatuvaatimusten täytymisen sekä ajantasaisuuden tarkastamisen.

9.1 Uusien aineistojen vastaanottotarkastus

Vastaanottotarkastus varmistaa merenmittausaineistojen täyttävän laatuvaatimukset. Vastaanottotarkastuksessa huomioidaan mittausten jäljitettävyys, jonka toteutuminen edellyttää mittausten mukana toimitettavia mittaustyön kuvauksia sekä toimittajan laadunvarmistukseen liittyvien toimenpiteiden dokumentointia/raportointia.

9.1.1 Toimituksen sisällön tarkastus

- Kaikki mittaustiedostot ja meta-tiedot ovat toimituksessa.
- Määritetty mittausalue on mitattu tasalaatuisesti
- Peittoalue aikaisempiin toimituksiin nähden toteutuu.
 - Eri aikaan luovutettujen aineistojen välillä

9.1.2 Pohjan peittävytutkimus ja pistetiheys

Väyliin turvallisuuden varmistamiseen tehtyjen merenmittausten syvyysmittausten peittävyys tulee olla vähintään 100 %. Alueet ja kohteet, jossa peittävyys vaatimus ei toteudu, on selkeästi oltava raportoituna.

Syvyyspisteaineiston pistetiheyden tarkastuksessa varmistetaan, että hyväksytyjen havaintojen pistetiheys täyttää vähimmäisvaatimukset eri syvyysvyöhykkeillä.

Poikkeamat peittovaatimuksessa tai pistetiheysvaatimuksessa vaikuttavat varmistetun vesisyvyyden todentamiseen.

9.1.3 Systemaattiset virheet ja satunnaiset poikkeamat

Systemaattiset virheet ja poikkeamat tulee poistaa tai minimoida jo mittaushetkellä ja ne eivät saa ylittää mittaussjärjestelmälle virhebudjetissa määritettyjä satunnaisvirheiden arvoja

Syvyyspisteaineistot

Systemaattisten virheiden ja satunnaisten poikkeamien tarkastus voi perustua syvyysaineistosta tehtyjen minimi-, keskiarvo- ja maksimipintojen väliseen vertailuun. Pintamallien vertailun tuloksia voidaan arvioida mallien tilastollisesti esitettävien erojen kautta.

Pintamallien muodostamisessa tulee huomioida vähintään 5 syvyyspisteen vaatimus syvyyden mukaan vaihtuvaan solukokoon.

Pintamallien yksittäisten solujen keskihajontoja tutkimalla varmistetaan, ettei aineistoista löydy poikkeamia eikä muita ongelmia kuten käytetystä äänennopeusprofiilista johtuvia ilmiöitä.

Pintamallien visuaalinen tarkastelu tehdään vinovalovarjostuksen avulla, jossa tuotantolinjat valaistaan suoraan sivusta. Tavoitteena on varmistaa, että aineistossa ei ole systemaattisia virheitä tai poikkeamia.

Tankoharaus

Mittauksen aikaisia systemaattisia tai satunnaisia poikkeamia on tankoharauksien mittaustuloksista vaikeata havaita jälkikäteen. Syvyytyksen asianmukaisuus varmistetaan syvyytyslaskelmasta. Syvyytyksen oikeellisuutta voidaan arvioida kiinnottojen ja syvyyspisteaineiston välisellä vertailulla.

9.1.4 Syvyyspisteaineiston poikittaislinjojen vertailu

Poikittaislinjojen vertailussa olisi syytä käyttää monikeilainmittausten jälkikäsitteilyohjelmassa olevia Cross-check- työkaluja.

Pohjan vertailupinta muodostetaan mallintamalla poikittaislinjojen syvyysaineisto ja vertaamalla sitä tuotantolinjojen syvyyshavaintoihin. Tuotantolinjojen tulee läpäistä hyväksytysti vertailu poikittaislinjojen malleihin vaatimusten mukaisessa FIS44/2021 mittausluokassa.

9.1.5 Syvyyspisteaineiston erotuspinta-analyysi

Monikeilausten hyväksytyistä syvyyspisteistä muodostettujen minimipintamallien ja maksimipintamallien välistä erotuspintaa tarkastellaan analyysissä. Analyysiä varten mittausalue voidaan jakaa osa-alueisiin, joiden koko on vähintään 7 km². Pintojen välinen keskihajonta lasketaan ja sen tulee täyttää 95 % luottamusvälillä vaadittu FIS44/2021 vaatimukset.

Minimi- ja maksimipinnoista tarkastetaan, että aineistoon ei ole jäänyt yksittäisiä harhakaikuja.

9.1.6 Aineiston käsittely

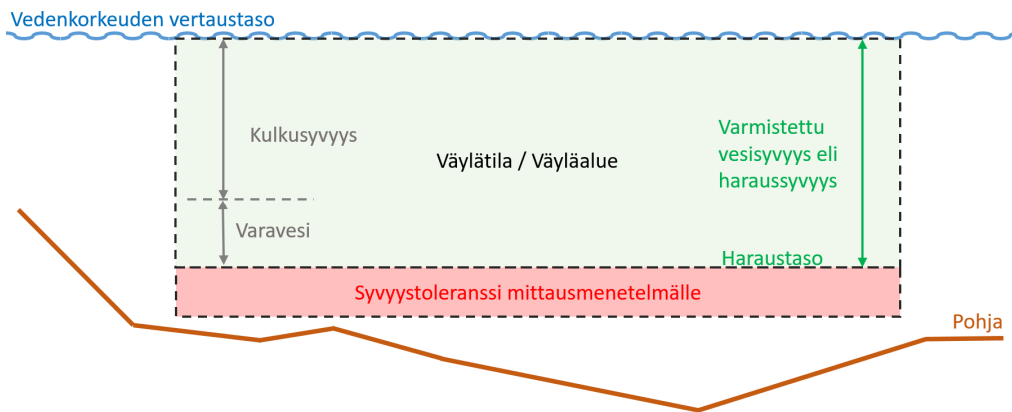
Syvyyspisteaineisto

Aineiston käsittelyn tarkastuksessa kaikista syvyyshavainnoista (hyväksytyistä ja hylätyistä) tutkitaan, ettei aineistoa ole käsitelty virheellisesti. Jälkikäsitellyssä todellista pohjaa ja kohteita ei saa merkitä hylätyiksi eikä kohteiden muotoa saa muuttaa.

Tankoharaus

Tankoharausten osalta tarkastetaan, että mittaustulokset ovat jäljitettävissä ja mittauksista muodostettu harauksen peittoalue täyttää 100 % peittovaatimuksen.

10 Väyläalueen varmistetun vesisyvyyden todentaminen



Kuva 7: Käsitteet varmistettu vesisyvyys, syvyydysteranssi

Väyläalueella ei saa olla haraustasoa matalampia kohteita tai alueita, jotta merenkulun turvallisuus ei vaarannu. Väyläalueen varmistettu vesisyvyys voidaan määrittää monikeilainmittauksiin tai tankoharausmittauksiin perustuen. Mittausten tulee olla ajantasaisia ja niiden tulee täyttää IHO:n S-44:n ja kansallisten merenmittausohjeiden vaatimukset mittausten toteutuksen, laadun ja dokumentoinnin osalta.

Varmistetun vesisyvyyden määrittämisessä huomioidaan mittauksiin liittyvät syvyysmittausepävarmuus ja paikannusepävarmuus.

Varmistetun vesisyvyyden todentamiseen käytettävien mittausten tulee olla ristiriidattomia toisiinsa nähden.

Väyläalueen haraustaso ilmoitetaan N2000 korkeusjärjestelmässä olevassa vertaus-tasossa.

10.1 Vesisyvyyden varmistaminen monikeilainmittausten perusteella

Vesisyvyyden varmistamiseen tulee käyttää monikeilainmittausten syvyyspisteaineistoja. Syvyyspisteaineistojen peittävyys tulee olla vähintään 100 % varmistettavalta alueelta. Syvyysaineiston harventamista, suodattamista tai mallintamista ei saa tehdä, jotta matalimmat havainnot sekä alueet jotka alittavat 100 % peittävyys vaatimuksen eivät tahattomasti jää huomaamatta.

Syvyyspisteaineistolle määritetään etukäteen syvyydysteranssi sekä paikannustoleranssi.

10.1.1 Syvyystoleranssi monikeilainaineistoille

Monikeilainaineistolla voidaan varmistaa alueita, jotka ovat monikeilainaineistossa syvempiä kuin haraussyvyyden ja syvyystoleranssin summa.

Syvyystoleranssi määritetään FIS44/2021 SpecialOrder mittausluokan syvyysepävarmuuteen perustuvalla laskelmalla.

SpecialOrder syvyyden mittausepävarmuus * 3.

HARAUSSYVYYS (m)	3	6	10	15
Syvyystoleranssi (m)	0.75	0.76	0.78	0.82

Taulukko 3: Monikeilaimen syvyystoleranssi varmistuksiin.

10.1.2 Paikannustoleranssi monikeilainaineistoille

Paikannustoleranssi monikeilainaineistolle on vähintään FIS44/2021 Special Order mittausluokan mukainen.

Paikannustoleranssin huomioidaan varmistettaessa väyläalueen seuraavin periaattein:

- monikeilauksen perusteella varmistetuksi vesisyvyydeksi määritelty alue on paikannustoleranssin verran pienempi, kuin alue jolla syvyyssistemittauksen peittävyys on vähintään 100 %.
 - Peittoalueen ulkoraja supistuu sisäänpäin ja mahdolliset reiät/aukot laajenevat paikannustoleranssin verran.
- varmistetuksi vesisyvyydeksi määritelty alue on vähintään paikannustoleranssin etäisyydellä varmistumattomista syvyyshavainnoista (haraustaso + syvyystoleranssi).
- varmistuksen ei tulisi perustua yksittäisen luotauslinjan tuloksiin.

10.2 Vesisyvyyden varmistaminen tankoharausten perusteella

Vesisyvyyden varmistaminen voidaan tehdä tankoharausten perusteella, kun harauksista on käytävissä harauksen mittausaineistot sekä meta-tiedot.

Tankoharauksen tuloksista käytetään alueen määrittämiseen harauksen peittoaluetta, haraussyvyyttä sekä kiinniottoja.

Tankoharauksen peittoalueen rajauksen ja kiinniottojen paikannusepävarmuus huomioidaan varmistusta määritettäessä.

10.2.1 Syvyystoleranssi tankoharaukselle

Tankoharauksen syvyystoleranssi koostuu tankoharan rakenteen ja ominaisuuksien vaikutuksesta pohjatangon syvyyteen, mittausolosuhteiden vaikutuksesta pohjatangon syvyyteen sekä vedenkorkeustiedon mittausepävarmuudesta. Syvyystoleranssi tankoharaukselle määritetään mittaushetkellä ja sen oikeellisuus tulee tarkastaa, ennen kuin tankoharasta käytetään varmistetun vesisyvyyden todentamiseen.

10.2.2 Paikannustoleranssi tankoharaukselle

Tankoharauksen paikannustoleranssin tulee olla vähintään tankoharan paikannusepävarmuuden määrittelevän virhebudjetin mukainen. Ellei tankoharalle ole määritetty asianmukaisesti paikannusepävarmuutta, niin tällöin paikannustoleranssin tulee olla vähintään FIS44/2021 Special Order mittausluokan mukainen.

Paikannustoleranssi varmistettaessa väyläaluetta huomioidaan seuraavin periaattein:

- varmistus on vähintään peittoaluetta paikannustoleranssin verran pienempi.
- kiinnioton aiheuttama reikä varmistukseen huomioidaan pohjatangon ympärille siten, että raja on vähintään paikannusepävarmuuden etäisyydellä pohjatangosta.
 - Rajausta voidaan pienentää, jos yksittäinen matala on harattu useammasta suunnasta.
 - Rajausta voidaan pienentää, jos yksittäisen kiinnioton ”reunasta” on harattu puhtas harauslinja.
- varmistuksen ei tule perustua yksittäiseen harauslinjaan.

10.3 Mittausten ajantasaisuuden vaikutus vesisyvyyden varmistamiseen

Vesisyvyyden varmistamiseen käytettävien mittausten tulee olla ajantasaisia.

Vesisyvyyden varmistamiseen ei tule käyttää mittausaineistoja jos:

- Mittausajankohdan jälkeen mittausaineiston peittoalueella on ollut ruoppaus-
läjitys- tai rakentamistoimintaa.
- Mittausajankohdan jälkeen on väyläalueella havaittu haraustasoa matalampia kohteita.
- Mittaustulosten ajantasaisuuden arvioidaan heikentyneen olosuhteiden johdosta. Vaikuttavin tekijöinä ajantasaisuuden heikkenemiselle on mm. potkuri-
virrat, virtaukset tai maankohoaminen.

Mittaukset, jotka eivät ole ajantasaisia, tulee hylätä ja korvata uusilla mittauksilla. Alueilla, joissa pohja on lähellä haraustasoa, on säännöllisesti suoritettava uusintamittauksia.

11 LIITTEET

1. IHO S-44 ed 6
2. FIS44/2021
3. ITRF – EUREF-FIN välinen koordinaattimuunnoksen raportti ja testipisteet.
4. Esimerkkejä raporteista