

Roope Gelhar

# Selvitys laivojen kannettavista nestepintamittareista

Opinnäytetyö

Merenkulku

Maaliskuu 2017



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tekijä	Tutkinto	Aika
Roope Gelhar	Insinööri, merenkulku	Maaliskuu 2017
Opinnäytetyön nimi		60 sivua 15 liitesivua
Selvitys laivojen kannettavista nestepintamittareista		
Toimeksiantaja		
Xamk Logistiikan ja Merenkulun TKI, tutkimuspäällikkö Justiina Halonen		
Ohjaaja		
Tuntiopettaja Antti Lanki		
Tiivistelmä		
<p>Laivoilla käytetään tankkeihin integroituja nestepintamittareita ja käsikäyttöisiä peilausmittoja. Opinnäytetyössä tehtiin selvitys vaihtoehtoisista kannettavista nestepintamittareista. Selvitys tehtiin kyselytutkimuksena, jonka kohteina olivat suomalaiset anturi- ja mittausteknologiaa tuntevat yritykset.</p> <p>Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mahdollisia tapoja luoda uusi nykyaikaista mittausteknologiaa hyödyntävä kannettava nestepintamittari. Nestepintamittarin tulisi olla peilausmittaa tarkempi ja luotettavampi. Kysely toteutettiin Google Forms-ohjelmalla ja se lähetettiin sähköisessä muodossa saatekirjeen kanssa kohteena olevien yritysten työntekijöille. Vastausaikaa oli yli viikko. Kysely lähetettiin 23 kriteerit täyttävälle asiantuntijalle ja vastauksia kyselyyn tuli 10.</p> <p>Tutkimuksessa ilmeni kolme potentiaalisinta anturityyppiä, jota voisi käyttää uuden kannettavan nestepintamittarin rakentamiseen. Nämä anturityypit olivat hydrostaattiseen paineeseen perustuva anturi, sekä laser- ja ultraäänianturi. Antureiden kannettavaan muotoon tuomisen edellytyksien selvityksessä ilmeni tekniikan olevan riittävää akun ja mittaustulosten lukupäänteen puolesta. Anturit kykenevät maksimi etäisyysmittauksen puolesta mittamaan kaikkia laivan tankkeja, mutta niiden toimivuutta kannettavassa muodossa on jatkotutkittava laboratoriossa. Kysymykseen vastaajien mielestä kannettavan nestepintamittarin valmistaminen olisi kannattava ja tarpeellinen hanke, jos sen saa toimimaan tarpeeksi tarkasti ja luotettavasti.</p>		
Asiasanat		
nestepintamittaus, kannettava, tankki, anturi, peilaus		

Author	Degree	Time
Roope Gelhar	Bachelor of Marine Technology	March 2017
Thesis Title		60 pages 15 pages of appendices
Portable Marine Liquid Level Gauges		
Commissioned by		
Xamk Logistics and Seafaring RDI, Research Manager Justiina Halonen		
Supervisor		
Antti Lanki, Lecturer		
Abstract		
<p>On ships, integrated liquid level sensor and handheld gauges for the tanks are used. This thesis is a research on alternative portable liquid level gauges. The study was conducted as a survey whose targets were Finnish companies that are familiar with sensor and measurement technologies.</p> <p>The purpose of this study was to study possible ways to create a new portable liquid level gauge by utilizing modern measurement technologies. The new liquid level gauge should be more accurate and reliable than the old gauging instrument. The survey was carried out with a program called Google Forms, and the survey was sent with the electronic cover letter to the employees in the target companies. The reply time for the survey was a little over a week. The survey was sent to 23 experts, and there were 10 responses.</p> <p>The study revealed three potential sensor types which could be used for the construction of a new portable liquid level gauge. These sensor types were hydrostatic pressure sensor, laser and ultrasonic sensor. When investigating the requirements for the sensor to become portable, it became clear that there already exists the technology to provide the sensor with adequate battery and display terminal. The sensor's maximum ability to measure distance is sufficient for all the tanks that vessels have, but their functionality as a portable gauge needs to be tested in additional laboratory research. According to survey participants, the making of the portable liquid level sensor would be worthwhile and a useful project if it will work accurately and reliably.</p>		
Keywords		
gauging, portable, sensor, liquid level, tank		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA MENETELMÄT .....	7
2.1	Opinnäytetyön tavoite ja rajaus.....	7
2.2	Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät.....	7
3	LAIVAKÄYTÖSSÄ ESIINTYVÄT MITTARIT .....	8
3.1	Integroidut mittarit ja mittausmenetelmät.....	8
3.1.1	Pinnan heijastumaan perustuvat anturit.....	10
3.1.2	Painoon ja paineeseen perustuvat anturit.....	11
3.1.3	Nesteen nosteeseen ja liikkeeseen perustuvat anturit.....	15
3.1.4	Sähkönjohtavuuteen ja värähtelyyn perustuvat anturit.....	17
3.2	Käsi­käyttöiset nestepintamittarit .....	18
3.2.1	Peilausmitta ja mittatikku.....	19
3.2.2	Peilausmitan epäluotettavuus .....	20
3.2.3	Kannettava tankinmittausjärjestelmä.....	21
4	MITTAUKSEN TÄRKEYDEN JA KUNNOLLISUUDEN TOTEAMINEN .....	23
4.1	Kuinka tarkasti tankkeja tarvitsee mitata?.....	23
4.2	Kunnollinen ja luotettava mittaus .....	25
4.2.1	Tilastollinen päätelmä .....	26
4.2.2	Epävarmuuden analysointi.....	26
4.2.3	Virheiden karakterisointi.....	27
4.2.4	Reliabiliteetti ja validiteetti .....	28
4.3	Mittauksen arvoon vaikuttavat tekijät.....	30
4.3.1	Tiheys .....	30
4.3.2	Trimmi, kallistuma ja tankin muoto .....	31
4.3.3	Lämpötila.....	32
4.3.4	Innage vs. Outage.....	33
5	ANTURITYYPPIEN KANNETTAVUUS.....	34

5.1	Edellytykset kannettavalle mittarille .....	34
5.1.1	Peilausputken muoto.....	34
5.1.2	Tankin korkeus.....	36
5.1.3	Akku .....	36
5.2	Kannettavan nestepintamittarin oma kehitysidea.....	36
6	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	38
6.1	Tarkoitus ja tavoitteet.....	38
6.2	Aineiston kerääminen ja analysointi.....	39
6.3	Kyselylomakkeen laadinta .....	40
7	KYSELYN TULOKSET .....	41
7.1	Tutkimuksen yleiset osat .....	41
7.2	Alusten tankkien mittaustapa .....	42
7.3	Mittarityyppien soveltuvuus kannettavaan nestepintamittaukseen.....	44
7.4	Edellytykset mittarin kannettavuuteen .....	47
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	51
9	POHDINTA .....	53
9.1	Kyselyn onnistuminen ja eettisyys .....	53
9.2	Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti.....	54
9.3	Jatkotutkimuskohteet .....	55
	LÄHTEET.....	57
	LIITTEET	
	Liite 1. Saatekirje	
	Liite 2. Kysely: Kannettavat nestepintamittarit	

## 1 JOHDANTO

Laivan tankkien mittaamiseen käytetään pääosin etäluettavia tankkiin integroituja nestepintamittareita. Tankkien nestepintamittaamiseen käytetään peilausmittaa omistajan vaihdossa, mittarivian etsimisessä, mittareiden rutiinitarkastuksessa ja anturittomien tankkien mittaamisessa. Peilausmitta on vanha ja yksinkertainen tapa mitata nestepintaa, mutta sen ongelmana on monet mitausvirheitä tuovat tekijät. Tankkien kontrolloinnissa se ei haittaa, mutta tarkemmalla mittausvälineellä saisi lastin ja polttoaineen omistajan vaihdossa säästettyä jo yhden prosentin varmemmalla mittarilla huomattavan rahasumman.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää vaihtoehtoisia tapoja mitata tankkien nestepintaa. Mittariteknologian kehittyttyä peilausmitasta ei ole tullut paranneltua versiota markkinoille, jolla pystyisi mitata laivan kaikkien tankkien nestepintaa. Käytettävät mittausteknologiat täytyy johtaa olemassa olevista integroidusti käytettävistä nestepintamittareista ja tutkia muita kannettavia mittauslaitteita. Sopivien anturiteknologioiden ja kannettavuuden toteutuksen selvittämiseksi täytyy saada asiantuntevia mielipiteitä ja havaintoja selville. Näitä havaintoja ja mielipiteitä tulee selvittää mittausteknologiaa tuntevilta henkilöiltä kyselyn muodossa.

Teoriaosuus ennen internetkyselyn käsittelyä antaa hyvän pohjan nykyisistä mittausteknologioista ja kannettavaa nestepintamittaria koskevista haasteista. Teoriapohjan tekeminen on aloitettu tutustumalla integroitujen mittareiden toimintatapoihin ja markkinoilta löytyviin kannettaviin nestepintamittareihin. Uuden kannettavan nestepintamittarin pohjatiedoksi on selvitetty tarkan mittaamisen ehdot ja tutustuttu laivalla olevaan mittauskohteeseen syvemmin.

Opinnäytetyön aihe on lähtöisin omasta mielenkiinnostani nykyaikaisiin mittausteknologioihin ja haluun kehittää uusi toimivampi nestepinnan mittaus-tapa. Kouluni on antanut mahdollisuuden tehdä tutkimustyötä luotettavamman ja tarkemman kannettavan nestepintamittarin edellytysten selvittämiseksi.

## 2 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA MENETELMÄT

### 2.1 Opinnäytetyön tavoite ja rajaus

Opinnäytetyöni tavoitteena on etsiä vaihtoehtoinen tapa mitata laivan tankkien nestepintaa. Tämän vaihtoehtoisen nestepintamittarin tulisi olla tarkempi sekä luotettavampi vaihtoehto laivoilla käytettävälle peilausmitalle. Mittarin tulisi olla käytännöllinen ja soveltua laivan kaikkiin peilattaviin tankkeihin.

Opinnäytetyön tavoite on rajattu kannettavaan nestepintamittariin ja teoriaosuus on käsitellyt käytössä olevia erilaisia integroituja nestepintamittareita, joiden toimintaa voidaan soveltaa kannettavissakin mittareissa. Kannettavista nestepintamittareista on esitelty kaikki laivalle tarkoitetut nestepintamittarit, mutta työni selvitystä vastaavaa laitetta ei ole vielä kehitetty. Teoriaosuudessa on käsitelty hyvän mittauksen kriteerit ja vastattu kysymykseen siitä, mitä kunollinen mittaus vaatii. Nämä kriteerit ovat oleellisia hyvää uutta mittaria kehitettäessä.

### 2.2 Opinnäytetyössä käytetyt menetelmät

Opinnäytetyön teoriaosuuteen on hyödynnetty systemaattista kirjallisuuskatsausta. Teoriaosuudessa käsiteltävistä aiheista ei löydy toisiaan kumoavia lähteitä, koska kyseessä on yleistä ja vakiintunutta tekniikkaa. Finkin malliin verraten teoria osuudessa on käytetty hakutermejä, jotka koskevat nestepintamittaamiseen ja laivaympäristöön oleellisia teemoja. Käytännön seula on asetettu tuomaan löydetyistä lähteistä asiantuntevat ja mahdollisimman uudet lähteet, ja lähteiden kieli on ollut pääosin englanti. (Salminen 2011, 9–11.)

Kysely on laadittu suurimmaksi osaksi kvalitatiivisen mallin mukaan. Aineistolähtöisesti on laadittu kannettavaa nestepintamittaria koskevia väittämiä, joihin etsitään vastaajilta asiantuntevia mielipiteitä. Aiheen vaatima teoreettinen osaaminen karsii mahdollisten vastaajien määrää, joten kyselyn laadullisena teettäminen on kannattavin vaihtoehto. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006a.)

### 3 LAIVAKÄYTÖSSÄ ESIINTYVÄT MITTARIT

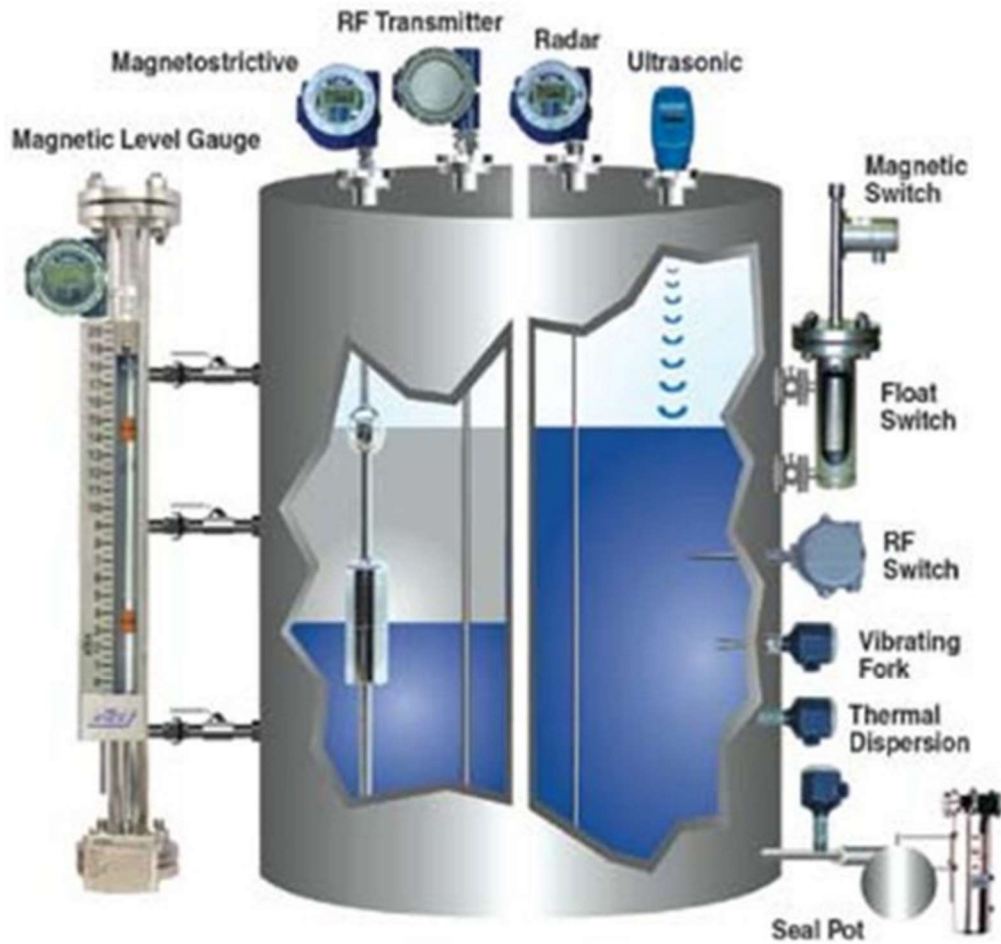
Tämä luku esittelee laivatankeissa yleisimmin käytettävät nestepintamittarit, jotka on eritelty integroituihin ja käsikäyttöisiin mittareihin. Integroitujen mittareiden osiossa on selitetty auki mittarityyppien toimintaperiaatteet ja nämä periaatteet pätevät myös selvitettäviin käsikäyttöisiin mittareihin.

#### 3.1 Integroidut mittarit ja mittaussuomenetelmät

Laivassa on monia käyttötarkoitukseltaan erilaisia tankkeja. Näiden vahtimiseen sekä käyttämiseen vaaditaan useita erilaisia sensoreita, jotka mittaavat tankin nestemäärää. Nestemäärä saadaan useimmiten selville integroiduilla mittareilla, eli mittareilla, jotka ovat sisäänrakennettuina tankkiin ja antavat jatkuvaa tai hetkellistä mittaustulosta. Mittauskohteet vaihtelevat erilaisten öljy-, liete- ja vesitankkien välillä, joiden nesteen tiheys sekä sakeus toisiinsa nähden vaihtelee runsaasti.

Mittareiden trendi on tällä hetkellä paineeseen perustuvien ja mekaanisten antureiden korvaaminen laitteilla, jotka mittaavat nestepinnan etäisyyttä itseltään signaalilla, jonka matkaan käytettyä aikaa voidaan mitata. Tähän ryhmään kuuluvat: ultraääni-, laser-, ja tutkamittari sekä magnetostriktiivinen mittari. Syynä mittaustapojen trendin muutokseen on näiden edellä mainittujen mittareiden korkeampi tarkkuus ja luotettavuus. Näiden antureiden toiminta perustuu nesteen pinnassa vallitsevien fysikaalisten parametrien hyödyntämiseen, kuten valon ja äänen heijastumisen, dielektrisyysvakioon, ja tiheyteen. Tankkien mittaussuomenetodien kehittymisen suhteen suuressa roolissa ovat olleet elektroniikan kehittyminen ja tankkien etähallitsemisen tarpeen lisääntyminen. Näiden ansiosta antureista ja mittalaitteistoista on kehitetty käyttäjäystävällisempiä ja luotettavampia. Kehittyneemmät anturit ovat lisänneet etähallinnan osuutta prosessiteollisuudessa sekä laivaympäristössä. Jotta tankin arvot saadaan konevalvomon tietokoneelle, on nestepintamittareiden luettavan arvon oltava digitaalisessa muodossa. Tämän takia tankkiin integroidut mittarit sisältävät usein mikroprosessoripohjaisen digitaalisen tietokoneen viestintää, valvontaa ja analysointia varten. (Hambrice & Hopper 2004.)





- Hydrostatic Head
- Float
- Load Cells
- Magnetic Level Gauge
- Capacitance Transmitters
- Magnetostrictive
- Ultrasonic
- Microwave
- Laser
- Radar
- Guided Wave Radar
- Dip Stick
- Vibration

Kuva 1. tankin integroidut mittaustavat (Hambrice & Hopper 2004)

Kuvassa 1 on esitetty suurin osa nykyaikaisista nestepintamittareista, joita käytetään teollisuus- ja laivaympäristössä tankkien hallitsemiseen. Laivojen tankkien yleisimmät mittaustavat vaihtelevat aluksen rakennusvuoden ja siihen tehtyjen muutosten mukaan. Kuvasta 1 puuttuu mittaustavoista vielä yleisesti laivoilla käytössä oleva näkölasi, joka voi uudemmilla aluksilla tulla vastaan, vaikka sen kaltaisista mekaanisista mittareista yritetään päästä mittausturvallisuuden takia eroon.

### 3.1.1 Pinnan heijastumaan perustuvat anturit

Tässä kappaleessa käsitellään heijastumaan perustuvia antureita, joita ovat:

- ultraäänianturi
- laseretäisyysmittari
- pintatutka.

Ultrasonic level transmitter eli nestepintaa lukeva ultraäänianturi toimii lähettämällä 0,1 – 15 MHz taajuisen äänisignaalin mitattavaan nesteeseen, jonka pinnasta signaali kimpoaa takaisin sensorille. Sensorin etäisyys nestepinnasta saadaan laskettua kertomalla signaalin kokonaismatkaan kulunut aika äänennopeudella. Ultraäänianturi koostuu erillisestä lähettimestä ja vastaanottimesta, jotka on sijoitettu anturin kärkeen vierekkäin, ja äänisignaali kulkee lähettimestä kartionmuotoisena tankkitilaan. Signaali heijastuu helposti tankin seinämistä nestepinnan antaman heijastuman lisäksi, jonka takia ultraäänisensorin reunamilla on mallista riippuen sylinterin muotoinen signaali ohjain, minkä minimoi heijastumien määrää. Oskilloskoopilla tutkittuna voidaan havaita vastaanottimeen saatujen ultraäänipulssien erottuvan selkeästi toisistaan, koska kaksi vahvinta signaalia ovat lähtöhetki ja suoraviivaista linjaa kulkeva nestepinnan heijastuma. Heikommat lisäheijastumat, jota tankkitilasta tulee, jätetään huomioimatta. Vastaanotettavalle signaalille annetaan tarkat raja-arvot, jotka eivät täyty lisäheijastumalla, ja tällöin virhetekijöitä saadaan vähennettyä. (Hambrice & Hopper 2004.)

Laser level transmitter eli laseretäisyysmittari toimii lähettämällä lyhyen sarjan koherenttia valoenergiaa mitattavaan kohteeseen ja vastaanottaa sen pinnasta kimpoavan osan. Laseretäisyysmittari toimii hyvin samankaltaisesti kuin ultraäänimittari. Laser on sijoitettuna tankin kattoon, ja se koostuu erillisestä lähettimestä sekä vierekkäisestä ilmaisimesta, mutta äänen sijaan käytetään nimensä mukaisesti laservaloa. Sensori pystyy mittamaan monenlaisia kohteita, joten mitattavan tankin sisältö voi vaihdella kiinteään ja nestemäisen välillä. Tähän ominaisuuteen auttaa valon hajonnan erittäin pieni kokoluokka (0,2°), jonka takia se kykenee palaamaan kohtisuoraa monenlaisesta pinnasta takaisin mittalaitteelle. Mittariin kuuluu ajastinpiiri, jolle laseranturin lähetin antaa tiedon hetkestä, jolloin se lähettää valoenergiaa ja ilmaisin ilmoittaa piirille kimmonneen energian palaamisajankohdan. Näistä arvoista ajastinpiiri laskee

anturin etäisyyden mitattavasta kohteesta kertomalla kuluneen ajan valonnopeudella. Etuja lasermittarissa ovat pieni signaalin hajonta, lämpötilan ja paineen vaikuttamattomuus, signaalin kaiuttomuus ja mittarin sekä signaalin pieni koko, josta hyödytään vaikeimmissa kohteissa. Laserin tarkkuutta laivaympäristössä lisää myös mahdollisuus mitata arvoja höyryn, pölyn, sekä vaahdon läpi. (Hambrice & Hopper 2004.)

Radar level transmitter eli pintatutkalähetin toimii hyvin samankaltaisesti kuin laser- ja ultraäänianturit. Pintatutka lähettävää ja vastaanottavaa signaalin mitattavan kohteen pinnasta, mutta se tekee mittauksen käyttäen sähkömagneettisia mikroaaltoja. Pintatutkia on mittaustapansa vuoksi kahta eri tyyppiä, ilman läpi kulkeva - ja ohjattu aaltotutka. Syynä kahteen tyyppiin on mikroaltojen kohteeltansa vaatima dielektrisyys eli sähköeristyksen arvo. Dielektrisyyttä tarvitaan, jotta sähkömagneettisella mikroaallolla riittää energiaa heijastua nesteen pinnasta takaisin mittalaitteelle. Jos mitattavan nesteen dielektrisyysvakio on alhainen, on mittaamiseen käytettävä ohjatulla mikroaallolla toimivaa tutkaa, koska sen signaali on noin 20 kertaa vahvempi kuin ilman läpi kulkevan tutkan. Samalla ohjattu mikroaalto mahdollistaa erittäin tarkan mitaustuloksen, johon ei tankissa vallitsevat olosuhteet vaikuta. Ilman kontaktia mittaavat pintatutkat voivat käyttää tekniikkanaan pulssimaista signaalinlähetystä, tai jatkuvaa lähetystä FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave). Pulssimainen signaalilähetys mittaa kaikuun kulunutta aikaa ja antaa mittausjärjestelmälle ohjelmoidun aikasyklin mukaan pinta-arvoa. Pulssimaisuus pakottaa mittaukseen pieniä taukoja. FMCW pystyy pitämään mittauksen tauottomana, ja se onnistuu vertaamaan palaavan signaalin taajuutta lähetetyn signaalin taajuuteen. Näiden kahden signaalin taajuusero on suoraan verrannollinen nesteen etäisyyteen mittarista. (Rosemount 2013.)

### 3.1.2 Painoon ja paineeseen perustuvat anturit

Tässä kappaleessa käsitellään paineeseen ja painoon perustuvia antureita, joita ovat:

- hydrostaattiseen paineeseen perustuvat anturit
- punnitusanturi.

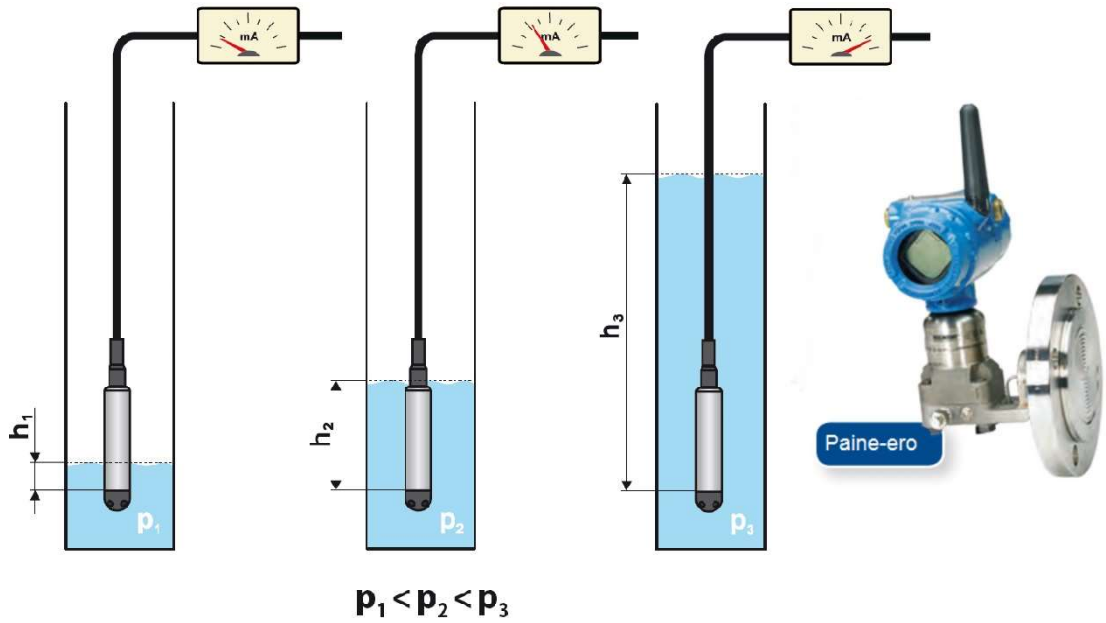
Hydrostatic device eli hydrostaattiseen paineeseen perustuvia mittareita ovat nesteen syrjäyttäjä, kuplailuputki, ja paine-eromittari. Nestettä syrjäyttävät mittarit toimivat Arkhimedeeseen lain mukaan. Kiinteä kappale on sijoitettuna tankin kattoon, ja kappaleeseen kohdistuu tankin nesteen noste, ja sitä kannatteleva mittari muuntaa nosteen aiheuttaman voiman luettavaksi signaaliksi.

$$p = p_0 + \rho gh \Leftrightarrow h = (p - p_0) \div (\rho g) \quad (1)$$

$$p = \rho gh \Leftrightarrow h = p \div (\rho g) \quad (2)$$

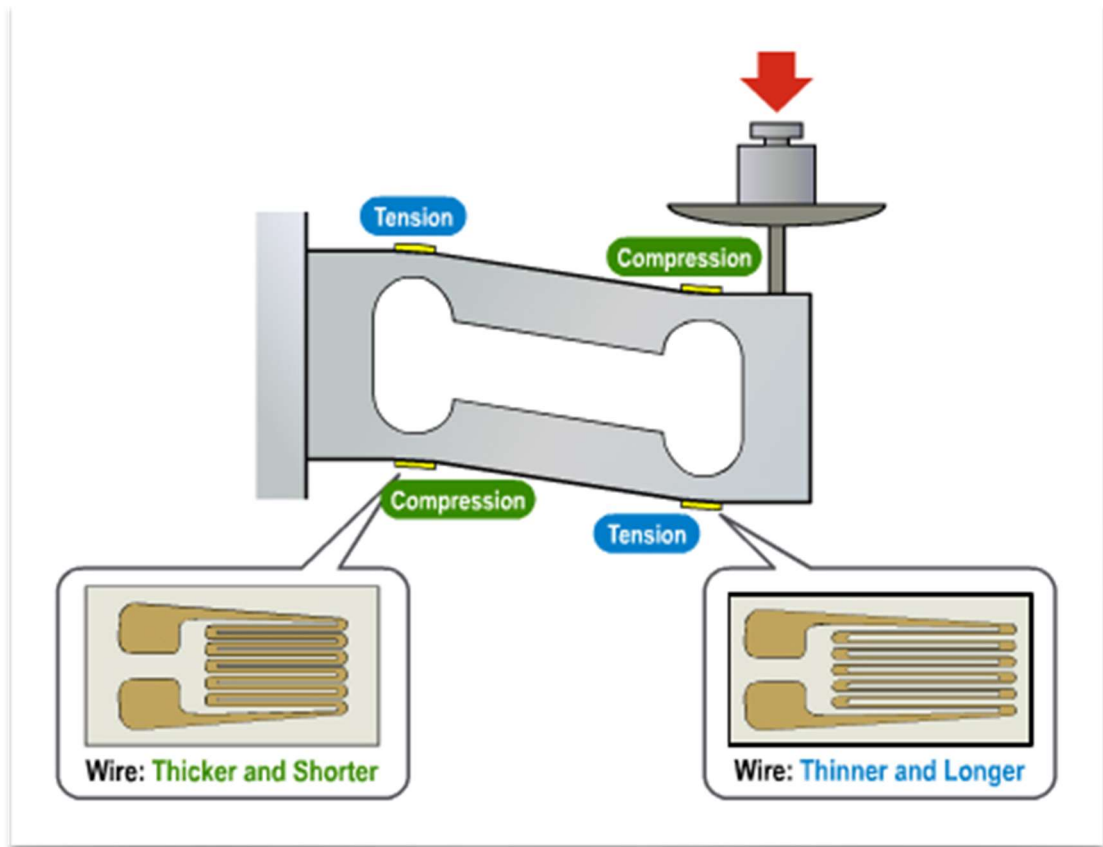
jossa	$p$	vesipatsaan hydrostaattinen paine	[Pa]
	$p_0$	ulkoinen ilmanpaine	[Pa]
	$\rho$	nesteen tiheys	[kg/m <sup>3</sup> ]
	$g$	putoamiskiihtyvyys	[9,81 m/s <sup>2</sup> ]
	$h$	selvitettävä nesteenkorkeus	[m]

Kuplailuputket toimivat vain tankeissa joissa vallitsee ilmakehän paine, ja tankissa käytettävänä kaasuna saa olla vain ilma tai kuiva typpi. Typpeä esiintyy kohteissa, joissa neste voi hapettua tai saastua ilmasta. Mittari toimii mittausputken avulla, joka kulkee tankin katosta aivan tankin alarajaan asti, ja tätä putkea täytetään kaasulla, kunnes putken paine saavuttaa nesteen tuottaman hydrostaattisen paineen. Paineen nouseminen lakkaa putkessa ja kaasua päätyy tankkiin sen ylittäessä nesteen hydrostaattisen paineen, ja putkessa oleva paineanturi mittaa korkeimman painearvon ja laskee sen arvon avulla kaavan 2 mukaisesti nesteen korkeuden. (Oil tanks 2016.)



Kuva 2. Paine-eroon perustuva mittari (PVL 2017)

Paine-eromittari on sijoitettuna tankin ulkopuolelle pohjan tasolle, tai se on asennettu kuvan 2 mukaisesti nestetilan sisälle, jossa anturin pää mittaa painetta. Kahtena tutkittavana mittauskohteena toimii tankin nesteen tuottama paine ja tankissa vallitseva ilmanpaine, ja näiden välisen paine-eron ja nesteen tiheyden avulla pystytään laskemaan nesteen korkeus tankissa. Paine-eromittaria pystytään käyttämään paineistetussa ja suljetussa tilassa, kun kuplailuputki vaatii tankkiin avonaisen putkilinjan ja normaalin ilmanpaineen. Suljetussa tankissa ja sen nestetilavuuden mittaamisessa käytetään kaavaa 1, mutta mittauslaitteelle joudutaan asentamaan paineenmittauslinja tankin yläosaan, koska suljetussa tankkitilassa oleva kaasunpaine ei ole vakio. Avonaisessa tankkitilassa käytetään kaavaa 2, koska siihen vaikuttaa vain normaali ilmanpaine, mutta lisätarkkuuden saamiseksi laivalla vallitseva ilmanpaine voidaan erikseen mitata ja varmistaa sen vaikutus. (Hambrice & Hopper 2004.)



Kuva 3. Punnitussanturin toiminta (Al-Multaq 2016)

Load cell eli punnitussanturi toimii venymäliuskan avulla. Anturiin kohdistuvan voiman muutos muokkaa resistanssin määrää, jonka avulla saadaan laskettua anturin yläpuolella oleva massa. Kuvassa 3 näkyy venymäliuskojen reagointi painoon ja laivan tapauksessa kuvassa olevan punnuksen tilalla on tankki.

Pinnankorkeuden mittaamiseksi punnitussanturit täytyy asentaa aluksen tukirakenteeseen ja antaa sille nolla-arvo yläpuolella olevan tankin ollessa tyhjä. Nesteen lisäämisen jälkeen voidaan laskea nestepinta aluksen geometrian ja nesteen ominaispainon avulla, ja samalla on mahdollista saada tankin nesteen tilavuus ilmi. Punnitussanturin tarkkuus heikkenee huomattavasti, jos sen lähistölle asennetaan uusia putkilinjoja ja laitteita, koska nolla-arvo vaihtuu. Myös lähellä olevat laitteet, kuten separaattorit ja pumput, sekoittavat helposti normaalilla toiminnallaan mitta-arvoja, koska anturiin kohdistuva paino vaihtelee näiden laitteiden vuorottelevan nestemäärän mukaan. Mittausongelmana ilmenee myös tutkittavan nestemäärän pieni osuus punnitussanturin yläpuolella olevasta nettopainosta, minkä takia kontaktittomalta mittarilta vaaditaan suurta tarkkuutta, jotta pieni ero nestemäärässä saadaan havaittua. (Hambrice & Hopper 2004.)

### 3.1.3 Nesteen nosteeseen ja liikkeeseen perustuvat anturit

Tässä kappaleessa käsitellään nosteeseen ja liikkeeseen perustuvia antureita, joita ovat:

- näkölasi
- uimurianturi
- magneettinen pintamittari
- magnetostriktiivinen lineaarianturi.

Sight glass eli näkölasi toimii tankkiin menevän venttiiliyhteyden avulla ja tankin ulkopuolella olevassa näkölasissa pinnankorkeus nousee samaa tahtia tankin nestepinnan kanssa. Tällöin näkölasin asteikosta voidaan lukea suoraan tankin nesteen korkeus. Näkölasin toiminta perustuu nesteen virtaamiseen tankin ulkopuolella olevaan lasiputkeen, jonka yläosassa vallitsee sama paine kuin tankissa. Tällaisessa tilanteessa nesteen pinta kohoaa samaan tahtiin tankin nestepinnan kanssa. Näkölasia luettaessa syntyy suuri mahdollisuus erilaisille mittausvirheille. Esimerkiksi tilanteessa, jossa tankin sisällä on kahta eri tiheyksistä ainetta, kuten öljyä ja vettä, kohoaa näkölasin nestepatas tiheämmän aineen mukaan, koska mittauspiste on tällöin tiheämmän aineen alueella. Näkölasin tapaisessa manuaalisessa mittaustavassa on paljon haittapuolia kuten vuotoriski, sillä näkölasi on koko tankkijärjestelmän heikoin osa sen materiaalin ollessa huomattavasti hauraampaa kuin tankin kuoren. Näkölasit likaantuvat helposti lasin sisäpinnan kulumisen ja lian kerääntymisen takia ja mitta-arvon saaminen hankaloituu. Likaantumisen, epätarkkuuden ja vuotoriskin takia näkölasin kaltaisesta vanhasta mittausmetodista pyritään luopumaan. (Hambrice & Hopper 2004.)

Floats eli uimurianturi toimii reagoimalla tankin nesteen nosteeseen ja anturin kohon varren sisällä oleva magneetti osuu ääriasennossa kelluessaan magneettikytkimeen. Uimurianturit ovat sijoitettuna joko tankin sisälle tai kuvan 1 tavoin tankin reunalle erilliseen putkilinjaan. Tilanteessa, jossa mittari on tankin sisällä, voidaan käyttää kahta toisistaan poikkeavaa uimurityyppiä. Tankin sisällä olevat nesteessä kelluvat uimurit voivat olla joko pystysuunnassa tankin koko korkeuden mukaisesti, jolloin saadaan lukupäätteelle kaikki nestepinta-arvot selville. Uimuriantureita voi olla sijoitettuna tankin eri raja-arvoille, jolloin lukulaitteesta saadaan selville vain tiettyjen alueiden nesteen korkeus.

Jälkimmäinen mittaustapa sopii tankkeihin, joidenka tarkkaa nestemäärää ei tarvitse olla tiedossa ja ensimmäistä mittaustapaa käytetään, kun vaaditaan nesteen tarkkoja arvoja. Käyttökohteesta riippuen tankin sisällä olevat uimurianturit ovat hyvin herkkiä likaantumisen kautta jumiutumaan, ja niiden putsaminen vaatii tankin tyhjennystä uimurin nestetasolle asti. (Hambrice & Hopper 2004.)

Erilliseen putkilinjaan sijoitettu uimurianturi voi olla asennettu antamaan pelkästään raja-arvon tiedot, tai koko tankin nestepinnan arvon, jos putkilinja jatkuu koko tankin pituuden. Erilliseen putkilinjaan sijoitettuun uimurianturiin kuuluu samoja ongelmia kuin näkölasiin. Anturin huolto on helpompaa sen ollessa tankin ulkopuolella, mutta se voi likaantua ja jumiutua ahtaan putkilinjan takia. Pidemmän mittausetäisyyden uimurianturit ovat kehittyneet muotoon, jossa saadaan magneettikentän vaihtelun avulla havaittua uimurin tarkka sijainti ja mitattua jatkuvaa nestepinta-arvoa. Aikaisemmin oli käytössä kytkimistä rakennettu verkosto, jonka takia mittaus oli portaittaista. (Hambrice & Hopper 2004.)

Magnetic level gauge eli magneettinen pintamittari on näkölasin ja uimurianturin yhdistelmä. Tämä mittari on hyvä vaihtoehto, jos tankin lukemiseen kaivataan lähilukua näkölasin tapaan. Pintamittarit toimivat luotettavasti ja ovat pitkäikäisiä kontaktittoman teknologiansa takia. Mittarin koho on sijoitettuna tankin ulkopuolella olevaan pilariin, jolla on putkien kautta yhteys tankkiin. Kohoon on sijoitettu muutamia vahvoja kestmagneetteja joihin lokaalisti luettava asteikko reagoi seuraamalla kohon liikettä. Pilari, johon koho on sijoitettuna, täytyy olla rakennettuna magneettittomasta aineesta kuten muovista tai titaanista, ja useiden materiaalivaihtoehtojen ansiosta magneettinen pintamittari on näkölasia paljon turvallisempi. Etäluettavaksi mittarin saa tehtyä asentamalla mitta-asteikkoon tutkalähettimen, joka muuntaa arvon 4 – 20 mA signaaliksi. (Hambrice & Hopper 2004.)

Magnetostrictive level transmitter eli magnetostriktiivinen lineaarianturi toimii lukemalla nestepintaa uimurin avulla, joka on varusteltu kestmagneeteilla. Magneettinen uimuri liikkuu nesteen mukana anturiputken ympärillä ja piezomagneettinen anturi aloittaa mittausprosessin lähettämällä virtaimpulssin. Virtaimpulssi luo magneettisen kentän anturiputkessa, ja uimurin magneettinen



kenttä lähettää johtimessa mekaanisen aaltomaisen liikkeen takaisin pietso-  
magneettiselle anturille. Anturilla havaittavat hetket ovat sähkövirran lähtö ja  
magneettisen uimurin heijastama aaltomainen vääntövoima. Ajanottopiiri las-  
kee näiden arvojen avulla erittäin tarkasti uimurin sijainnin, koska uimuriin ei  
pääse vaikuttamaan mittauskohteen lämpötila tai paine. Mittausvirheitä ei  
myöskään synny nesteen vaahtoamisesta tai virheellisestä kaiusta. Mittavir-  
heet pysyvät minimissä, koska magnetostriktiivinen lineaarianturi on kuin nu-  
rinpäin toimiva putki-uimuri, joten sen sisäputki ei likaannu tai jumiudu, ja mit-  
tatulokset pysyvät pätevinä pitkän ajanjakson. (Hambrice & Hopper 2004.)

#### 3.1.4 Sähkönjohtavuuteen ja värähtelyyn perustuvat anturit

Tässä kappaleessa käsitellään sähkönjohtavuuteen ja värähtelyyn perustuvia  
antureita, joita ovat:

- värähtelevä haarukka
- kapasitiivinen pinta-anturi.

Vibrating fork eli värähtelevä haarukka toimii pietsosähköisen kristallin avulla,  
joka muuttaa sähkönenergian mekaaniseksi liikkeeksi, joka ilmenee haarukan  
värinänä. Pietsosähköisen kristallin kautta kulkee värinän mukainen signaali  
takaisin anturin oskilloskoopille, joka analysoi haarukan värähtelyn taajuuden  
vaihtelua. Värähtelevä haarukka toimii samalla periaatteella kuin äänirauta,  
koska molemmat värähtelevät normaalissa tilanteessa niiden luonnollisella  
taajuudella. Värähtelevän haarukan luonnollista taajuutta tarkoituksenmukai-  
sesti häiritään tankin nesteellä tai kiinteällä materiaalilla, ja oskilloskooppi tul-  
kitsee muuttuneen taajuuden mitattavan aineen sijaitsevan mittarin kohdalla.  
Mittaria käytetään yleisimmin tankissa ala- ja yläraja hälytyksien ilmoittami-  
seen, koska haarukalla pystytään tulkitsemaan olosuhdemuutoksia vain itse  
laitteen läheisyydessä. Värähtelevän haarukan on tarkoitus korvata toiminnal-  
laan hälytysrajoihin sijoitetut uimurianturit. Mittarina se on huomattavasti lu-  
ottavampi, ja se ei saa virhearvioita mitattavan kohteen tärinästä, vaahtoami-  
sesta tai virtauksesta. Värähtelyanturi on helpon asentamisen ja kalibroinnin  
tarpeettomuuden lisäksi kykenevä havaitsemaan huomattavan nopeasti mit-  
tauskohteen tilanteiden erot, joten muuttuneeseen tankin tilanteeseen pysty-  
tään reagoimaan nopeasti. Värähtelevää haarukkaa ei suositella nesteiden mit-

taamiseen jolla on suuri viskositeetti, ja sen lisäksi ajan myötä anturin ongelmaksi saattaa tulla epäpuhtauksien kerääntyminen haarukan väliin, mikä haittaa värähtelyn vaimentamisen kautta nestepinnan havaitsemista. (Emerson 2016.)

Capacitance transmitter eli kapasitanssilähetin toimii havaitsemalla nesteen ja ilman dielektrisyysvakiot. Koska näiden kahden aineen vakioiden välillä on tarpeeksi suuri ero, pystytään havaitsemaan nestepinnan sijainti tankissa. Kapasitanssilähetin anturi toimii havaitsemalla tankin kokonaiskapasitanssin radiotaajuuden avulla, jonka signaali muuttuu väliaineen mukaan. Kapasitanssin arvo vaihtelee kaasun sekä mitattavan nesteen suhteen mukaisesti. Tämän takia mittatuloksesta tulee heti epäpätevä, jos tankin sisällä on kahta eri nestettä, koska silloin täytyisi olla tiedossa nesteiden tarkat suhteet toisiinsa ja niiden molempien dielektrisyysvakiot. Mittalaite koostuu radiosignaalia lähettävästä eristetystä mittatangosta, tai eristämättömästä tangosta, ja vertauskohteena toimii tankin seinämä tai referenssi tanko. Referenssinä olevat kappaleet luovat kapasitanssi sillan, jonka avulla nestepintamittausta voidaan suorittaa yhtäjaksoisesti ja mittauksen vaatima piiri saadaan suljettua. Mittatangon tyyppi valitaan mitattavan nesteen dielektrisyyskertoimen mukaan. eristettyä tankoa käytetään kertoimen ollessa korkeampi kuin kymmenen. Esimerkiksi voiteluöljyjen kertoimet vaihtelevat 2,1 – 7,1 välillä, kun taas veden vaihteluväli on viidenkymmenen ja kahdeksankymmenen välillä. Nesteen ominaisuuksien lisäksi mittauksen toteuttamiseen vaikuttavat myös tankin korkeus, muoto ja seinämän paksuus, joidenka perusteella valitaan antennin kokoluokka ja signaalin ohjaimen muoto. (Hambrice & Hopper 2004.)

### 3.2 Käsikäyttöiset nestepintamittarit

Käsikäyttöiset nestepintamittarit ovat tärkeitä laivaympäristössä, koska niiden avulla voidaan varmistua nestemäärästä ja hallita lukuisia tankkeja integroitujen järjestelmien rinnalla ja niiden pettäessä. Käsikäyttöiset pintamittarit jakautuvat kahteen pääluokkaan, joista yleisimmät ovat vanhanmallinen peilausmitta sekä mittatikku. Mittausteknologian kehittyessä tankkerialuksille on ilmestynyt UTImeter, eli digitaalinen peilausmittari joka hyödyntää ultraäänitekologiaa.

### 3.2.1 Peilausmitta ja mittatikku

Peilausmitta tai rullamitta, on mekaaninen pinnanmittauslaite, joka koostuu kuvan 4 mukaisesti: painosta, metallisesta mittanauhasta, kahvasta, ja vipuvarresta jonka avulla tiputetaan mittanauha tankkiin. Mitan toiminta perustuu painon ja siihen kiinnitetyn mittanauhan laskemiseen putkea pitkin tankkiin, jossa se käytetään tankin pohjassa, ja nostettaessa visuaalisesti etsitään nesteen jättämää jälkeä mittanauhasta. Tämä jälki kertoo pohjan ja nestepinnan välisen etäisyyden. Nesteen jättämän jäljen löytämiseksi on mahdollista käyttää apuna mittarista pois huuhtoutuvaa liitua tai väriä vaihtavaa tahnaa, jotka laiteaan mittanauhan päälle arvioidulle nestepinta-alueelle.



Kuva 4. Peilausmitta (1) ja mittatikku (2) (Arm-TeX 2015.)

Mittanauhan lukemiseen vaikuttaa huomattavasti kohteena oleva neste, koska yleensä kaikki läpinäkyvät nesteet, kuten voiteluöljy ja vesi, tuottavat lukuongelmia hankalan mittanauhan pinnasta havaitsemisen takia. Tummat ja sameat nesteet, kuten raskas polttoaine ja liete, ovat läpinäkyvien nesteiden täysi vastakohta ja erittäin helppoja havaita mittanauhasta, mutta tahmaisuutensa takia ne saattavat liata peilausputken ja antaa vaikeammin luettavan arvon. Rullamitta on itsessään hyvin yksinkertainen, mutta sen toimintaan vaaditaan mitattavalta tankilta paljon. Tankissa tulee olla rakennettuna mittauspiste, josta rullamitalla tulee olla mahdollista laskea paino pohjan tasaiselle kohdalle. Jotta voidaan minimoida aluksen heilumisesta johtuvaa mittarin vaeltelua, on mittapisteen peilausputket usein rakennettu umpinaisina lähes tankin pohjaan asti. Tämä on havainnollistettu luvussa 5.1.1. Peilausmitoilla ei varsinaisesti

ole mitään korkeusrajaa, joten mittanauhan pituus valitaan mitattavien kohteiden mukaan, koska liian pitkä nauha tuo kalliimman hintansa lisäksi painoa sekä kokoa, ja silloin laitteiden kannettavuus heikkenee. Nauhan päässä olevan painon muoto vaihtelee mittauskohteen mukaan, mutta yleisin malli on luodin muotoinen, koska tämä muoto auttaa painoa pääsemään paremmin pohjakosketukseen mahdollisen lietteen läpi. Mittanauhan materiaali vaihtelee mittauskohteen mukaan ja esimerkiksi Hartwig instruments tarjoaa kolmea erilaista materiaalivaihtoehtoa. Näistä ensimmäinen on hiiliteräs, ja se soveltuu yleiskäyttöön. Toisena on ruostumaton teräs, joka on tarkoitettuna syövyttäviin kohteisiin materiaalin kemikaalikestävyyden ansiosta. Viimeisenä tulee polyamidilla päällystetty teräs, joka soveltuu yleiskäytön lisäksi syövyttäviin kohteisiin, ja värinsä ansiosta sitä on helpompi lukea hämärässä. (Hartwig-instruments 2016.)

Kuvan 4 mittatikka voidaan käyttää paineettomien öljysäiliöiden mittaamiseen. Laivalla mittatikka käytetään suhteellisen matalissa ja sijaintinsa puolesta helpoissa tankeissa, koska mutkittelevaa peilausputkea pitkin ei saa laskeutua joustamatonta ja leveää mittausvälinettä, ja lisäkorkeus tuo pitkän määrän narua, jolla mittatikka joudutaan laskea. Toiminnaltaan mittatikka on äärimmäisen yksinkertainen, eli metallinen tai muovinen tikku tiputetaan köyden varassa tankin pohjaan asti, ja nostamisen jälkeen katsotaan nestepinnan korkeus tikun mitta asteikosta. Mittatikusta on olemassa kahta eri variaatiota ja ensimmäinen niistä on kuvan 4 mukainen nivelien avulla kokoontaitettava mittari, ja toinen on suoraa mallia oleva tikku, jonka säilytys ja käyttö ovat muotonsa vuoksi rajoitettua. Maapuolella mittatikka pystytään käyttämään korkeampien tankkien mittaamiseen erilaisen ympäristön ja mittauspisteen ansiosta ja mittaus suoritetaan yleensä leveämmän täyttölinjan kautta. Korkeampien tankkien mittaus laivalla on kuvan 4 mukaisella mittatikulla epätarkkaa ja hankalaa mutkittelevan mittausputken ja tikun taittuvien nivelten takia (Oil tanks 2016.)

### 3.2.2 Peilausmitan epäluotettavuus

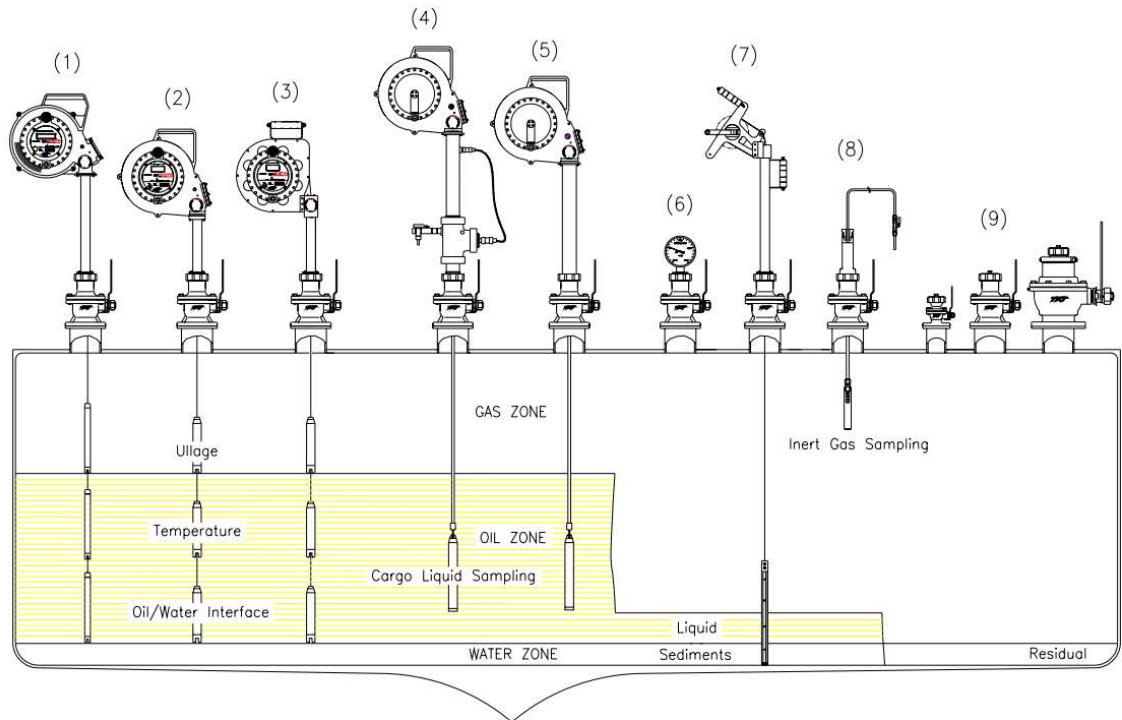
Peilausmitan tulokseen vaikuttavia virhetekijöitä on monia, ja sitä silti käytetään maailmanlaajuisesti tankkimittauksen kalibroimiseen, toiminnan varmistamiseen, tankin kontrollointiin, sekä haltijan vaihtoon. Tyypillinen tarkkuus haltijan vaihtoon tarkoitettulla peilausmitalla on alkukalibroinnin jälkeen  $\pm (0,1 + 0,1 \times L)$  mm, jossa kerroin "L" on tankin korkeus metreinä. Tähän vakiovirheeseen

tulee lisätä  $\pm 2$  mm:n virhe, joka johtuu inhimillisestä tekijästä. Peilausmitan uudelleenkalibrointi tuo alkukalibrointiin verrattuna kaksinkertaisen epävarmuuden mittaukseen, ja epävarmuutta lisäämässä on vaihtelevat mittausolosuhteet kuten lämpötilavaihtelu, tuuli, sade, ja huono näkyvyys. (Enraf 2014.)

Korkeusarvon lisäksi peilausmittaa käytettäessä on monia muita huomioitavia mitta-arvoon vaikuttavia tekijöitä, jotka vaikuttavat instrumentin reliabiliteettiin ja validiteettiin. Peilausmitasta johtuvat virheet: kalibroinnin määrittelemä epätarkkuus, painon aiheuttama mittaliuskan venyminen, lämpötilanvaihtelusta johtuva lämpölaajeneminen, taitumisesta ja kulumisesta johtuva pituusvaihtelu, ja asteikon luettavuus. Peilausmitasta tulee laivaolosuhteissa helposti hyvin epäluotettava, jos sitä on huollettu esimerkiksi tippuneen punnuksen takia. Korjattua mittaria ei enää kalibroida laboratorioissa, ja yleensä mittarin alkupeiräinen nollakohta on liikkunut uuden punnuksen kiinnittämisen myötä. Mitattavasta kohteesta johtuvat virheet ovat käsitelty luvun 4.3 alla. Peilausmitan mittausprosessista johtuvat virheet: mittanauhan suoruus tankkiin laskettaessa ja sen pääsy pohjaan asti, mittauksen tekemisen kokemus, ja mittauksen toistettavuus. (Bell 1999.)

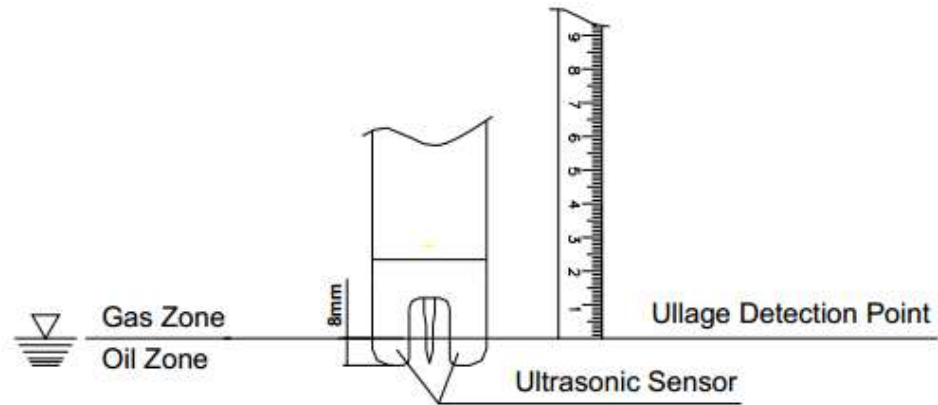
### 3.2.3 Kannettava tankinmittausjärjestelmä

UTI käsite koostuu UTImeter laitteen kolmesta mittauskohteesta: Ullage, Temperature ja oil – water Interface, ja kuvan 5 mittarit 1 – 3 täyttävät edeltävän määritelmän kokonaan. UTImittari pystyy siis samalla mittauskerralla havaitsemaan tankista nestepintojen tasot, lämpötilat, sekä öljyn ja veden jakauman. Tämän tyyppiset mittarit on suunniteltu käytettäväksi pelkästään tankkerialuksilla, eikä niitä pystytä hyödyntää muun kuin nestelastin mittaamiseen, joten niistä ei ole hyötyä muiden laivalla olevien tankkien tarkkailuun. Syynä tähän on UTImittarin toimintatapa, joka vaatii mittausputkelta normaalia suurempaa halkaisijaa ja laivan kaikkien mittauskohteiden peilausputkien korkeuden täytyy olla vakiot, tai tarkkaan tiedossa, koska mittarin korkeutta tankista pidetään mittauksen nollakohtana. (TKT Tankstech 2010.)



Kuva 5. Kannettavia tankinmittaus laitteita (TKT Tankstech 2010)

Nestepinnan mittaus suoritetaan ultraäänisensorin avulla, jonka toiminta eroaa normaalista nestepintaa mittaavasta ultraäänisensorista huomattavasti. Kuvan 6 mukaisesti ultraäänisensori lähettää vertikaalisesti signaalia vastakkaiselle vastaanottimelle, joka reagoi nesteestä johtuvan akustisen impedanssin muutokseen. Ultraäänisensoria tulkitseva mittausyksikkö antaa äänimerkin, kun sensori havaitsee saapuneensa tiettyyn nesteeseen. Korkeusarvo saadaan tämän jälkeen katsomalla mittanauhan tarkastelupisteen läpi näyttämää arvoa. UTImittari antaa näin ollen korkeusarvon nesteen pinnan ja mittauspisteen välille, eikä suoraan anna nesteen korkeusarvoa tankin katon ja nestepinnan välille. Tällainen mittaustapa toimii tankkerialuksilla, joihin on asennettu tankkien mittauspisteet aina samalle korkeudelle, joten korkeusmitan arvosta voidaan poistaa UTImittarin ja tankkiin vievän mittausputken pituus. Erilisen peilausputken rakentamisen avulla UTImittarilla on päästy erittäin hyvään mittaustarkkuuteen. Tanktech-valmistajan mukaan heidän laitteillaan nestepinnan mittaustarkkuus on  $\pm 3.2$  mm tehtaalta tullessaan. (TKT Tankstech 2010.)



Kuva 6. Nestepinnan havaitsemispiste (TKT Tankstech 2010)

UTImittari havaitsee nesteen kokonaiskorkeuden lisäksi myös öljyn ja veden osuuden, jonka se saa selville etsimällä eroa nesteiden sähkönjohtavuudessa lähettämällä ja vastaanottamalla lyhyellä etäisyydellä sähköistä signaalia. Nesteiden raja-arvon löydyttyä mittari antaa uuden edellisestä poikkeavan äänimerkin ja mittanauhasta voidaan lukea korkeusarvo, jossa tankin sisältö muuttuu öljystä vedeksi. (TKT Tankstech 2010.)

#### 4 MITTAUKSEN TÄRKEYDEN JA KUNNOLLISUUDEN TOTEAMINEN

##### 4.1 Kuinka tarkasti tankkeja tarvitsee mitata?

Tankkien mittaamiseen on kolmea erilaista syytä ja tilannetta, jotka on jaettu mittatarkkuuden tärkeyden mukaan. Nämä syyt ja tilanteet ovat esiteltyinä seuraavissa kappaleissa.

Ensimmäinen tilanne on tankkien operointi, ja tämä vaatii mittalaitteilta kaikin alhaisinta tarkkuutta, koska päätarkoituksina on välttää tankkien ylivuoto, ja tarkkailla tankkien tyhjennyksen. Molemmissa tapauksissa yhden prosentin heitto mittaustuloksessa ei ole vakavaa, koska ylivuodon välttämiseksi tankkia ei kuuluisi muutenkaan päästää tilaan jossa se on 99 % täysi, ja tankin tyhjennyksessä joudutaan tyhjentämään laivaolosuhteissa viimeiset litrat muulla kuin tankin omalla tyhjennyspumpulla. (Berto 1997.)

Toinen tilanne on lastin kontrolloiminen tai kirjanpito, ja tämä vaatii keskita-soista mittaustarkkuutta. Kontrolloinnin eli tässä tapauksessa tankkien sisäisen siirron ja määrän tarkkailun mittaustarkkuuden tarpeellisuus on teollisuudessa suurempi kuin laivalla. Laivalla 0,5 – 1 % luokan erot eivät vaikuta niin

oleellisesti laivan toimintaan tai vakavuuteen. Kirjanpitoa käytetään teollisuudessa yleisen varastotiedon saamisen lisäksi häviöiden tarkkailuun. Tankkien tarkkailussa mitta-arvot syötetään häviöiden kontrollointi ohjelmaan, joka rutii-  
nin omaisesti löytää 0.1 % häviötä tankeista. Laivalla kirjanpidosta tulee häviöiden tarkkailun kannalta tarpeellisinta, kun mitattavana kohteena on laivan kuljettava ja vahtima lasti. Tämän lastin arvo laskee sen määrän pienentyessä, jos sen pienentymä johtuu miehistön virheellisestä toiminnasta. (Berto 1997.)

Kolmas tilanne on haltijan vaihto, eli myydessä, ostaessa ja toimittaessa tankeissa säilytettävää tavaraa, ja tämä vaatii korkeimman luokan mittatarkkuutta, koska samalla raha vaihtaa omistajaa. Useimmilla mittaus installoinneilla on mahdollista päästä laboratoriotestauksessa  $\pm 0.1$  % tarkkuuteen ja kaikkein tarkimmilla laitteilla on mahdollista vielä kaksinkertaistaa tarkkuus. Tyypillisesti haltijan vaihdossa päästään mittalaitteilla vain 0.5 % tarkkuuteen ja parhaimmillaan  $\pm 0.25$  % tarkkuuteen, jos siirretään täysiä tankillisia. (Berto 1997.)

Haltijan vaihdossa luotettavin tapa mitata siirrettävää öljyä tai kaasua on käyttämällä putkilinjaan asennettua virtausmittaria, jonka kautta saadaan tietoon virtausnopeus, paine ja lämpötila. Virtausmittarin ja tankeissa olevien korkeusmittareiden avulla saadaan tietokoneella laskettua suhteellisen tarkasti siirretyn öljyn tai kaasun määrä. Haltijan vaihdossa siirretään yleensä kerralla suuria määriä ja pienistäkin määristä voi vuoden sisällä kerääntyä virheellisten mittausten takia suuria rahasummia. Esimerkiksi öljytankkeri, johon lastataan kerralla 500 tuhatta barrelia raakaöljyä ja realistisen epätarkkuuden ollessa 0.3 %, tulee mittauksen tarkkuusvirheen hinnaksi 75 tuhatta dollaria (yksi barreli on noin 119 litraa ja yhden barrelin hinta on noin 50 dollaria). Tästä syystä on aina rahallisesti hyvin kannattavaa tarkentaa mittaustulosta ja vähentää epätarkkuutta, koska laitteistojen päivittäminen tarkimpaan mahdolliseen versioon maksaa itsensä hyvin nopeasti takaisin. (ABB flow computers 2017.)

Laivan tyypistä riippuen on todennäköisempää, että aluksen varustukseen kuuluu öljyä tai kaasua varten virtausmittari. Tankkerialuksista moni on jo siirtynyt käyttämään bunkrauksessa virtausmittareita. Siirtyminen on vienyt paljon aikaa, koska perinteisillä virtausmittareilla ei olla päästy tarkkaan tulokseen viskositeettiseen öljyyn sisällytetyn ilman takia. Tähän ongelmaan on kehitetty



kookas ja tarkka virtausmittari, joka bunkraus tilanteessa havaitsee öljyn sisältämän ilman määrän. (Invensys UTC. 2016.) Muilla alustyypeillä on hyvin harvoin käytössä vastaavaa virtausmittaria, koska käsitellyn öljyn tai kaasun määrä on paljon pienempi, kun sitä otetaan vain aluksen omaan käyttöön, eikä siirretä satamasta toiseen. Bunkrauksessa alus varmistaa sovitun määrän täyttymisen suuntaa antavien integroitujen mittareiden lisäksi manuaalisella mittauksella, jota pidetään tankin mittaamisessa tarkempana vaihtoehtona. Tärkeää tarkan peilaustuloksen lisäksi on polttoaineen lämpötilan luotettava arvo, koska väärästä kohdasta tai epätarkalla anturilla otettu lämpötila-arvo voi aiheuttaa isomman mittavirheen metrisiä tonneja laskettaessa, kuin epätarkka peilausmittaus. (Marine Study 2014.)

#### 4.2 Kunnollinen ja luotettava mittaus

Tässä luvussa käydään läpi käsitteitä, joita käytetään mittauksen käsittelyssä. Tämän lisäksi selvitetään mitä kunnolliseen ja luotettavaan mittaamiseen sisältyy.

Mitattavalla kohteella on aina kaksi arvoa, riippumatta tehtyjen varotoimien laadusta, ja laitteilla saatu mittaustulos eroaa aina kohteen todellisesta arvosta. Todellinen arvo pysyy aina tuntemattomana, ja sen sekä saadun tuloksen välissä on mittausrvirhe, jonka kokoa voidaan pienentää, mutta ei täysin eliminoida. Mittavirheen suuruuteen liittyvien epävarmuuksien määrän tuntemattomuus tekee saadusta mitta-arvosta hyödyttömän, koska epävarmuuden laajuuden puuttuessa saatua arvoa ei voida tulkita viitearvoon tai muihin tehtyihin mittauksiin. (Van der Heijden ym. 2004.)

Mittauksen tarkkuuden selvittämiseksi käytetään seuraavia käsitteitä: Mittauksessa olevaa kohdetta kutsutaan mittaussuureksi, ja siitä mittaamalla saatu arvo on mittaustulos, joka eroaa todellisesta arvosta mittavirheen verran. Mittavirhe voidaan jakaa todellisella arvolla, ja siitä saadaan mittaussuuren suhteellinen virhe, joka eroaa kohteen tavallisesta virheestä. Mittauksen tarkkuudella viitataan saadun mittatuloksen arvioitua etäisyyttä todellisesta arvosta. Määrällisessä mittauksessa tarkkuuteen liitettävä epävarmuustekijä toimii parametrina, joka luonnehtii arvojen aluetta, josta todellinen arvo on löydettävissä. (Van der Heijden ym. 2004.)

#### 4.2.1 Tilastollinen päätelmä

Tilastollisessa päätelmässä tulee määrittää tiheysfunktion mittausvirheen todennäköisyys ja tähän on olemassa kaksi erilaista metodia. Ensimmäisessä metodissa selvitetään kaikki mahdolliset lähteet mittavirheille ja ne mallinnetaan matemaattisesti sekä fyysisesti. Tämän jälkeen tutkitaan näiden mittavirheiden lisääntymistä mittauksen aikana ja katsotaan, kuinka ne vaikuttavat lopulliseen saatuun tulokseen. Yleisimmät virhetekijät, joita mittalaitteiden komponentteihin kohdistuu, ovat lämpökohina, sähköinen kohina fotoni-ilmaisimessa, ja kvantisointikohina analogia-digitaalimuuntimessa. Kaikki edeltä mainitut virhetekijät vaikuttavat tiheysfunktion mittausvirheen todennäköisyyteen toisistaan eriävällä tavalla, ja muokkaavat ominaisuuksillaan mittauslaitetta. (Van der Heijden ym. 2004.)

Toinen tapa tutkia mittauslaitteen tekemiä virheitä on tilastollinen lähestyminen. Tätä tapaa voidaan hyödyntää vain sellaisissa tilanteissa, joissa pystytään todistamaan mitattavan kohteen todellinen muuttumattomuus koko ajanjakson aikana, ja tällöin voidaan tutkia mittalaitteessa mahdollisesti tapahtuvia virheitä vertailukohteen avulla. Jotta tällaiseen tilanteeseen päästään, tarvitaan tilannekohtaisesti muuttumattomuutta: lämpötilassa, mittausmenetelmässä, mittauslaitteessa, ja sijainnissa. (Van der Heijden ym. 2004.) Tällaiseen muuttumattomuuteen päästään parhaiten laboratorio-olosuhteissa, ja käytössä olevan laitteen tilastollinen lähestyminen vaatii muuttumattomuuden todentamista samaan tilaan lisättävillä mittareilla.

#### 4.2.2 Epävarmuuden analysointi

Mittauksen epävarmuudesta puhutaan yleensä keskihajonnan mittausvirheenä, jota voidaan myös kutsua laajennetuksi epävarmuudeksi, joka määrittelee aikavälin mittauksien ympärille. Mittavirheiden normaalijakauman tilanteessa voidaan laajennettu epävarmuus saada selville, kun kerrotaan normaali epävarmuus kattavuuskertoimella. Normaalijakauma voidaan saada selville kahdella eri tavalla, jotka ovat tilastollinen lähestymistapa ja a priori havainnointi. (Van der Heijden ym. 2004.)

Tilastollisen lähestymistavan päämääränä on niiden komponenttien arvioiminen, jotka muodostavat mittauksissa epävarmuutta. Tässä lähestymistavassa

käytetään tilastollista päättelytekniikkaa, jolla hyödynnetään mittausjärjestelmistä saatua dataa. Datan avulla voidaan käyttää seuraavia tekniikoita hyödyksi: histogrammin luominen, keskiarvojen arvioiminen, ja keskihajonnan selvittäminen. Tilastollista lähestymistapaa voidaan aina hyödyntää, kun käytettävissä on sarja toistuvia havaintoja. Tätä lähestymistapaa kannattaa käyttää varoen, koska joissain tapauksissa tilastolliset menetelmät jättävät huomioitta mittauksessa olevat systemaattiset virheet. (Van der Heijden ym. 2004.)

A priori -havainnointia on epävarmuuden määrittämistä muilla tekniikoilla kuin tilastollisella päättelyllä. A priori havainnoinnissa epävarmuutta arvioidaan käytettävissä olevasta mittaustulosten vaihtelevuuden informaatio ryhmästä. Tähän informaatioryhmään kuuluu esimerkkinä seuraavia (Van der Heijden ym. 2004.):

- Informaatio joka on saatu varmentamismenetelmillä mittauslaitteesta, kuten kalibroinnista.
- Valmistajan antamat määritykset mittauslaitteen osista.
- Informaatio, joka on saatu laitetta koskevasta referenssi käsikirjasta.
- Tieto joka saadaan mittaukseen liittyvästä ympäristöstä ja siihen liittyvästä fyysisestä prosessista

#### 4.2.3 Virheiden karakterisointi

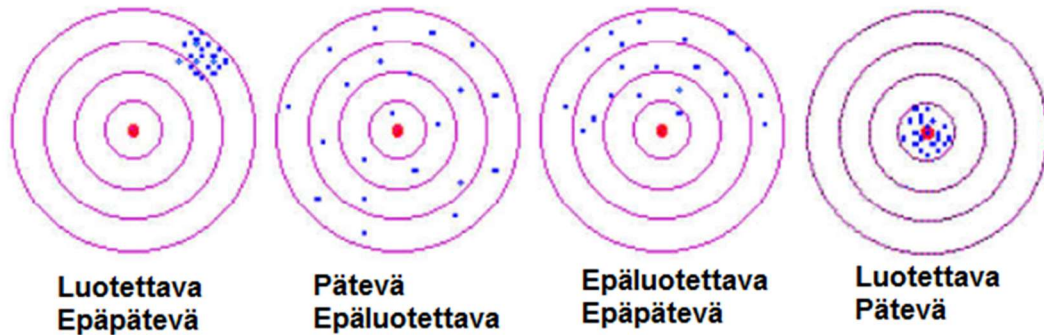
Virheiden luonnehtimisessa tarkoitus on erotella eri tyyppiset virheet, joita mittaustilanteissa voi ilmestyä. Luonnehdinnassa on monia erilaisia jakoja, ja yksi kahtiajakotapa tulee järjestelmällisten ja satunnaisten virheiden välillä. (Van der Heijden ym. 2004.)

Järjestelmälliset ja satunnaiset virheet luovat yleensä mittauksessa olevan yhdistetyn epävarmuuden, ja mittaustulokseen vaikuttava kokonaismittausvirhe saadaan selville laskemalla satunnainen ja järjestelmällinen virhe yhteen. Järjestelmällinen virhe on sellainen virhe, joka ilmenee senkin jälkeen, kun kohteesta on tehty ääretön määrä mittauksia ja yritetty minimoida niiden perusteilla virheitä. Systemaattisen virheen löytämisen ja tunnistamisen jälkeen se voidaan määrittää ja mitata, jonka jälkeen pystytään tehdä mittaus proseduriin korjaavia toimenpiteitä, kuten uudelleenkalibrointi. Korjaavan toimenpiteen jälkeen, kun otetaan uudet mittaustulokset, jää tulokseen vaikuttamaan systemaattinen virhe, mutta kalibroinnin jälkeen se vain muuttaa muotoaan. Satun-

nainen virhe on luonteeltaan sellainen, jota voidaan vähentää keskiarvoistamalla virheitä toistettujen mittausten avulla. Tuloksen satunnainen virhe saadaan selville jäljelle jäävästä virheestä, kun tuloksesta poistetaan järjestelmällinen virhe. (Van der Heijden ym. 2004.)

#### 4.2.4 Reliabiliteetti ja validiteetti

Reliabiliteetti ja validiteetti, tai luotettavuus ja pätevyys, viittaa tässä kappaleessa tankkiin tehtyihin mittauksiin ja niiden määrälliseen tulkintaan. Yleensä reliabiliteetin ja validiteetin yhteydessä, kun puhutaan mittarista, tarkoitetaan tutkimuksen edellyttämää analyttistä käsitettä, mutta tässä tapauksessa käsitteillä viitataan tankin nestetilavuuden selvittämiseen vaadittuihin mittareihin, kuten nestepinta- ja lämpötilamittariin.



Kuva 7. reliabiliteetti ja validiteetti esimerkki (Trochim 2006)

Kuvassa 7 on esitetty reliabiliteetin ja validiteetin suhdetta toisiinsa, koska mittauksia arvioidessa tarvitaan molempien käsitteiden yhteisiä ominaisuuksia, jotta saadaan laadukkaita tuloksia, ja voidaan tulkita kohteeseen tehtyjen mittausten kokonaiskuvaa. Maalitaulun keskellä sijaitsee tarkin mahdollinen mitattulos ja siniset pisteet edustavat tehtyjä mittauskertoja, ja niiden tuloksia. Kuvan 7 vasemmalta katsottuna ensimmäisessä esimerkissä mittaus on erittäin luotettava, mutta tulokset ovat hyvin kaukana todellisesta arvosta, joten mittausten tarkkuus jää äärimmäisen huonoksi ja tulosta pidetään silloin epäpätevänä. Toisessa esimerkissä tarkkuus on parempi ja mittauksia voidaan pitää pätevinä, mutta hajonnan määrä tekee tuloksesta epäluotettavan ja hyvin satunnaisen. Esimerkit kolme ja neljä ovat toistensa täydet vastakohtat, kolmannessa esimerkissä mittausten välillä ei ole minkäänlaista toistuvuutta ja tarkkuus vaihtelee suurella skaalalla. Neljäs esimerkki on ihanteellinen tilanne, jossa päästään luotettavaan sekä pätevään tulokseen, ja tällaiseen tilanteeseen tulisi kaikissa mittauksissa pyrkiä. (Trochim 2006.)

Validiteetti tarkoittaa mittarin pätevyyttä tulkita sille annettu kohde. Tämän lisäksi validiteetti kuvailee mittarin totuuden mukaisuutta ja virheettömyyttä. Validiteettiin vaikuttaa myös mittauksessa puhtaan epäonnistumisen lisäksi ulkoiset tekijät, kuten oikean ajankohdan sekä olosuhteiden valitseminen, josta esimerkkinä olisi laivalla normaalia suurempi merenkäynti. Kuten monessa mittauksessa, nestepintamittauksessakin on monia vaikuttavia mittareita, ja näiden mittareiden validiteetti vaikuttaa vaihtelevalla suuruudella kokonaisvaliditeettiin, joka vaikuttaa lopullisessa mittauksessa saatuun tulokseen. (KvantiMOTV 2010.)

Jotta saadaan mahdollisimman validi mittari käyttöön, on onnistuttava operationalisoinnissa eli mittareiden luonnissa. Näiden mittareiden luonti ja valitseminen nestepintamittauksessa eroaa tutkielman neljästä eriävistä vaiheesta, mutta niitä muokkaamalla voidaan saada seuraavat vaiheet: huomioitavien suureiden hahmottaminen ja määrittäminen, näiden osa-alueiden määrittäminen, siirtyminen konkreettiseen mittaamiseen sekä kirjaamiseen, ja operationalisoinnin tarkka kuvaaminen. Operationalisoinnissa on mahdollista epäonnistua, ja tässä tapauksessa se tarkoittaisi esimerkiksi väärin mittauskohteiden, sekä vääränlaisten mittaus sensoreiden käyttämistä. (KvantiMOTV 2010.)

Reliabiliteettia voidaan kuvailla mittarin luotettavuuden ja varmuuden ilmaisimena. Määrällisessä tutkimuksessa reliabiliteetilla tarkoitetaan mittarin johdonmukaisuutta eli otantojen välillä tulee mahdollisimman vähän eroavaisuutta, kun keskitytään samaan kohteeseen useasti. Reliabiliteetin mittarilla tarkoitetaan samaan kohteeseen kohdistuvia mittauksia, ja satunnaiset virheet, sekä olosuhdemuutokset eivät vaikuta siihen, jos mittari on täysin reliabeli. Laivaolosuhteessa tulkittavan mittarin ollessa täysin reliabeli voi saatu tulos olla hyvinkin kaukana todellisesta tuloksesta mahdollisen pätevyysvirheen takia, mutta nämä tulokset ovat tästä huolimatta lähellä toisiaan ja ilman satunnaista hajontaa. (KvantiMOTV 2010.)

Reliabiliteetti käsite sisältää siihen vaikuttavat stabiliteetti ja konsistenssi alakäsitteet. Konsistenssilla tarkoitetaan ristiriidattomuutta mittarin väittämissä, joista kyseinen mittari koostuu. Jos väittämiä jaettaessa pienempiin osiin tulee

niiden välille ristiriitoja, ovat väittämäjoukot epäkonsistensseja toisiinsa nähden. Mittarin toimintavarmuus heikkenee, jos se on luotu epäkonsistenssisista väittämistä, jonka takia voi ilmetä satunnaisesti virheitä. (KvantiMOTV 2010.)

Stabiliteettiseen mittariin ei vaikuta ajan kuluminen ja sen tulokset pysyvät vakaina olosuhteiden muutosten jälkeen. Stabiliteettia voidaan arvioida eri aikoihin tehdyillä otannoilla samasta kohteesta ja vaihtamalla tulkitsijaa, mutta usein stabiliteetin arviointia ei voida suorittaa näin, koska tutkimuskohteessa on tapahtunut ajan myötä todellisia muutoksia, eikä kyseessä tällöin ole epästabiili mittari. (KvantiMOTV 2010.)

Mittarin reliabiliteettia määritellessä joudutaan katsomaan stabiliteettia ja konsistenssia, mutta näiden käsitteiden välillä voi olla eroja, joten on mahdollista käyttää mittaria, joka on samaan aikaan stabiili ja epäkonsistenssi. Vaikka nämä alakäsitteet toisivat hyvän stabiliteetin, täytyy täydellisen mittarin olla validi, koska muuten tilanne on sama kuin kuvan 5 ensimmäisessä esimerkissä. (KvantiMOTV 2010.)

### 4.3 Mittauksen arvoon vaikuttavat tekijät

Mittaustapa ja mittaus instrumentin luomien epäluotettavuuksien lisäksi mittaamiseen vaikuttaa monia muita tekijöitä. Nämä tekijät luovat vaihdellen järjestelmällisiä ja satunnaisia virheitä, ja ne tulisi ottaa tilavuutta mitattaessa huomioon. Näihin kuuluu mitattavan nesteen tiheys, tankin muodot, laivan viippaus, sääolosuhteet näkyvyyden ja merenkäynnin takia, sekä lämpölaajenemisen huomioiminen.

#### 4.3.1 Tiheys

Tiheys on materiaalin massa tilavuusyksikköä kohden, ja se ilmaistaan yleisimmin kilogrammoina kuutiometriä kohden ( $\text{kg/m}^3$ ). Nesteen tiheyteen vaikuttaa aina lämpölaajeneminen, ja lämpötilan mukaan korjattu tiheys saadaan kaavasta 3, josta voidaan tarkastella lämpötilan vaikutusta öljyn tiheyteen, jos kyseisestä kaavasta jättää pois tilavuuden ja metrisen tonnin. Nesteen tarkan tilavuuden selvittämiseksi tarvitaan sen ilmoitettu tiheys 15 celsiusasteessa. Tiheys voidaan tarkistaa lähettämällä nesteestä otanta laboratorioon mitattavaksi, joka on bunkrauksessa nykypäivänä normaalia. Tiheys voidaan myös

arvioida nopeasti, jos käytettävissä ovat tarpeeksi tarkat laitteet. Tiheyden ollessa massa kertaa tilavuus voidaan otannasta kaataa esimerkiksi  $1 \text{ dm}^3$  ja mitata sen massa, jonka jälkeen arvot muutetaan  $\text{kg/m}^3$  -muotoon, josta saadaan nesteen tilavuus karkeasti selville. Tästä ei tietenkään saada muiden aineiden osuutta esille, mutta näemme niiden vaikutuksen mitattavaan nesteseen tiheyden laskuna tai nousuna. Väärin ilmoitetun tiheyden vaihteluväli on täysin satunnaista, ja helposti mahdollinen  $\pm 0,25 \%$  luokan virheellisesti ilmoitettu tiheys tuo mittaustulokseen erittäin suuren epävarmuuden. Aluksen bunkrauksessa vastaava tiheysvirhe toisi otsikon 3.2.3 esimerkin mukaan mittaustulokseen rahallisesti arvoksi 62,5 tuhatta dollaria ja 1250 öljybarrelia. (Chinoy 2013.)

#### 4.3.2 Trimmi, kallistuma ja tankin muoto

Aluksen nestettä mitattaessa tulee ottaa huomioon, mittaustavasta riippumatta, siihen vaikuttavat sääolosuhteet ja lastin sijoittelu, jotka vaikuttavat aluksen trimmiin ja kallistumaan. Tankin muoto huomioidaan eniten mittaustulokseen sijoitus ja suunnittelu vaiheessa, mutta se vaikuttaa myöhemmin mittaustulokseen lastin ja sääolosuhteiden vaikutukseen, kuten myös peilausputkeen pohjalle kertyviin epäpuhtauksiin. (Chinoy 2013.)

Aluksen trimmillä tarkoitetaan sen pitkittäistä vakautta, ja kallistumalla tarkoitetaan poikittaista vakautta, ja ne tulee huomioida tankin peilaamisen yhteydessä. Kun aluksella ei ole trimmiä tai kallistumaa, on sen tankkien sisältä mitattu neste samalla korkeudella jokaisesta kohdasta, eikä silloin tarvitse kiinnittää tilavuuslaskuissa aluksen asentoon huomiota. Yleisimmin laivalla vallitsee sellainen tilanne, jossa trimmiä ja kallistumaa esiintyy, jonka takia laskuissa korjataan joko peilaus- tai tilavuustulosta. Trimmin ja kallistuman mukaiset korjaukset saadaan vaivattomimmin korjattua aluskohtaisesta taulukosta, mutta tämän puuttuessa voidaan trimmin osalta käyttää peilaustulosta osittain korjaavaa kaavaa (3). Kallistuman johtuessa pelkästään tasaisesta merenkäynnistä voidaan pärjätä ilman korjaavia kaavoja, ja tällöin otetaan peräkkäisiä mittaustuloksia tankista ja lasketaan niiden keskiarvo. Kallistuman vaihdellessa ei kuitenkaan tarkkoihin mittaustuloksiin päästä ilman että merenkäynti tasoittuu, jonka takia osittaista korjausta ei ole kaava muodossa tarjolla, vaikkakin se menisi kaavan (3) mukaan, jonka arvot vaihdettaisiin koskemaan sivuttaissuuntaisia arvoja. Vakautuneen kallistuman korjaamisen löytyy joistakin

tankeista trimmin tavoin korjaava taulukko, mutta yleensä kallistumasta pyritään pääsemään automatisoidulla painolastitankki järjestelmällä eroon. (Chinoy 2013.)

$$X = \frac{T \times l}{2 \times LBP} \quad (3)$$

jossa	X	peilaustuloksen osittainen korjaus	[m]
	T	aluksen trimmi	[m]
	l	tankin pituus	[m]
	LBP	perpendikkeliä välinen pituus	[m]

Tankin muoto ja sen sijoittelu tuovat lisää huomioitavia muuttujia. Peilausputket ovat yleensä sijoitettu tankissa laivan perän puolelle, jonka takia jyrkkä keulatrimmi voi aiheuttaa peilatessa tankin näyttävän tyhjältä, koska neste on siirtynyt tankin keulaan. Tankin ollessa huomattavasti korkeampi kuin leveämpi siinä oleva neste heiluu merenkäynnin takia vähemmän, koska sillä on pienempi liikkumisalue. Tällaisen tankin pohjan pinta-ala jää pienemmäksi ja tästä syystä peilausputken alle kertyy helpommin liejua ja tämä vääristää luke-  
mia tai pahimmassa tapauksessa estää nesteen pääsyä peilausputkeen. Samat ongelmat ilmenevät myös alaspäin kapenevissa tankeissa. Tankeilla jotka ylettyvät laivan tuplapohjaan asti saavat vastaavia ongelmia liejun kanssa, koska pohjan palkit keräävät paljon sellaista liejua, jota tankin imulinjalla ei saada kokonaan poistettua. (Chinoy 2013.)

#### 4.3.3 Lämpötila

Tankin sisältämää nestettä mitattaessa yksinkertaisena muistisääntönä on nesteelle tapahtuva tiheyden laskeminen lämpötilan noustessa. Tästä syystä esimerkiksi bunkratun öljyn tilavuus on korkeassa lämpötilassa suurempi, kuin jos se siirrettäisiin viileämpänä. Tankin nestepinnan korkeutta mitattaessa lämpölaajeneminen tuo nesteelle huomattavan korkeusvaihtelun, jonka takia lämpötilan oikeaoppinen mittaaminen on haltijan vaihdossa hyvin tärkeää. Lämpötilan vaikutus öljyn tiheyteen metrisiä tonneja mitattaessa saadaan yhtälöstä (4). (Marine Study 2014.)

$$MT = \{(t_1 - 15) \times 0.00065\} \times \rho_{öljy} \times V_{öljy} \quad (4)$$



jossa	MT	metrinen tonni	[1000kg]
	t	tankissa olevan öljyn lämpötila	[°C]
	0.00065	korjauskerroin lämpötila-tiheys	[-]
	$V_{\text{öljy}}$	öljyn tilavuus	[m <sup>3</sup> ]
	$\rho$	öljyn tiheys 15 °C	[kg/m <sup>3</sup> ]

Väärin mitatun lämpötilan vaikutus mittatulokseen voi vaikuttaa enemmän kuin pieni nestepinnan väärän korkeusarvon mittaaminen. Tämän takia on tärkeää osata valita lämpötilan mittausspaikalle kohta, josta saa nesteen kokonaislämpötilan mahdollisimman tarkasta, koska tankin sisällä lämpötilat voivat vaihdella huomattavasti. Nesteen tilavuuden mittauksessa yhden celsius asteen epävarmuus tuo  $\pm 0,04$  % virheen mittaustulokseen. Nesteen siirtämisen aikana ja sen jälkeen, jolloin lämpötila-arvon ja tilavuuden selvittäminen on tärkeintä, öljylle tapahtuu asettuessa kerrostumista. Kerrostumisesta johtuvan lämpötila epätasapaino vaatii keskiarvoa mittaavaa lämpötila-anturia, koska muuten mittausrvirhe voi olla monen lämpötila asteen luokkaa. (Weed instrument 2015.)

#### 4.3.4 Innage vs. Outage

Tankin nesteen määrän selvittämiseen on olemassa kahta erilaista tarkasteltavaa välimatkaa. Nämä erilaiset välimatkat syntyvät tankin nesteen ja kaasun suhteesta toisiinsa, ja nämä alueet ovat jaettu termeihin innage ja outage. (Berto 1991.)

Innage eli nesteen mittaus tarkoittaa nesteen osuutta tankista, ja sitä tarkastellaan mittaamalla nestepinnan taso pohjaan nähden. Nesteen osuuden mittaaminen on luotettavin tapa saada selville nestepinnan sijainti, kun käytetään oikeanlaisia mittareita. Manuaalista mittausta on nesteen osuudelle vaikeampaa suorittaa ja nämä syyt on käsitelty peilausmitasta kertovassa osiossa. Integroiduilla mittareilla, jotka mittaavat nesteen osuutta, on suurempi mahdollisuus likaantua, koska ne ovat kontaktissa mitattavaan nesteeseen ja tällöin ne antavat virhearvoa nesteen tasosta. (Berto 1991.)

Outage eli tyhjän tilan mittaus tarkoittaa kaasun osuutta tankista, ja tarkastelu-kohteena on tankin katon ja nestepinnan välinen alue. Manuaalisesti mitattaessa tämän alueen tulkitsemiseen pystyy vain UTImittari, ja sen kiintopisteenä ei varsinaisesti toimi tankin katto, vaan tankin ulkopuolella oleva vakiokorkeudella oleva kiintopiste. Kattoon asennetuilla integroiduilla mittareilla suurimmat epätarkkuuden luojat, ovat höyryt nesteen päällä ja laivaolosuhteissa heiluminen. Tyhjän osuutta mittaavat anturit ovat myös paljon herkempiä ja ne alkavat näyttää virhearviota, jos ne likaantuvat ajan myötä tarpeeksi. (Berto 1991.)

## 5 ANTURITYYPPIEN KANNETTAVUUS

### 5.1 Edellytykset kannettavalle mittarille

Uuden kannettavan nestepintamittarin tärkeimmät ominaisuudet ja haasteet ovat sen luotettavuus, tarkkuus, ja kannettavuus. Käyttöönoton puolesta helppointa olisi pintamittarin mahdollisuus käyttää laivalla olevia peilausputkia ilman minkäänlaista modifioimista. Tällöin olisi mahdollista siirtyä vanhasta peilausmitasta toiseen vaihtoehtoiseen mittausmetodiin.

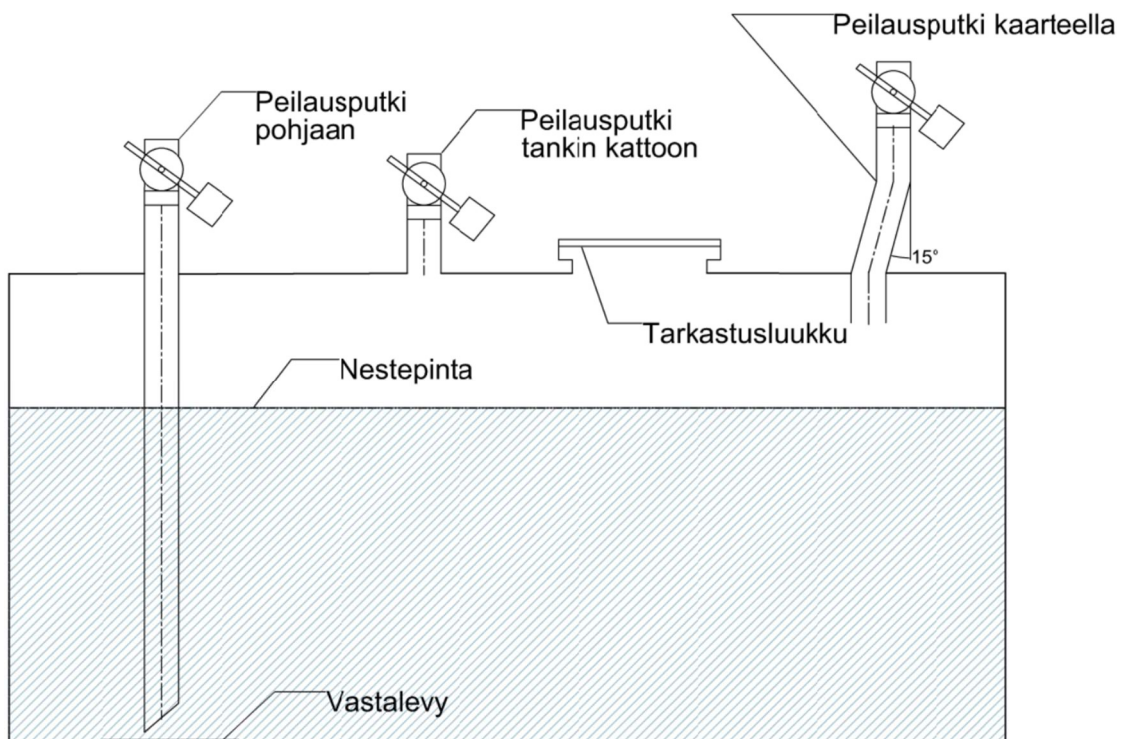
#### 5.1.1 Peilausputken muoto

Laivan tankit on varustettu, muutamia kohteita pois lukien, kaikki mittausputkilla nimeltä "sounding pipe", jonka ansiosta saadaan tiputettua peilausmitta manuaalista mittausta varten. Tämä mittausputki on yleensä halkaisijaltaan 40 – 50 mm ja ylettyy umpinaisena lähes tankin pohjaan asti kuvan 8 mukaisesti, jotta peilausmitta ei heilu vapaana ja neste pääsee täyttämään tankin. Mittarin tulee siis olla tarpeeksi kapea, että se mahtuu mittausputkesta. (UK P&I club. 2008.)



Kuva 8. Pohjaan ylettyvä peilausputki Finnwave -alukselta

Yleisin peilausputki, joita laivoilla on, on kuvan 9 vasemmassa laidassa oleva pohjaan ylettyvä peilausputki. Tällä peilausputkella on tankissa usein vastalevy, johon peilausmitta osuu, ja syynä sen olemassaoloon on tankkimittauksen nollakohdan määrittäminen. Tankin muodosta riippuen tämä pohjasta koholla oleva vastalevy voi myös vähentää lietteen kertymisen vaikutusta mitaustulokseen. Kuvassa 8 esiintyvät muut peilausputket ovat suuntaa antavia, samoin kuin 15° kaarre putkessa, ja tarkoituksena on esittää kannettavalle nestepintamittarille mahdollisia haasteita. Näkölasia koskevassa kappaleessa on mainittu ongelma öljyn ja veden vaikutuksesta nestetasoon vaikuttaa myös pohjaan ylettyvässä peilausputkessa. (A.N.T.A. 2008.)



kuva 9. Laivoilla esiintyvät peilausputket

### 5.1.2 Tankin korkeus

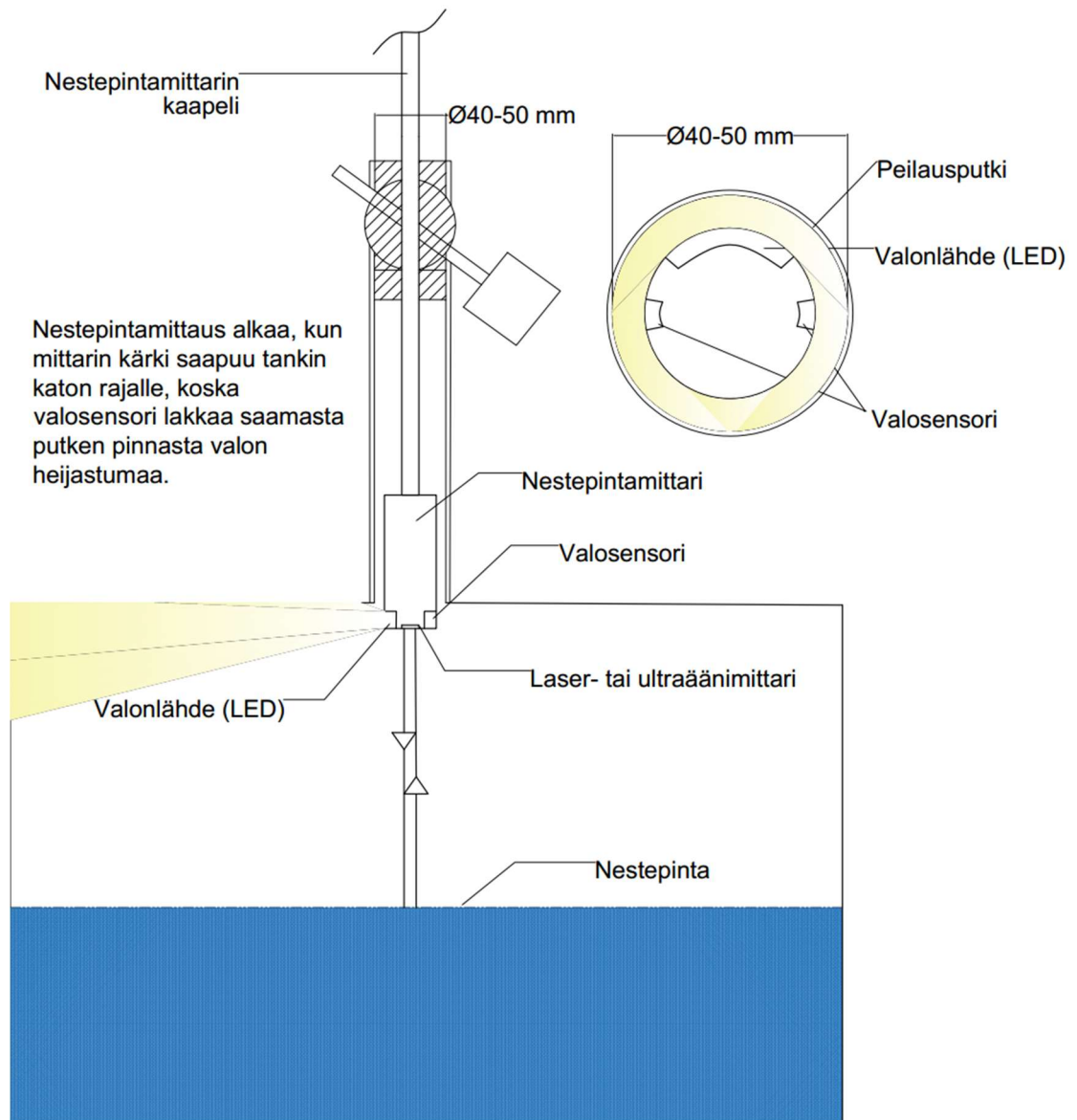
Tankkien korkeudet vaihtelevat tankkityyppien, sekä alusten mukaan. Pienemmissä aluksissa pärjää useimmissa kohteissa peilausmitalla, joka on kymmenen metriä pitkä. Tankkerialuksilla, jossa tankkien korkeus on konttialusta suurempi, on hyvä katsoa UTImittareiden mallin mukaisia pituuksia. Näissä mittareissa vaihteluväli on 15 – 50 metriä, joten valmistajien puolesta laivalle ei ole syytä rakentaa tätä korkeampia mittareita. (TKT Tankstech 2010.) Peilausmittassa vaihteluväli on 5 – 100 metriä, mutta laivalla pärjää tuon mitta-alueen alimmalla kolmanneksella (Hartwig-instruments 2016). Mahdollinen aluksen tankin maksimikorkeus voidaan arvioida sen laitakorkeudesta.

### 5.1.3 Akku

Kannettavan nestepintamittarin edellytyksenä kannettavuudelleen on tarpeeksi tehokkaan ja kestäväen akun käyttäminen. Tämän akun koko on tietenkin täysin riippuvainen käytetystä tekniikasta, joten ainoa rajaava tekijä on käytetyn mittaustekniikan sähkön jännitteen ja virran vaatimus. Nämä vaatimukset eivät saa aiheuttaa massiivista akkukokoa ja sen tulisi kyetä toimimaan usean mittauskerran. Vertailukohtana on Fluxus-niminen ultraäänellä toimiva virtausmittari, jolla pystytään operoida noin 14 tuntia Li-Ion, 7,2 V/4,5 Ah akulla. Tällainen akku on pienimmillään 160 cm<sup>3</sup> eli sopivan pieni kannettava mittarille (Flexim 2010).

## 5.2 Kannettavan nestepintamittarin oma kehitysidea

Tämä luku käsittelee opinnäytetyön kirjoittajan omaa kehitysidea kannettavasta nestepintamittarista ja tästä aiheesta on muutama vastattava väittämä kyselyssä.



kuva 10. Muokattuun peilausputkeen soveltuva mittausidea

Kuvassa 10 on esitetty ideani pääosat. Tämä kyseinen idea kehittyi opinnäytetyöprosessin aikana, kun en ollut vielä löytänyt omakohtaista tietoa peilausputkien tankin sisällä olevasta muodosta. Tämä Finnwave -aluksella varmistunut peilausputken koostumus näkyy kuvissa 8 ja 9. Koska peilausputki yleisimmin ylettyy lähes tankin pohjaan, olisi oman ideani toimimiseksi pakko katkaista peilausputken katon rajaan hahlo, josta valo pääsee karkaamaan, tai poistaa putki kokonaan tankista.

Kannettavan nestepintamittarin hahmotelman toiminta perustuu valosensorin, valolähtetimen, ja nestepintamittarin yhteistyöhön. Valosensori ja valolähtetin luovat kytkimen, joka käynnistää tankin katon tasossa mittausprosessin. Tämä mittauksen aloitushetki toimisi nollakohtana ja sen avulla voisi hyödyntää lai-

van peilauskaaviota vähentämällä saatu arvo tankin maksimiarvosta. Valokytkimen toiminta perustuu nestepintamittarin valolähtettiin, joka peilausputken seinämän kautta heijastaa valoa sensorin tulkittavaksi. Käytettävä nestepinnan mittari ohjelmoidaan seuraamaan valosensorin tilaa. Mittausprosessi aloitetaan sillä hetkellä, kun mittarin kärki lasketaan tankkiin ja valo hukkuu tankkitilaan. Valosensorille ei tällöin täyty sille määritelty parametrin raja-arvo, joka pitää nestepintamittari suljettuna, joten se käynnistää nestepintamittarin. Nestepintamittarin tyypin rajoittajia on peilausputken halkaisija ja mahdollisuus mitata tankin tyhjää tilaa heijastuman avulla. Tekniikan puolesta laser-, ultraääni-, ja tutkamittari olisivat potentiaalisia vaihtoehtoja.

Nestepintamittarin sensoreiden sijoitteluun on kolme vaihtoehtoa, ja paras vaihtoehto selviäisi kokeiluilla ja antureiden kokovaatimusten selvittämisellä. Ensimmäinen vaihtoehto olisi kuvan 10 tapa, jossa kaikki sensorit ovat samassa tasossa. Ongelmaksi tässä muodostuu peilausputken sisähalkaisijan koko, koska samassa tasossa olevat sensorit vievät enemmän tilaa. Hyötyjä tässä sijoittelussa olisi nestepintamittarin vapaana heilumisen minimoiminen, ja mittaushetken todellisessa nollakohdassa alkaminen. Toinen vaihtoehto olisi valokytkimen suunnittelu etäisyysmittarin yläpuolelle. Tila ei olisi tällöin ongelmana, mutta todellinen nollakohta pitäisi saavuttaa laskemalla valokytkimen etäisyys mittarista ja lisätä se etäisyysmittarin tulokseen. Nestepintamittarilla olisi täyden tankin ja merenkäynnin vuoksi riski kastua, mitä pidemmällä se on tankissa ja tämä likainen mittari antaisi tällöin virhearvoa. Kolmas vaihtoehto on asettaa valokytkin etäisyysmittarin jälkeen. Valokytkimen tulisi silloin olla asennettuna onttoon sylinterimäiseen etäisyysmittarin signaalia ohjaavaan osaan. Tila saattaa tulla tässäkin ongelmaksiksi, jos etäisyysmittari ei mahdu lähettämään ja vastaanottamaan signaalia kunnolla. Nestepintamittari kokonaisuudessaan jäisi nesteeltä ja heilumiselta suojaan, ja mittauksen arvosta täytyy vähentää valosensoreiden välimatka etäisyysmittarista.

## 6 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

### 6.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää mittaritekniologiaa tuntevilta, miten antureilla toimiva kannettava nestepintamittaus on toteutettavissa ja mitä aluetta kohteesta tutkitaan.

Kyselyn tavoitteina olleet selvityskohteet:

- alusten tankeissa käytettävä mittaustapa
- mittarityyppien soveltuvuus kannettavaan nestepintamittaukseen
- edellytykset mittarin kannettavuuteen.

## 6.2 Aineiston kerääminen ja analysointi

Kyselylomakkeessa käytetty teoriapohja on kerätty tämän opinnäytetyön teoriaosuudesta, sekä ennen opinnäytetyön aloittamista tehdystä sähköpostitiedustelusta. Tiedustelu koski muutamia suomalaisia anturivalmistajia, ja tämän yhteydenoton tarkoituksena oli kerätä pätevää informaatiota tankkien mittauslaitteista ja ulkopuolista mielipidettä opinnäytetyön selvityskohteen toteutuskelpoisuudesta.

Aineiston keräämiseen käytettiin Google Forms -palvelua, josta tiedot sai suoraan Excel muotoon tarkempaa analysointia varten (Heikkilä 2017, 67). Saatekirjeessä oli linkki internetkyselyyn (ks. liite 1), ja se välitettiin Suomessa ope-roiville yrityksille, jotka työskentelevät nestepintamittareiden tai kannettavien mittausjärjestelmien parissa. Valmista tietokantaa tällaisista yrityksistä ei ollut saatavilla, joten hyödynsin aikaisemmassa tiedustelussani käytettyjä anturivalmistajia, heidän antamia kontaktivinkkejä, ja etsin internetin välityksellä alaan perehtyneitä asiantuntijoita käyttäen työni avainsanoja. Tutkimusyksiköt oli valittu harkinnanvaraisella näytteellä, jolla pyrin poimimaan pätevän perusjoukon heidän ominaisuuksiensa perusteella (Heikkilä 2017, 39). Kyselyyn oli mahdollista vastata yli viikon 22.2 – 2.3.2017, ja vastausajan puolella välissä lähetin kaikille muistutuksen hiihtolomasesongin takia. Kriteerit täyttävistä 23 asiantuntijoista 43 prosenttia vastasi kyselyyn.

Tutkimusmenetelmänä käytin sekä kvalitatiivisen että kvantitatiivisen tutkimuksen ominaisuuksia. Kysely suoritettiin kvantitatiiviseen tutkimusmenetelmään tyypillisellä survey-tutkimuksella. Kyselyn kvalitatiivinen puoli tulee esille otannan pienuudessa ja erilaisten mittaus vaihtoehtojen etsinnässä. (Heikkilä 2017, 15 – 17.) Tutkimusjoukon yhtäläisen aihetuntemuksen ansiosta heillä oli samat mahdollisuudet kyselylomakkeen täyttämiseen, joten kysely oli kaikille samanlainen (Heikkilä 2017, 39).

Tulosten analysoinnissa on käytetty parametrista käsittelyä, joka tässä tapauksessa on tarkoittanut keskiarvon määrittämistä. Keskiarvon määrittämistä

tukee hyvin kyselyssä käytetty kvantitatiivisen kyselyn Likertin 5-pohjainen mitta-asteikko. Analysoitaessa on käytetty apuna jakauman määrittelemistä ei tyyppeihin ja laskemalla eri vastausvaihtoehtojen prosenttiosuudet. (Heikkilä 2017, 84 – 89, 183.)

Vapaasti vastattavien kyselykenttien analyysiin on käytetty sisällönanalyysiä, jossa tarkastellaan vastausten välisiä yhtäläisyyksiä ja eroja, jonka jälkeen ne on eroteltu toisistaan ja tiivistetty. Sisällönanalyysi on tekstianalyysia, jota käytetään jo valmiissa tekstimuodossa olevaan vastaustulokseen, ja tämä pyritään yhdistämään työn laajempaan kontekstiin. Vaikka kysely on pääosin määrällinen, niin sisällönanalyysi on tehty laadullisena analyysinä. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006b.)

### 6.3 Kyselylomakkeen laadinta

Kyselyn onnistumisen perusedellytykset ovat kysymyksissä ja kohderyhmässä. Kysymysten ja tekstin tulee olla hyvin aseteltua ja loogisessa järjestyksessä. Kohderyhmää varten kyselyn tulee olla ulkonäöllisesti miellyttävä ja sen tulisi viestiä täyttäjälle vastaamisen tärkeydestä. (Heikkilä 2017, 46 – 47.) Tutkimuslomakkeen tulee mitata yksiselitteisesti ja kattavasti koko tutkimusongelmaa (Heikkilä 2017, 27).

Kyselylomakkeessa käytettiin Likertin 5-portaista asteikkoa, josta vastaajan tuli valita väittämiin vaihtoehto, joka vastaa parhaiten hänen käsitystään aiheesta. Asenneasteikon lisäksi käytettiin avoimia kysymyskenttiä, jotka olivat tarkoituksenmukaisia, koska kaikkia vastausvaihtoehtoja ei tarkkaan tunnettu ja haluttiin lisää informaatiota. (Heikkilä 2017, 27.)

Kyselylomakkeeseen kerätyt kysymykset on jaoteltu kolmeen ryhmään ja näiden kyselyn tavoitteina olleiden primääristen selvityskohteiden avaamiseksi on työn teoriapohjalta etsitty avoimia väittämiä ja kysymyksiä. Kysymyksessä ei pyydetty vastaajalta tarkkoja tietoja vastaushenkilöstä tai yrityksestä, koska kohderyhmä oli jo aikaisemmin rajattu koskemaan pelkästään anturitekniikkaa tunteviin henkilöihin. Vastaajan varmentamiseksi kerättiin taustamuuttujatieto kyselyn ensimmäisenä kysymyksenä. Tässä vapaavalintaisessa tekstikentässä pyydettiin kirjoittamaan teknologiasta, jonka parissa vastaaja työskentelee.

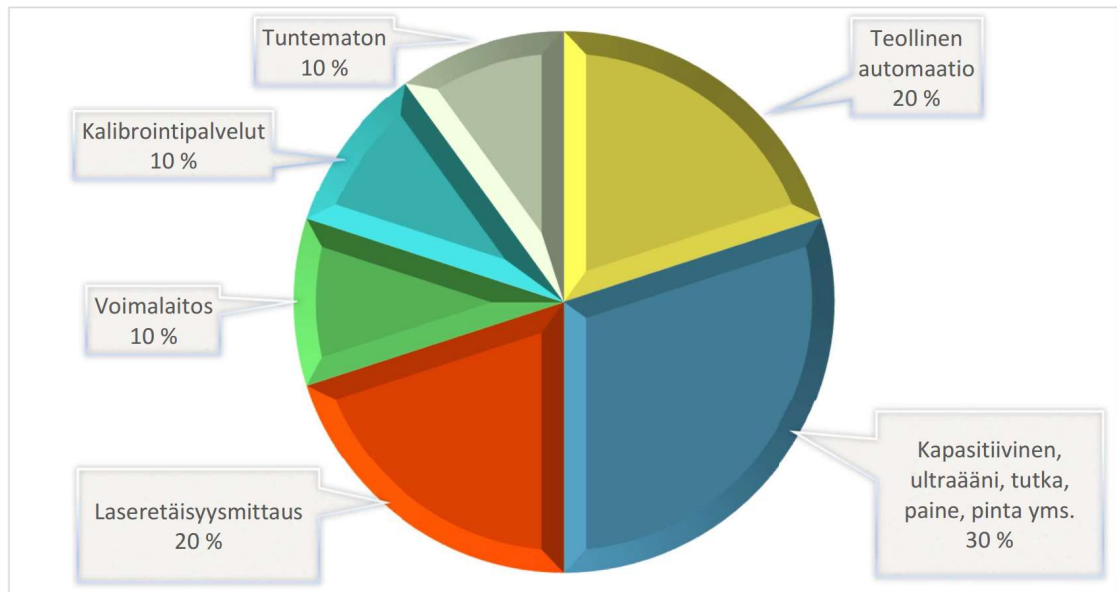


Lomakkeen laatimisen jälkeen, se tulee aina koeajaa. Tämän avulla kyselystä saa rakentavaa palautetta sen selkeydestä, yksiselitteisyydestä ja toimivuudesta. Lomakkeen testauksesta saa myös saatekirjeeseen hyviin tapoihin kuuluvan ilmoituksen lomakkeen täyttämiseen kuluvasta ajasta (ks. liite 1). Käytin testauksen alkuun kahta eri ystäväryhmääni, joilta sain suuntaa antavan vastausajan ja kehittävää kritiikkiä, jota hyödynsin kyselyäni muokatessa. Ennen kyselyn lähettämistä kävin ohjaajani kanssa kyselyn rakennetta ja ulkoasua läpi, jonka jälkeen se sai lopullisen ja mahdollisimman johdonmukaisen ulkomuotonsa. (Heikkilä 2017, 58.)

## 7 KYSELYN TULOKSET

### 7.1 Tutkimuksen yleiset osat

Kyselyyn vastasi lyhyessä ajassa 10 asiantuntijaa, joista keskiarvoisesti kolmasosa jätti vastaamatta kyselyn vapaavalintaisiin tekstikenttiin. Avoimien kysymysten päämääränä oli kerätä mittausteknologian mahdollisuuksista, ja rajata mittaustyyppejä niiden toteutettavuutensa mukaan. Avoimista vastauksista ei ollut tarvetta poistaa mitään, koska kentät olivat vapaasti vastattavia ja ne oli useasti muotoiltu koskemaan edellistä väittämää ja jos tähän edelliseen oli vastannut keskimmäisen vaihtoehdon (En osaa / halua vastata) ei vapaasti vastattavassa kentässä ollut heitä koskevaa kysymystä. Kyselylomake koostui 50 pakollisesta mielipideväittämästä ja 14 vapaasti vastattavasta kysymyksestä. Mielipideväittämät ja kysymykset olivat lomittain pitkin kyselylomaketta (ks. liite 2) ja kysymykset liittyivät usein edelliseen väittämään.



Kuva 11. Kyselyyn vastanneiden jakautuminen ammattialueiden mukaan (N = 10)

Kuva 11 on vastaajan varmentamiseen käytetyn kysymyksen hajonnan jako eri osaamisalueisiin. Kysymyksessä haluttiin tietoa siitä, minkälaisen teknologioiden parissa vastaaja työskentelee. Tällaisen kontrollikysymyksen jälkeen voidaan olla varmempia heidän pätevyydestään vastata kysymyksiin. Yksi henkilö jätti vastaamatta tähän kysymykseen ja toinen vastasi ympärilyöreästi työskentelevänsä voimalaitosten parissa. Loput 80 prosenttia vastaajista työskentelee teknologioiden parissa, jotka ovat kytköksissä suoraan opinnäytetyöhöni.

## 7.2 Alusten tankkien mittaustapa

Alusten tankkien mittaustapa osiossa pyrittiin selvittämään vastaajan tunteista nestepintamittaukseen ja saada käsitys siitä, mitä suuretta tankista kannattaa mitata ja mitä mittauslinjaa tähän voisi käyttää. Kuvan 12 prosenttiosuuksista, aritmeettisista keskiarvoista ja keskihajonnasta on jätetty pois neutraalit vaihtoehdot (En osaa / halua vastata). Sen vastausvaihtoehdon esiintyminen pitää vastauksia tulkitessa huomioida, koska tietyn väittämän tyhjien vastausten noustessa heikkenee sen validiteetti. Neutraalin vaihtoehdon pois jättäminen olisi nostanut mielipiteiden määrää, mutta vastausten reliabiliteetti olisi kärsinyt, koska osa vastauksista olisi ollut sattumanvaraisia. Keskiarvo ja keskihajonta ovat asteikolla 1 – 4, jossa 1 tarkoittaa ”täysin eri mieltä” ja 4 ”täysin samaa mieltä”. Kuvan 12 13 ja 14 väittämät löytyvät kokonaisina liitteestä 2, jossa ne esiintyvät samassa järjestyksessä ja samalla aloituksella.

väittämät	En osaa/halua vastata	Täysin eri mieltä		Osittain eri mieltä		Osittain samaa mieltä		Täysin samaa mieltä		Keskiarvo	Keskihajonta [s]
	Σ	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	μ	σ
Laivan tankkien mittausjärjestelmät ovat minulle...	0	2	20,0	3	30,0	5	50,0	0	0,0	2,3	0,82
Tankkien nestepintamittaus on minulle tuttua	1	1	11,1	1	11,1	1	11,1	6	66,7	3,3	1,49
Tunnen tankkien manuaaliset (käsiikäyttöiset) ...	0	2	20,0	6	60,0	2	20,0	0	0,0	2,0	0,67
Olemassa olevien peilausputkien käyttö	4	1	16,7	2	33,3	3	50,0	0	0,0	2,3	1,35
Olemassa olevien peilausputkien muokkaaminen	6	0	0,0	1	25,0	2	50,0	1	25,0	3,0	1,62
Kokonaan uuden mittauslinjan käyttäminen	3	0	0,0	2	28,6	2	28,6	3	42,9	3,1	1,69
Mittaus kannattaisi suorittaa tutkimalla nesteen...	4	0	0,0	0	0,0	5	83,3	1	16,7	3,2	1,66
Mittaus kannattaisi suorittaa tutkimalla tankin...	3	0	0,0	1	14,3	6	85,7	0	0,0	2,9	1,41

Kuva 12. Alusten tankkien mittaustopojen vastaustilasto

Väittämillä 1 – 3 oli samankaltainen rooli, kuin ensimmäisellä vapaasti vastatavalla kysymyksellä. Näiden kysymysten kautta selvitettiin vastaajien tunteista laivojen mittausjärjestelmiin, tankkien nestepintamittaukseen ja manuaaliseen mittaukseen. Laivojen tankkien mittausjärjestelmät (2,3) oli puolelle vastaajista osittain tuttuja, koska vastaajat eivät suoranaisesti työskentele laivojen parissa. Nestepintamittaus (3,3) oli suurimmalle osalle tuttu ja jakauma oli vasemmalle vino moodin (= tyyppiarvo) ollessa oikealla. Kyselyn luotettavuuden kannalta tämän vastauksen myönteinen tulos on hyvin tärkeää. Manuaalisten mittaustopojen tuntemuksen (2,0) moodi oli erimielisyyden puolella ja tämä oli oletettavissakin.

Väittämillä 4 – 6 oli tarkoitus saada selville paras ja kannattavin toimenpide kannettavaan mittaukseen käytettävälle peilausputkelle. Näitä väittämiä auttaakseen kyselyyn oli liitetty kuvat 8 ja 9, ja lisätty tieto peilausputken sisähalokaisijan vaihteluvälistä. Näissä kaikissa ongelmana oli neutraalien vastausten suuri lukumäärä, ja parhaimpana vaihtoehtona oli kokonaan uuden mittauslinjan käyttäminen (3,1). Olemassa olevien putkien käyttäminen (2,0) ja olemassa olevien putkien muokkaaminen (2,0) jäivät selkeästi kielteisiksi vaihtoehdoiksi sekä epäluotettaviksi neutraalien vastausten takia (40 – 60 %).

Väittämät 7 – 8 selvittivät, mitä mittauskohdetta kannattaisi käyttää ja vastaukset olivat hyvin samankaltaiset toisiinsa nähden. Nesteen osuutta (3,2) ja tankin kaasun osuuden (2,9) mittaamista voi molempia hyödyntää nestepintamittaukseen.

Osion lopussa kysyttiin muista mahdollisista suhteista, joita voisi hyödyntää nestepintamittauksessa. Tällä oli tarkoitus saada lisää tietoa väittämien 7 – 8 alueeseen, ja se sai kolme vastausta painemittaukseen liittyen, jotka kaikki tukevat toisiaan. Ehdotukset nestepintamittarilla tutkittavaan suhteeseen:

*”Hydrostaattinen mittaus, painanturi säiliön pohjaan”*

*”Hydrostaattista painetta mittaamalla”*

*”Tankin pintamittaus paine-ero mittauksella olisi mahdollista”*

### 7.3 Mittarityyppien soveltuvuus kannettavaan nestepintamittaukseen

Kyselyn toisella sivulla selvitettiin ominaisuuksiensa puolesta sopivinta mitausteknologiaa, jota voisi käyttää kannettavassa muodossa tankin nestepintamittaukseen. Kuvaa 13 koskee tulkinnan puolesta samat ominaisuudet kuin kuvaa 12.

väittämät	En osaa/halua vastata	Täysin eri mieltä		Osittain eri mieltä		Osittain samaa mieltä		Täysin samaa mieltä		Keskiarvo	Keskihajonta [±]
	Σ	Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%	μ	σ
Ultraäänimittaus soveltuisi kannettavaan neste...	2	1	12,5	0	0,0	5	62,5	2	25,0	3,0	1,51
Ultraäänimittarilla on mahdollista mitata neste...	3	3	42,9	2	28,6	1	14,3	1	14,3	2,0	1,35
Ultraäänimittarilla on mahdollista mitata neste...	3	3	42,9	1	14,3	2	28,6	1	14,3	2,1	1,43
Laivan tankin nestepinnan ultraäänimittaus olisi...	5	0	0,0	1	20,0	2	40,0	2	40,0	3,2	1,78
Lasermittaus soveltuisi kannettavaan nestepin...	4	0	0,0	2	33,3	3	50,0	1	16,7	2,8	1,57
Lasermittarilla on mahdollista mitata nesteen...	3	3	42,9	3	42,9	0	0,0	1	14,3	1,9	1,25
Lasermittarilla on mahdollista mitata neste...	4	2	33,3	2	33,3	0	0,0	2	33,3	2,3	1,58
Laivan tankin nestepinnan lasermittaus olisi...	6	0	0,0	0	0,0	3	75,0	1	25,0	3,3	1,70
Pintatutkamittaus soveltuisi kannettavaan...	4	1	16,7	1	16,7	2	33,3	2	33,3	2,8	1,70
Pintatutkamittarilla on mahdollista mitata nes...	6	3	75,0	1	25,0	0	0,0	0	0,0	1,3	0,71
Pintatutkamittarilla on mahdollista mitata nest...	6	3	75,0	1	25,0	0	0,0	0	0,0	1,3	0,71
Laivan tankin nestepinnan pintatutkamittaus oli...	7	1	33,3	1	33,3	1	33,3	0	0,0	2,0	1,07
Uimurityyppiset anturitsoveltuisivat kannettav...	3	0	0,0	1	14,3	4	57,1	2	28,6	3,1	1,62
Hydrostaattiseen paineeseen perustuva paine...	2	0	0,0	0	0,0	3	37,5	5	62,5	3,6	1,60
Kapasiitivisella pintamittarilla olisi mahdollista...	3	0	0,0	0	0,0	4	57,1	3	42,9	3,4	1,71
Punnitusanturilla olisi mahdollista mitata tankin...	3	2	28,6	1	14,3	1	14,3	3	42,9	2,7	1,73
Kuvan mukaisella tavalla olisi mahdollista mitat...	6	0	0,0	0	0,0	2	50,0	2	50,0	3,5	1,84
Laserin/ultraäänen ja valosensorin yhdistelmä...	5	0	0,0	1	20,0	3	60,0	1	20,0	3,0	1,65

Kuva 13. mittarityyppien soveltuvuuden vastaustilasto

Toisen alueen väittämät 1 – 11 käsittelevät nestepinnasta heijastuvia mittausmetodeja ja näissä kolmessa, ultraääni laser ja pintatutka, on asetettu samat väittämät. Ultraääntä koskevissa väittämässä 1 – 3, enemmistö piti sitä soveltuvana kannettavaan nestepintamittaukseen (3,0). Sen mahdollisuutta tunkeutua samean ja saken (2,0), sekä kirkkaan ja juoksevan (2,1) nesteen läpi pidettiin epätodennäköisenä moodin sijoittuessa vasemmalle ja jatkavan vinona positiivisen vastauksen puolelle. Ultraäänimittarilla hyvin epätodennäköisesti pystyy mitata nestepinnan sijaintia tutkimalla nesteen ja pohjan välistä eroa. Laivan nestepinnan ultraäänimittaus (3,2) olisi enemmistön mielestä mahdollista jollakin muulla tavalla. Puolet vastanneista oli jättänyt neutraalin vaihtoehdon, joten nämä toiset mahdolliset tavat eivät ole kaikkien tiedossa. Tähän

väittämään liitettyyn kysymyskenttään ei ole avattu niitä muita vaihtoehtoja, vaan haluttu perustella ultraäänen kykenevyyttä tunkeutua nesteen läpi:

*”UÄ-anturi ei tunkeudu nestepinnan sisään vaan mittaa pelkästään pintaa.”*

*”Kokemuksen on että ultraääni anturin signaali heijastuu ylemmästä pinnasta joten sillä ei tietääkseni voi erottaa onko lietettä vai vettä.”*

Laseri soveltuisi kannettavaan nestepintamittaukseen (2,8). Tämän alueen vastauksista kaikkiin vaikuttaa mediaaniltaan 42,5 % osa neutraaleja vastauksia, joten vastaajista lähes puolet eivät osaa tai halua vastata väittämiin laseretäisyysmittareista. Raskaan polttoaineen mittaaminen pohjasta tulevan heijastuman kautta (1,9) pidettiin hankalana toteuttaa. Dieselöljyn kohdalla (2,3) kuudesta vastanneesta kaksi piti mittausta hyvin mahdollisena, mutta siihen voi vaikuttaa 20 prosentin osuus, joka työskentelevät laseretäisyysmittareiden parissa. Laserilla olisi heidän mielestään, jotka laserteknologiaa tuntevat, mahdollista mitata nestepintaa jollain muullakin tavalla (3,3). Laserista oli vastattu käyttökokemuksen mukaisesti perusteluja siitä miksi sillä ei voi läpäistä nestepintaa:

*”Laserin tunkeuma ei mene kuin hieman nestepinnan alapuolelle. Ei läpäise kirkastakaan nestettä.”*

*”Olemme yrittäneet mitata veden pintaa, mutta se on käytännössä mahdotonta ainakin kokeilemalla aallonpituudella (905 nm)”*

Kehitysidea joka tuli laserin vastauskentässä esille:

*”Jos liete on pinnassa nii nsiihen laser sopii hyvin ja tarkkuus on hyvä mutta jos pinnassa on vettä, kirkasta öljyä niin laseri puhkoo pinnan ja ei ole näin ollen niin tarkka. Laserilla ei voi erottaa onko lietettä tai vettä. Laseria voisi käyttää siten että asentaa mittaputken sisälle kohon jota vasten laseri mittaa.”*

Väittämien 9 – 13 vastaukset pintatutkamittauksesta ovat hyvin epäluotettavia, neutraalien vastausten määrä on niin korkea, kuten kuvassa 13 harmaa alue indikoi. Ensimmäiseen väittämään pintatutkamittauksen soveltuvuudesta (2,8) kannettavaan nestepintamittaukseen on vastattu myönteisesti. Jatkokysymyk-

set sen kykyyn mitata minkään nesteen (1,3) läpi on kielteinen. Muista mahdollisuuksista (2,0) vain kolme antoi mielipiteensä ja sitä koskevaan jatkokysymykseen ei ollut vastauksia.

Uimurityyppisten antureiden soveltuvuutta kannettavaan nestepintamittaukseen (3,1) pidettiin hyvin mahdollisena, mutta vapaaseen tekstikenttään ei annettu esimerkkejä toteutuksesta. Vastausten mediaani oli osittain samaa mieltä, alueella ja vastaajien määrä oli 70 prosenttia, mutta tapojen löytäminen tarvitsisi lisäetsintää, jota tämä kysely ei tuonut.

Hydrostaattiseen paineeseen perustuvaa paine-eromittaria pidettiin erittäin mahdollisena vaihtoehtona (3,6) nestepintamittaukseen. Tästä aiheesta tuli kyselyn viimeisiin kenttiin lisää tietoa, jonka teemoilta olin yhteydessä sähköpostitse vastaajaan. Vapaaseen vastauskenttään tuli kaksi painemittaria kannattavaa väitettä:

*”Suljetussa säiliössä vois käyttää paine ero mittausta.”*

*”kaapelin varassa roikkuva paineella toimiva pintalähetin. Sopii öljylle, kemikaaleille ja vesille. Tarkkuus melko hyvä”*

Kapasitiivisen pintamittarin (3,4) kysymyksessä tapahtui sama ilmiö, mitä uimurityyppisten mittareiden vastauksissa. Sitä pidettiin mahdollisena nestepintamittaukseen, mutta jatkokysymykseen ei tullut mitään ehdotuksia.

Punnitusanturin kohdalla (2,7) mediaani lähellä keskiarvoa, mutta moodit olivat molemmissa ääripäissä. Tämä on antaa vaikeasti tulkittavan vastauksen hyvin hankalaan mittausteknologiaan. Vapaasti vastattavaan kenttään tuli yksi vastaus, joka oli perustelu punnitusanturin toimimattomuudesta laivakäytössä:

*”Koko säiliö pitäisi olla vaaka-antureilla varustettuja ja paikallaan, ei onnistune laivakäytössä”*

Sopivimman mittarityypin tyyppikohtaisten rajauksien lisäksi kysyin vielä muista mahdollisista tavoista suorittaa kannettavaa nestepintamittausta. Laser osiossa esille tuli kuituoptiikan hyödyntämistä koskeva kehitysidea. Vastaan tuli myös ehdotus yrityksen sähköisestä pinnankorkeusanturista ja tämän hyödyntämisestä nestepintamittaukseen. Vastauksesta on poistettu yrityksen nimi

koska tietosuojan nimissä, koska ”yksittäistä vastaajaa ei saa tuloksista tunnistaa” (Heikkilä 2017, 29).

*”... mikroaalto periaatteella toimiva sauva mallinen anturi esim...”*

*”Yrittäisin itse kuituoptista mittausta jolla mitattaisiin saman tien KAIKKI tankit YHDESTÄ pisteestä.”*

*”Johdetutka (TDR)”*

Tämän osion lopussa oli vielä oma mittausideani esiteltynä (luku 5.2) ja kuva 10 selkeyttämässä vastaajaa. Kysymyksillä haluttiin saada ammattilaisen mielipidettä visioon, jossa käytetään kahta eri mittaustekniikka yhdessä. Väittämässä 17 – 18 oli noin puolet neutraaleja vastauksia. Vastaajien mielestä kuvan 10 mukaisella tavalla olisi mahdollista mitata nestepintaa tankista (3,5), eikä tähän väittämään ollut kielteisiä vastauksia. Laiteyhdistelmän mahdollisesta tarkkuudesta tuli yksi osittain eri mieltä oleva vastaus ja loput neljä olivat osittain tai täysin samaa mieltä (3,0). Vapaasti vastattavassa kentässä kysyttiin mittarin mahdollisista vahvuuksista ja heikkouksista, ja tähän kenttään tuli havaintoja, jotka vaikuttavat myös perinteiseen peilausmittaan, kuten:

*”Nestepinnan mittaus ei olisi luotettava jos laiva kallistuu”*

Mittauksessa laserin käyttämisestä tuli mielipiteitä puolesta ja vastaan:

*”Olen skeptinen laserin toiminnasta. Toimii ehkä peiliheijastuksessa jos nesteen pinta ei väreile tai aaltoile, mutta muuten takaisin ei heijastu välttämättä juuri mitään”*

*”Tarvitaanko ultra-ääntä? Mielestäni laser-etäisyysmittaus antaa kyllin tarkan mittaustuloksen. Vai onko mittaukselle sallittu hinta niin matala että suorituskyky rajoitus johtuu tästä”*

#### 7.4 Edellytykset mittarin kannettavuuteen

Kyselyn kolmannella sivulla selvitettiin sensorin edellytyksistä, jotta se saataisiin kannettavaan muotoon. Alueen väittämät koskivat kaikkia mittausteknologioita ja siinä keskityttiin kannettavan nestepintamittarin tarpeisiin, ja mahdollisiin kykyihin. Kuvaa 14 koskee tulkinnan puolesta samat ominaisuudet kuin kuvaa 13.

väittämät	En osaa/halua vastata	Täysin eri mieltä		Osittain eri mieltä		Osittain samaa mieltä		Täysin samaa mieltä		Keskiarvo	Keskihajonta [s]
		Σ	%	Σ	%	Σ	%	Σ	%		
Kannettavalla nestepintamittarilla olisi mahdolli...	1	0	0,0	4	44,4	2	22,2	3	33,3	2,9	0,93
Kannettavasta nestepintamittarista olisi hyötyä...	2	0	0,0	2	25,0	4	50,0	2	25,0	3,0	0,76
Uuden kannettavan nestepintamittarin kehittäm...	4	0	0,0	1	16,7	5	83,3	0	0,0	2,8	0,41
Kannettavan nestepintamittarin tekeminen on...	3	0	0,0	0	0,0	5	71,4	2	28,6	3,3	0,49
[0 – 5 m]Mikä olisi nestepintamittareiden maks...	3	1	14,3	0	0,0	1	14,3	5	71,4	3,4	1,13
[6 – 10 m]Mikä olisi nestepintamittareiden ma...	3	1	14,3	0	0,0	1	14,3	5	71,4	3,4	1,13
[11 – 30 m]Mikä olisi nestepintamittareiden m...	4	0	0,0	0	0,0	2	33,3	4	66,7	3,7	0,52
[31 – 50 m]Mikä olisi nestepintamittareiden m...	4	1	16,7	0	0,0	1	16,7	4	66,7	3,3	1,21
[51 – 100 m]Mikä olisi nestepintamittareiden...	4	1	16,7	0	0,0	1	16,7	4	66,7	3,3	1,21
Akun koko ei ole este laitteen kannettavuudelle	3	0	0,0	1	14,3	4	57,1	2	28,6	3,1	0,69
Akun lehon saisi riittämään useaan mittauske...	2	1	12,5	0	0,0	1	12,5	6	75,0	3,5	1,07
Nestepintamittarin prosessorin tulisi kyetä tu...	1	1	11,1	0	0,0	1	11,1	7	77,8	3,6	1,01
Nestepintamittarin lukupäätteen antamaan tul...	4	1	16,7	0	0,0	1	16,7	4	66,7	3,3	1,21
Nestepintamittaus olisi mahdollista huolimatta...	1	0	0,0	1	11,1	5	55,6	3	33,3	3,2	0,67
Kannettavalla nestepintamittarilla olisi mahdo...	5	0	0,0	1	20,0	3	60,0	1	20,0	3,0	0,71
Mittari toimisi tankkeja operoitaessa yhden pro...	4	2	33,3	0	0,0	1	16,7	3	50,0	2,8	1,47
Mittarin tarkkuus kykenisi lastin kontrollointiin...	5	1	20,0	0	0,0	1	20,0	3	60,0	3,2	1,30
Mittarin tarkkuus kykenisi toimimaan haltijan...	5	1	20,0	1	20,0	0	0,0	3	60,0	3,0	1,41
Mittarilla olisi mahdollista ylittää haltijan vai...	5	1	20,0	3	60,0	0	0,0	1	20,0	2,2	1,10
Haltijan vaihdossa tarkka kannettava nestepin...	6	0	0,0	0	0,0	2	50,0	2	50,0	3,5	0,58
Tarkasta kannettavasta nestepintamittarista...	4	0	0,0	0	0,0	5	83,3	1	16,7	3,2	0,41
Kannettavaan nestepintamittaukseen tarvi...	1	0	0,0	3	33,3	3	33,3	3	33,3	3,0	0,87
Kannettavaan nestepintamittaukseen tarvi...	3	0	0,0	0	0,0	3	42,9	4	57,1	3,6	0,53

Kuva 14 kannettavan mittarin edellytysten vastaustilasto

Kannettavan nestepintamittarin tarkkuus peilausmittaan nähden (2,9) oli risti-riitainen, moodien olivat osittain eri mieltä ja täysin samaa mieltä. Enemmistö piti mahdollisena kannettavan nestepintamittarin tarkempaa mittaustulosta. Peilausmitan korvaamisessa ei olisi minkäänasteista päämäärää, ellei sen korvaaja olisi luotettavampi ja tarkempi. Kannettavan nestepintamittarin (3,0) hyödyllisyydestä haltijan vaihdossa oltiin osittain samaa mieltä, ja jakauma oli symmetrinen. Kannettavan nestepintamittarin kehittämistä pidettiin kannattavana ja tarpeellisenä (2,8), ja sen tekeminen olisi mahdollista tankin mittausputkien ja mittausetäisyyden vaihtelusta huolimatta (3,3). Näiden väittämien painoarvo on selvitystyön jatkamisen kannalta oleellisia, ja ainoastaan kannettavaa nestepintamittaria fyysiseksi kehittäessä voidaan varmentua sen tarkkuudesta ja käyttökelpoisuudesta.

Maksimi-operointialuetta selvittäessä vastausten jakauma oli eri etäisyysalueiden kohdalla hyvin samanlainen. Nestepintamittarin operointialue tankin korkeuden mittauksessa olisi ainakin 100 metriä vastausten mukaan. 11 – 30 metrin kohdalla neutraalien vastausten määrä kasvio, mutta tulosten keskiarvo oli (3,3 – 3,4) hyvin tasainen.



Kannettavassa mittauslaitteessa hyvin tärkeässä roolissa on sen akku. Vastanneiden mielestä akun koko ei tule olemaan este laitteen kannettavuudelle (3,1), joten mittauksen pystyy suorittaa ilman liian kookasta tai painavaa akkua. Kannettavan akun teho riittäisi myös useampaan mittauskertaan (3,5), joten yhdellä latauksella onnistuisi useamman kohteen mittaaminen. Sensoreiden sähkövirran vaatimuksista tuli vapaaseen kenttään vastauksia, joiden perusteella pystyisi etsiä sopivaa akkua:

*”Meidän anturit toimivat hyvin pienellä akulla, virrankulutus luokka alle 150mA/24VDC”*

*”Hydrostaattinen pintapilkille riittää 30 mA, eli erittäin pienellä akulla selvittäisiin.”*

Kannettavan laitteen prosessorilla ei olisi ongelmia lukea mittarilta saatua signaalia ja muuttaa sitä etäisyysarvoksi (3,6). Vähän epävarmempaa on neste-pintamittarin lukupäätteen kyky korjata etäisyysarvo aluksen pitkittäisen kallistuman mittavirheen mukaan (3,3), kun neutraaleja vastauksia oli neljä. Tuloksien keskiarvon laskemisen pitäisi olla mahdollista pidemmällä mittausotannalla (3,2) ja tästä olisi laivalla paljon hyötyä, koska sillä saataisiin merenkäynnistä johtuvaa mittavirhettä pienennettyä.

Tarkkuuteen liittyen nestepintamittarin olisi hyvä olla tarpeeksi tarkka havaitsemaan integroitujen nestepintamittareiden kalibroinnin tarve (3,0). Vain puolet vastasi tähän, mutta väittämästä oltiin osittain samaa mieltä symmetrisellä jakaumalla. Tällaista mittaria pidettiin hyödyllisenä muiden mittareiden kalibroinnin ja huollon tarpeen selvittämiseksi (3,2).

Kannettavan nestepintamittauksen mahdollista sijoittumista eri tarkkuusalueisiin selvitettiin ja laitteella operointi yhden prosentin epätarkkuudella (2,8) oli ristiriitainen, koska moodit olivat molemmissa ääripäissä, mutta paino positiivisen puolella. Lastin kontrollointiin vaatimaa tarkkuutta ( $\pm 1 - 0,5 \%$ ) pidettiin alueena, johon mittarilla ylittäisi (3,2), mutta neutraalien vastausten määrä oli jo puolet. Tätä vielä tarkempi alue ( $\pm 0,5 - 0,25 \%$ ), eli haltijan vaihto (3,0), oli enää kolmen vastaajan mielestä täysin mahdollista saavuttaa. Maksimaaliseen haltijan vaihdossa olevaan ( $\pm 0,1 \%$ ) tarkkuuteen ei kuitenkaan uskottu olevan mahdollista ylittää kannettavalla mittausjärjestelmällä (2,2). Haltijan

vaihtoa varten käytettävää tarkkaa kannettavaa nestepintamittaria kaikki vastanneet pitivät kannattavana sijoituskohteena laivojen sekä varustamoiden näkökulmasta (3,5), mutta neutraalien vastausten määrä oli 60 prosenttia.

Kannettavan nestepintamittarin valmistukseen vaadittavan tekniikan saatavuudesta annettiin kaksi väittämää, joista ensimmäinen jakoi mielipiteitä kohtalaisesti. Ensimmäisenä väittämänä oli tarvittavan tekniikan olevan saatavilla kannettavan nestepintamittarin rakentamiseen (3,0), mutta tässä mielipiteet jakautuivat yhtä suurina mediaanin, eli osittain samaa mieltä, kanssa. Anturitekniikan kehittymisen takia oli vielä asetettu väittämä tekniikan saatavuudesta seuraavan kymmenen vuoden sisällä (3,6), ja tästä väittämästä oltiin pelkästään samaa mieltä.

Koko kyselyn lopussa oli vielä tiedon keruuta varten asetettu kolme kysymystä. Näillä haluttiin saada mielipiteitä kannettavan nestepintamittarin vahvuuksista ja heikkouksista sekä kuulla aiheesta heränneitä ajatuksia. Vahvuuksiksi tuli monia erilaisia piirteitä, kuten liikuteltavuus, kustannustehokkuus ja edullisen laitteen todennäköinen kysyntä. Muita hyviä vahvuuksia ja huomioita oli:

*”Nopeus ja tarkkuus, data ”suoraan pilveen” (IOT)”*

*”Se mahdollistaisi kolmannen osapuolen tekemät tarkastukset”*

*”Painemittaus luotettava pinnanmittaus ja vie vähän sähköä. Mahdollisuus mitata myös kemikalien pinnankorkeutta muovitetuilla antureilla”*

Kannettavan nestepintamittarin mahdolliseksi heikkouksi koettiin sille kertyvä teoreettinen hinta, ja liikuttelusta koituvat laitteen vahingoittumiset:

*”Tarkka laite saattaa tulla kohtalaisen arvokkaaksi, jos se nykytekniikalla onnistuukaan.”*

*”Miten kannettava kestää siirtämistä, asennus eri säiliöihin, yhteyt jne.”*

Laivan tankissa tapahtuva nesteen liikkuminen oli myös ratkaistava heikkous, joka vastauksissa tuli kahdesti esille, ja painemittauksessa nesteen tiheysarvo täytyy olla tiedossa jokaiselle nesteelle:

*”Alttius laivan kallistelulle, laineet tankissa, herkkyys virheille tankin dimensioissa”*

*”Painemittaus vaati nesteiden ominaispainotiedon tarkkuuden säilyttämiseksi”*

Vapaasti vastattavassa kentässä, jossa kysyttiin kannettavan nestepintamittarin herättämiä ajatuksia, tuli vielä hyviä huomioita ja hyvää palautetta. Aihetta pidettiin mielenkiintoisena, mahdollisesti tarpeellisena ja ikuisuusongelmana. Laitetta määriteltiin loogisesti tarpeelliseksi, jos tämänkaltaista laitetta ei jo markkinoilla ole. Viimeiseksi tuli paineella toimivista antureista hyvää lisätietoa vastauskenttään. Vastausta on lyhennetty, jotta kirjoittajaa ei voi tunnistaa, ja vastaus koskee integroituja paineantureita:

*”...toimittaa laivoihin paineella toimivia antureita (ballast tank). Tarkkuus hyvä (jopa +/-0,03% FS), toimii jo 9V jännitteellä, viesti 4-20 mA.”*

Olin kyseiseen vastaajaan vielä sähköpostitse yhteydessä, koska halusin lisää tietoa paineanturin mahdollisuuksista. Vastaajan mukaan roikkuvalla pinnanmittausanturilla olisi virtalähteen (9 – 30 VDC), anturiviestiä (jännite-, mA- tai RS 485 Modbus) varten olevan pienen logiikan ja tarpeeksi pitkän kaapelin avulla mahdollista mitata tankin nestepintaa. Logiikkaan pystyy määrittämään useiden laivalla olevien nesteiden ominaispainoin, jonka avulla asetusmuutoksilla voidaan samalla laitteella mitata montaa eri kohdetta. Pinnanmittausanturilla pystyy etäisyysmittauksen lisäksi määrittämään nesteen lämpötilan. Anturin pystyy päällystämään aggressiivisia nesteitä varten teflonilla tai PVDF-muovilla (= polyvinyyliidenifluoridi). Tarkkuuden varmentamiseksi mittauspisteen tulee olla tankkikohtaisesti aina samassa kohdassa, ja nykyisillä peilausputkilla se onnistuu putken pohjassa olevalla vastalevyllä. Mittauksen onnistuminen nykyisesti yleisen peilausputken kautta tarvitsee tietenkin kokeilua. Anturi saattaa tarvita ristikkomallisen vastalevyn sekä useammasta kohtaa avoinna olevan peilausputken, jotta tankin neste pääsee virtaamaan muualtakin kuin pohjasta.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa ilmeni kolme potentiaalista tekniikkaa, jota käyttää uuden kannettavan nestepintamittarin rakentamiseen. Nämä anturityypit ovat hydrostaat-

tiseen paineeseen perustuva anturi, sekä laser- ja ultraäänianturi. Anturin kannettavaksi tuomisessa ei akun tai lukupäätteen takia ole hankaluuksia, joten kannettavan nestepintamittarin kehittämisessä on tutkittava anturin toimivuutta tankkimittauksessa. Kannettavan nestepintamittarin valmistaminen olisi kannattava ja tarpeellinen hanke, jos sen saa toimimaan tarpeeksi tarkasti ja luotettavasti. Vasta laitekehityksessä tapahtuvan kokeilun jälkeen pystyttäisiin todentamaan mittarin hyödyllisyys, koska hyödyllisyyden määrittelee laivalla käytettävän peilausmitan tarkkuuden ylittäminen. Tarkkuuden ja luotettavuuden lisäksi markkinoilla pärjääminen vaatii kustannustehokkuutta, joka kerääntyisi alukselle ja varustamolle haltijan vaihdon yhteydessä ja integroitujen mittareiden ennakoivan huollon kautta tulevista rahallisista säästöistä. Ennakoidun huollon ja integroitujen mittareiden tarkkuuden ylläpitämisellä vähennetään tankkien ylivuotoriskejä.

Kyselyn pohjalta paras ja kannattavin vaihtoehto uudelle kannettavalle mittausrjestelmälle olisi kokonaan uuden mittauslinjan rakentaminen alukselle UTImittarin tapaan. Tätä kautta pystyisi käyttää yksinkertaisempia mittausmetodeja, koska putket voidaan pitkälti saada vakiomittaisiksi. Uuden mittauslinjan tekeminen jo olemassa oleviin laivoihin olisi iso operaatio ja helposti vähentäisi tarkempaan järjestelmään siirtymisen halukkuutta. Kun kyseessä on vanhasta peilausmitasta uuteen laitteeseen siirtyminen, omasta mielestäni olisi kätevää ja investoinnin kannalta houkuttelevaa käyttää jo olemassa olevia peilausputkia suoraan tai muokattuna. Tämä sai kyselyssä vähemmän kannatusta. Vanhan peilauslinjan käyttäminen rajoittaa anturin valinnassa, koska sen täytyy olla halkaisijaltaan peilausputkea pienempi, mutta esimerkiksi paineeseen perustuvan anturin sisähalkaisija on tarpeeksi pieni (24 mm).

Mittauksessa tutkittava alue määrittyy käytettävän tekniikan mukaan, ja signaalia lähettävät ja vastaanottavat anturit eivät kyselyn perusteella pysty, ainakaan vielä, tutkimaan kaikkien laivan nesteiden osuutta tankissa. Valmiissa putkilinjassa tämän kaltaisia tyhjän tilan osuutta mittaavia antureita on ilman muokkausta hankalaa käyttää, koska putkilinjan korkeus vaihtelee ja mittauksen nollakohtaa ei voida määrittää. Kolmesta selkeästi eniten kannatusta saaneesta tekniikasta punnitusanturi nousi otollisimmaksi kokeilukohteeksi, ja se toimisi hyvin samankaltaisesti nestettä mitaten, kuten hydrostaattiseen pai-

neeseen perustuva mittari. Huonoja puolia näissä on heiluminen, pohjan lietteestä tuleva virhe, ja likaantuminen, ja tämän likaantumisen takia samaa laitetta ei voisi käyttää vesi- ja öljytankin mittaamiseen. Oman mittausideani käyttäminen edellyttäisi joko täysin uuden mittauslinjan, tai vanhan linjan muokkaamista, mutta etuna olisi mahdollisuus tutkia tyhjän tilan osuutta tankissa.

Mittauskorkeuden puolesta antureilla ei pitäisi olla mitään ongelmaa aluksen tankkien kanssa, ja akku- sekä tietotekniikan puolesta käsikäyttöisen mittarin valmistaminen ei ole ongelma. Itse uskon kannettavan nestepintamittarin olevan valmistettavissa jo nyt löytyvällä tekniikalla, mutta laitteen kehittelyyn ja testaamiseen kuluisi aikaa ja resursseja, joita opinnäytetyön laajuisessa projektissa ei ole saatavilla.

## 9 POHDINTA

### 9.1 Kyselyn onnistuminen ja eettisyys

Olin kyselyn osallistujamäärään tyytyväinen, koska mahdollisten vastaajien määrä oli lähtökohtaisesti kapea ja vastausaika oli lomakaudella. Vastausmäärän minimi oli asetettu kuuteen, mutta henkilökohtainen toive oli saada kymmenen vastajaa, johon kyselyllä vähän yli viikossa päästiin. Vastausprosentti (43 %) kaikista kyselyn saajista oli hyvä, ja vastaajien osaamisalueet olivat järkevät ja tarpeeksi laajat. En osaa tai halua -vastanneiden keskiarvo koko kyselyssä oli 35 %, joka olisi saanut olla pienempi, mutta tällä vastausvaihtoehdolla saatiin karsittua epäpäteviä mielipiteitä.

Toivoin että vapaasti vastattaviin kenttiin olisi tullut enemmän vastauksia. Mutta jos ne olisi asetettu kyselyssä pakollisiksi, olisi kyselyn loppuun täyttäneiden määrä voinut tippua. Mielestäni kyselyssä kuvien käyttäminen helpotti täyttämistä ja ohjasi vastaajia oikeaan suuntaan.

Kyselyyn vastaajaa helpottaa huomattavasti, jos heillä on omakohtaista kokemusta kyselyn aiheisiin. Ennen vastaamista tulisi korostaa vastaajalle, että nimenomaan hänen mielipiteestensä ollaan kiinnostuneita. Saatekirjeessä yritettiin painottaa vastaajan pätevien mielipiteiden ilmaisemisen tärkeydestä. (KvantiMOTV 2008.) Kyselyn tuloksissa huomioitiin tarkasti, että vastaajien henkilöllisyys ja yritys, jossa he työskentelevät, pysyvät tuntemattomina. Näin

suojellaan heidän tunnistamisriskiä, joka näin pienen otannan määrällisessä tutkimuksessa on hyvinkin mahdollista. Tunnistamisen vähentämiseksi suoria lainauksia on lyhennetty tapauksissa, joissa vastaajan yhtiö tai heidän yhteistyökumppani on mahdollista tunnistaa.

Tutkimuseettisiin tekijöihin kuuluu tulosten tutkiminen huolellisesti ja objektiivisesti. Objektiivisuutta on tutkimustulosten esittäminen mahdollisimman puolueettomasti ja ilman oman näkemyksen tai asenteen ilmaisemista. Tutkimusta ei myöskään saa tehdä pelkästään tilaajalle tai itselleen, koska muuten avoimuus ja tulosten kontrolloitavuus kärsivät. (KvantiMOTV 2008.) Objektiivisuutta on tutkimuksessa lisännyt suorien lainauksien käyttäminen ja kaikkien vastauksien taulukointi lukijan nähtäväksi.

## 9.2 Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti

Tutkimuksen kokonaisluotettavuus muodostuu validiteetista ja reliabiliteetista, ja tähän luotettavuuteen vaikuttaa alentavasti erilaiset epätarkkuutta ja harhaa tuottavat virheet. Terminä reliabiliteetti ja validiteetti ovat kerrottuna auki luvussa 4.2.4. Lyhyesti ilmaistuna validiteetti kuvaa onnistumista mitata kyselyssä selvitettäviä kohteita, ja reliabiliteetti vastausten sattumanvaraisuutta sekä toistettavuutta. Validiteettia saatiin kyselyssä parannettua valikoimalla vastaajiksi pelkästään henkilöitä, jotka työskentelevät mittaustekniikan parissa. Reliabiliteettiin vaikutti negatiivisesti otannan pieni koko, joka johtui sopivien vastaajien lähtökohtaisesti pienestä määrästä. Vaikka kokonaisvastausprosentti oli kohtalaisen hyvä (43 %), jäi otanta kymmeneen henkilöön. Reliabiliteettiin positiivisesti vaikutti valehtelun ja satunnaisvirheiden minimoiminen neutraalilla vastausvaihtoehdolla, joka kasvaessaan liian suureksi vaikuttaa negatiivisesti vastauksen validiteettiin. (Heikkilä 2017, 177 – 178.)

Luotettavuuden kannalta tutkimuksen otoksen tulee mitata kattavasti koko tutkimusongelmaa, ja vastausprosentin pitää olla korkea ja koostua tarpeeksi edustavasta ja isosta ryhmästä. Tulosten luotettavuuden arvioimista varten on vastausten keskiarvo ja keskihajonta laskettuna ja kerrottu otantavaihtelun harha, jos se on ollut poikkeuksellinen. Laskemalla ei saa selville satunnaisriskien todennäköisyyksiä, jossa pitäisi näkyä vastauskato, sekä vastaajalle asetettujen kysymysten ymmärtämistä. Nämä havainnot täytyy tehdä itse tulosten tulkitsemisvaiheessa. Luotettavuuteen vaikuttavaa kokonaisvastausprosentin

kadon aiheuttama tulosten vääristymä. Sen vaikutusta on hankala arvioida, koska todistettavasti (lähettivät sähköpostilla selityksen) osa jätti kyselyyn vastaamatta syystä, että he eivät omasta mielestään olleet tarpeeksi perehtyneitä kyselyn aiheeseen. Jos tämä ryhmä olisi vastannut kyselyyn, olisi otantaan tullut huomattavasti lisää satunnaizaraisuutta ja harhaa vastauksiin. (Heikkilä 2017, 178 – 180.)

Kyselyä läpikäydessäni ja tuloksia arvioidessa huomasin muutamia kyseenalaistettavia kohtia tutkimustuloksissa. Nämä johtuvat mahdollisesta väärinymmärtämisestä, joka johtuu väittämien ja kyselyiden asettelumuodosta. Yksi tällaisista kohdista on liitteestä 2/5 alkavat ultraääni-, laser- ja pintatutkimusta koskevat väittämät, jossa on ensin kysytty nesteen osuuden mahdollista mittausta ja sen jälkeen annettu väittämä: ”Laivan tankin nestepinnan ulträänimittaus olisi mahdollista myös muulla tavalla”. Tuo väittämässä käytetty ”myös” sana voi väärin ymmärrettynä viitata aikaisempiin väittämiin, vaikka tarkoituksena oli saada selville väittämällä ja tätä seuraavalla vastauskentällä vastaajien omia visioita mittauksen suorittamisesta. Tämän asettelun takia vastauskentässä oli paljon perusteluja anturin mahdollisuudesta mitata nesteen läpi. Vaikka tämä tieto on hyödyllistä, se ei vastaa siihen mitä kysymyksellä haettiin. Toinen virheellisesti muotoiltu kohta on liitteestä 2/7 alkavat vastauskenttien kysymysten muotoilut, jotka koskivat uimurianturia ja kapasitiivista pintamittausta. Nämä olisi pitänyt muotoilla kysymään tapoja, joilla edellä mainituilla antureilla olisi mahdollista suorittaa mittausta, eikä kysyä muita mahdollisia tapoja, koska väittämässä ei oltu näiden kohdalla esitetty mittaus tapaa. Kyselyn testausvaiheessa ei näiden osien epäloogisuus tullut esille, joten en itse huomannut korjata niitä. Kysymysten sekä väittämien esittelytapa johtui omasta kyselyn asettelemisessä tapahtuneesta sokaistumisesta pitkälle kyselykaavakkeelle.

### 9.3 Jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksen ja opinnäytetyön yhtenä tavoitteista oli luoda hyvä pohja jatkotutkimusta ja kannettavan nestepintamittarin rakentamista varten. Selville on saatu mittarityypit joita kokeilla, haasteet jotka mittausympäristöön vaikuttaa, ja mitä luotettavalta mittaukselta vaaditaan. Jäljelle jää sopivien komponenttien etsiminen, lukulaitteen ohjelmointi ja mittausteknologioiden soveltuvuuden fyysinen testaus.

Jatkotutkimuksen pääkohteiksi jää laserin ja ultraäänen hyödyntäminen neste-pintamittauksessa, esimerkiksi oman kehitysideani mukaisesti. Lisäksi pääkohteisiin kuuluu paineeseen perustuvan pinta-anturin tutkiminen ja kuituoptiikkaan tutustuminen ja sen hyödynnettävyyden selvittäminen.

Pinta-anturista sain hyvin tietoa kyselyn ja sähköpostitse tekemäni lisäselvityksen avulla. Koen pinta-anturin toiminnan selvittämisen kannettavaan nestepintamittaukseen haasteellisena ja mielenkiintoisena jatkotutkimuskohteena.



## LÄHTEET

- ABB Flow computers. 2017. The true cost of custody transfer, mismeasurement, mismeasurement made easy. Saatavissa: [http://new.abb.com/products/measurement-products/flow-computers/the-true-cost-of-custody-transfer-mismeasurement?utm\\_source=mphomepage&utm\\_campaign=custodytransfer&utm\\_medium=website](http://new.abb.com/products/measurement-products/flow-computers/the-true-cost-of-custody-transfer-mismeasurement?utm_source=mphomepage&utm_campaign=custodytransfer&utm_medium=website) [viitattu 11.1.2017].
- Al-Multaq, S. 2016. Getting started with load cells. Päivitetty 22.7.2016. Saatavissa: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/getting-started-with-load-cells> [viitattu 8.2.2017].
- A.N.T.A. 2008. Refuelling & transfer operations. Saatavissa: <http://www.splashmaritime.com.au/Marops/data/text/Engtex/Refueltext.htm> [viitattu 20.2.2017].
- Arm-TEX. 2015. Tank gauging, sampling and dome lids. Saatavissa: <http://www.arm-tex.com/tank-gauging-equipment.html> [viitattu 29.12.2016].
- Berto, F. 1997. Technology review of tank measurement errors reveals techniques for greater accuracy. Oil&Gas journal. San Anselmo, California. Saatavissa (vaatii kirjautumisen): <http://www.ogj.com/articles/print/volume-95/issue-9/in-this-issue/refining/technology-review-of-tank-measurement-errors-reveals-techniques-for-greater-accuracy.html> [viitattu 3.1.2017].
- Berto, F. 1991. Gauging data pose question on stability of reference gauge heights. Oil&Gas journal. San Anselmo, California. <http://www.ogj.com/articles/print/volume-89/issue-30/in-this-issue/refining/gauging-data-pose-question-on-stability-of-reference-gauge-heights.html> [viitattu 2.1.2017].
- Bell, S. 1999. A beginner's guide to uncertainty of measurement. National Physical Laboratory. United Kingdom. Saatavissa: [https://www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruanmanuals/UK\\_NPL/mgpg11.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/gcos/documents/gruanmanuals/UK_NPL/mgpg11.pdf) [viitattu 7.2.2017].
- Chinoy, K. H. 2013. Tricks of the bunker trade: Understanding the fuel density & weight relationship. The bunker detectives. Saatavissa: <http://shipandbunker.com/news/features/bunker-quality-quantity/858675->

tricks-of-the-bunker-trade-understanding-the-fuel-density-weight-relationship [viitattu 10.2.2017].

Emerson. 2016. Rosemount 2120 level switch. Saatavissa: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00813-0100-4030.pdf> [viitattu 30.12.2016].

Enraf, B. V. 2014. The art of tank gauging. Päivitetty 4.4.2014. Saatavissa: <http://www.iceweb.com.au/Level/Art%20of%20Tank%20Gauging.pdf> [viitattu 7.2.2017].

Flexim. 2010. Non-invasive liquid flow measurement. Päivitetty 2014. Saatavissa: <http://hantor.fi/wp-content/uploads/2011/01/FLUXUS-Non-Invasive-Liquid-Flow-Measurement.pdf> [viitattu 3.3.2017].

Hambrice, K. & Hopper, H. 2004. Leak/level, A dozen ways to measure fluid level and how they work. K-TEK Corp. Saatavissa: <http://www.sensorsmag.com/sensors/leak-level/a-dozen-ways-measure-fluid-level-and-how-they-work-1067> [viitattu 13.10.2016].

Hartwig-instruments. Measuring tapes class I for the measurement of liquid levels. Päivitetty 2016. Saatavissa <http://www.hartwig-instruments.com/measuring> [viitattu 2.12.2016].

Heikkilä, T. 2014. Tilastollinen tutkimus. 9. Painos. Porvoo: Edita.

Invensys UTC. 2016. Metering marine fuel. University of Oxford. Saatavissa: <http://www.eng.ox.ac.uk/InvensysUTC/app2/metering-marine-fuel> [viitattu 13.1.2017].

KvantiMOTV 2008. Mittaaminen: mittarin luotettavuus. Päivitetty 2.7.2008. Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/mittaaminen/luotettavuus.html#validiteetti> [viitattu 24.1.2017].

KvantiMOTV 2010. Kyselylomakkeen laatiminen. päivitetty 28.8.2010. Saatavissa: <http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kyselylomake/laatiminen.html> [viitattu 16.3.2017].

Marine Study. 2014. Bunkering procedure. Saatavissa: <http://marinestudy.net/bunkering-procedure/> [viitattu 13.1.2017].

Oil tanks 2016. Oil tank measuring stick, dipstick. Saatavissa: <http://alloil-tank.com/oil-tank-measuring-stick-dipstick/> [viitattu 29.12.2016].

PVL 2017. Hydrostatic level sensors. Saatavissa: <http://www.pvl.co.uk/hydrostatic-level-sensors.html> [viitattu 8.2.2017].

Rosemount. 2013. The engineer's guide to level measurement. Saatavissa: <http://www2.emersonprocess.com/siteadmincenter/PM%20Rosemount%20Documents/00805-100-1034.pdf> [viitattu 10.11.2016].

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006a. Mitä laadullinen tutkimus on: lyhyt oppimäärä. KvaliMOTV. Saatavissa: [http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L1\\_2.html](http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L1_2.html) [viitattu 2.3.2017].

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006b. Sisällönanalyysi. KvaliMOTV. Saatavissa: [http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L7\\_3\\_2.html](http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L7_3_2.html) [viitattu 17.3.2017].

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Vaasan yliopisto. Saatavissa: [http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf) [viitattu 1.3.2017].

TKT Tankstech 2010. Päivitetty 25.5.2010 Saatavissa: <http://www.xtechgroup.org/manuals/tfc02.pdf> [viitattu 1.12.2016].

Trochim, W. 2006. Reliability and validity. Research methods knowledge base. Päivitetty 20.10.2006. Saatavissa: <http://www.socialresearchmethods.net/kb/relandval.php> [viitattu 24.1.2017].

UK P&I club. 2008. Carefully to Carry. Saatavissa: [https://www.ukpandi.com/fileadmin/uploads/uk-pi/LP%20Documents/Carefully\\_to\\_Carry/Measurement%20of%20bulk%20cargoes%20-%20draught%20surveys.pdf](https://www.ukpandi.com/fileadmin/uploads/uk-pi/LP%20Documents/Carefully_to_Carry/Measurement%20of%20bulk%20cargoes%20-%20draught%20surveys.pdf) [viitattu 11.2.2017].

Van der Heijden, F. Korsten, MJ. & Olthius W. 2004. Measurement science for Engineers. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/book/9781903996584> [viitattu 16.1.2017].

Weed instrument 2015. Improving temperature measurement to optimize inventory control and custody transfer systems. Päivitetty 8.9.2015. Saatavissa:

[http://ultra-nspi.com/legacyimg/news/news\\_pdfs/WI-42-04.pdf](http://ultra-nspi.com/legacyimg/news/news_pdfs/WI-42-04.pdf) [viitattu 10.2.2017].

Hei,

Olen tekemässä opinnäytetyötä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoululle, jonka aiheena on selvitys kannettavien nestepintamittareiden uusista vaihtoehtoista. Tutkittavan mittarin pääasiallisimpana käyttökohteena olisivat laivan kaikki nestetankit, mutta se olisi mahdollisesti sovellettavissa myös muihin käyttöympäristöihin.

Arvostaisin kovasti ammattitaitoisia näkemyksiä ja kokemuksia aiheesta, ja toivon että ehditte vastata kyselylomakkeeseeni. Kyselyyn kuluu noin 10 minuuttia, ja kyselyn vastaamisaika päättyy viikon kuluttua (2.3.2017 klo 17:00).

Linkki kyselyyn: <https://goo.gl/forms/GBtVG3ALnNMS6XQx2>

Kyselyn voi mielellään lähettää yhtiönne sisällä muillekin, joilla voisi olla näkemystä tai tietoa aiheesta.

Ystävällisin terveisin,

Merenkulun insinööriopiskelija (5. vuosi)

Nimi: Roope Gelhar

Puh: +358 44 \*\*\* \*\* \*

Sähköpostit: Roope.Gelhar@edu.hel.fi ja gelhar@hotmail.com

# Kannettavat nestepintamittarit

Seuraavista kysymyksistä osa on pakollisia ja osa vapaasti vastattavia. Valitse sopivin vaihtoehto väittämille, ja jos et osaa tai halua antaa mielipidettä väittämiin, niin valitse keskimmainen vaihtoehto.

**\*Pakollinen**

## Alusten tankkien mittaustapa

### Minkäläisten teknologioiden parissa työskentelet?

Oma vastauksesi

#### Laivan tankkien mittausjärjestelmät ovat minulle tuttuja \*

Täysin eri mieltä      Osittain eri mieltä      En osaa/halua vastata      Osittain samaa mieltä      Täysin samaa mieltä

#### Tankkien nestepintamittaus on minulle tuttua \*

Täysin eri mieltä      Osittain eri mieltä      En osaa/halua vastata      Osittain samaa mieltä      Täysin samaa mieltä

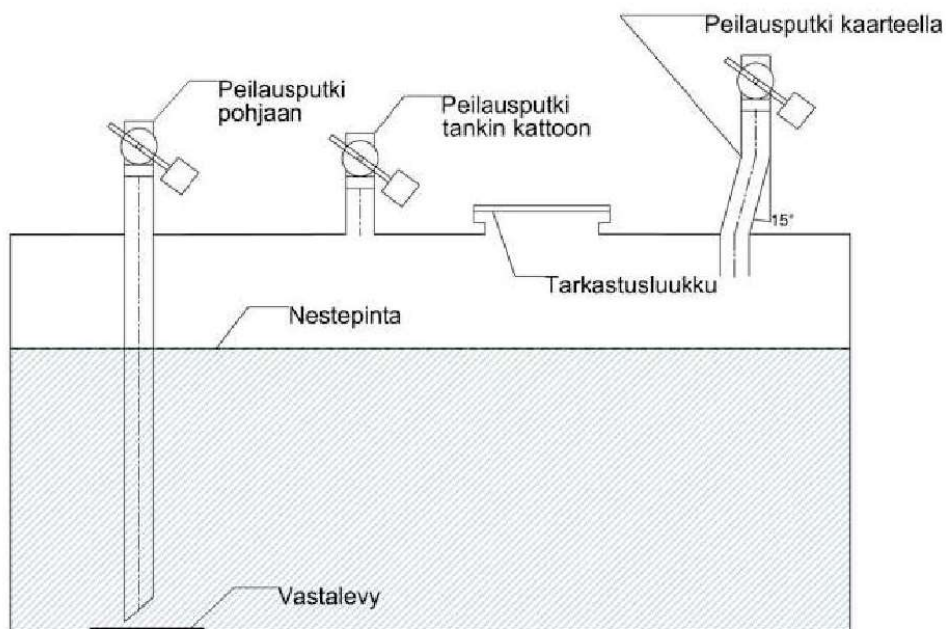
#### Tunnen tankkien manuaaliset (käsi käyttöiset) mittaustavat \*

Täysin eri mieltä      Osittain eri mieltä      En osaa/halua vastata      Osittain samaa mieltä      Täysin samaa mieltä

### Peilausputkien sisähalkaisija vaihtelee 40 – 50 mm välillä



Laivoilla yleisin malli on pohjaan ylettyvä peilausputki ja niissä saattaa esiintyä kaarteita (15° on suuntaa antava arvo)



Mikä olisi paras ja kannattavin vaihtoehto uudelle kannettavalle mittausjärjestelmälle, kun kohteena ovat laivan nestetankit? \*

Täysin eri mieltä

Osittain eri mieltä

En osaa/halua vastata

Osittain samaa mieltä

Täysin samaa mieltä

Olemissa olevien neilausputkien käyttö

Olemassa olevien peilausputkien muokkaaminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kokonaan uuden mittauslinjan käyttäminen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Mittaus kannattaisi suorittaa tutkimalla nesteen osuutta tankista**

\*

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Mittaus kannattaisi suorittaa tutkimalla tankin tyhjän tilan osuutta tankista \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Pystyisikö mittauksen suorittamaan tutkimalla jotain muuta suhdetta?**

Oma vastauksesi



# Kannettavat nestepintamittarit

\*Pakollinen

Mittarityyppien soveltuvuus kannettavaan nestepintamittaukseen

**Ultraäänimittaus soveltuisi kannettavaan nestepintamittaukseen**

\*

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Ultraäänimittarilla on mahdollista mitata nesteen pinnan ja pohjan välistä eroa samean ja sakean nesteen kuten raskaan polttoaineen tai lietteen läpi \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Ultraäänimittarilla on mahdollista mitata nesteen pinnan ja pohjan välistä eroa kirkkaan ja juoksevan nesteen kuten meri-dieselöljyn (MDO) tai veden läpi \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



**Laivan tankin nestepinnan ultraäänimittaus olisi mahdollista myös muulla tavalla \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Jos vastasit 1 – 2: minkä takia ei ole mahdollista? Jos vastasit 4 – 5: millaisella muulla tavalla?**

Oma vastauksesi

**Lasermittaus soveltuisi kannettavaan nestepintamittaukseen \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Lasermittarilla on mahdollista mitata nesteen pinnan ja pohjan välistä eroa samean ja sakean nesteen kuten raskaan polttoaineen tai lietteen läpi \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Lasermittarilla on mahdollista mitata nesteen pinnan ja pohjan välistä eroa kirkkaan ja juoksevan nesteen kuten meri-dieselöljyn (MDO) tai veden läpi \***



Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
-------------------	---------------------	-----------------------	-----------------------	---------------------

**Laivan tankin nestepinnan lasermittaus olisi mahdollista myös muulla tavalla \***

Täysin eri mieltä      Osittain eri mieltä      En osaa/halua vastata      Osittain samaa mieltä      Täysin samaa mieltä

**Jos vastasit 1 – 2: minkä takia ei ole mahdollista? Jos vastasit 4 – 5: millaisella muulla tavalla?**

Oma vastauksesi

**Pintatutkamittaus soveltuisi kannettavaan nestepintamittaukseen \***

Täysin eri mieltä      Osittain eri mieltä      En osaa/halua vastata      Osittain samaa mieltä      Täysin samaa mieltä

**Pintatutkamittarilla on mahdollista mitata nesteen pinnan ja pohjan välistä eroa samean ja sakean nesteen kuten raskaan polttoaineen tai lietteen läpi \***

Täysin eri mieltä      Osittain eri mieltä      En osaa/halua vastata      Osittain samaa mieltä      Täysin samaa mieltä

**Pintatutkamittarilla on mahdollista mitata nesteen pinnan ja pohjan välistä eroa kirkkaan ja juoksevan nesteen kuten meri-dieselöljyn (MDO) tai veden läpi \***

Täysin eri mieltä      Osittain eri mieltä      En osaa/halua vastata      Osittain samaa mieltä      Täysin samaa mieltä





**Laivan tankin nestepinnan pintatutkamittaus olisi mahdollista myös muulla tavalla \***

Täysin eri mieltä    Osittain eri mieltä    En osaa/halua vastata    Osittain samaa mieltä    Täysin samaa mieltä



**Jos vastasit 1 – 2: minkä takia ei ole mahdollista? Jos vastasit 4 – 5: millaisella muulla tavalla?**

Oma vastauksesi

**Uimurityypiset anturit (kuten magneetostriktiivinen lineaarianturi, magneettinen pinta-anturi, värähtelevä haarukka, ja uimurianturi) soveltuisivat kannettavaan nestepintamittaukseen \***

Täysin eri mieltä    Osittain eri mieltä    En osaa/halua vastata    Osittain samaa mieltä    Täysin samaa mieltä



**Jos vastasit 1 – 2: minkä takia ei ole mahdollista? Jos vastasit 4 – 5: millaisella muulla tavalla?**

Oma vastauksesi

**Hydrostaattiseen paineeseen perustuva paine-eromittari soveltuu nestepintamittaukseen \***

Täysin eri mieltä    Osittain eri mieltä    En osaa/halua vastata    Osittain samaa mieltä    Täysin samaa mieltä



**Miten muun tyyppiset paineeseen perustuvat mittarit toimisivat kannettavassa tankkimittauksessa?**

Oma vastauksesi

**Kapasitiivisella pintamittarilla olisi mahdollista saada mitattua tankin nesteen korkeutta \***

Täysin eri mieltä    Osittain eri mieltä    En osaa/halua vastata    Osittain samaa mieltä    Täysin samaa mieltä

**Jos vastasit 1 – 2: minkä takia ei ole mahdollista? Jos vastasit 4 – 5: millaisella muulla tavalla?**

Oma vastauksesi

**Punnitusanturilla olisi mahdollista mitata tankin nesteen korkeutta \***

Täysin eri mieltä    Osittain eri mieltä    En osaa/halua vastata    Osittain samaa mieltä    Täysin samaa mieltä

**Jos vastasit 1 – 2: minkä takia ei ole mahdollista? Jos vastasit 4 – 5: millaisella muulla tavalla?**

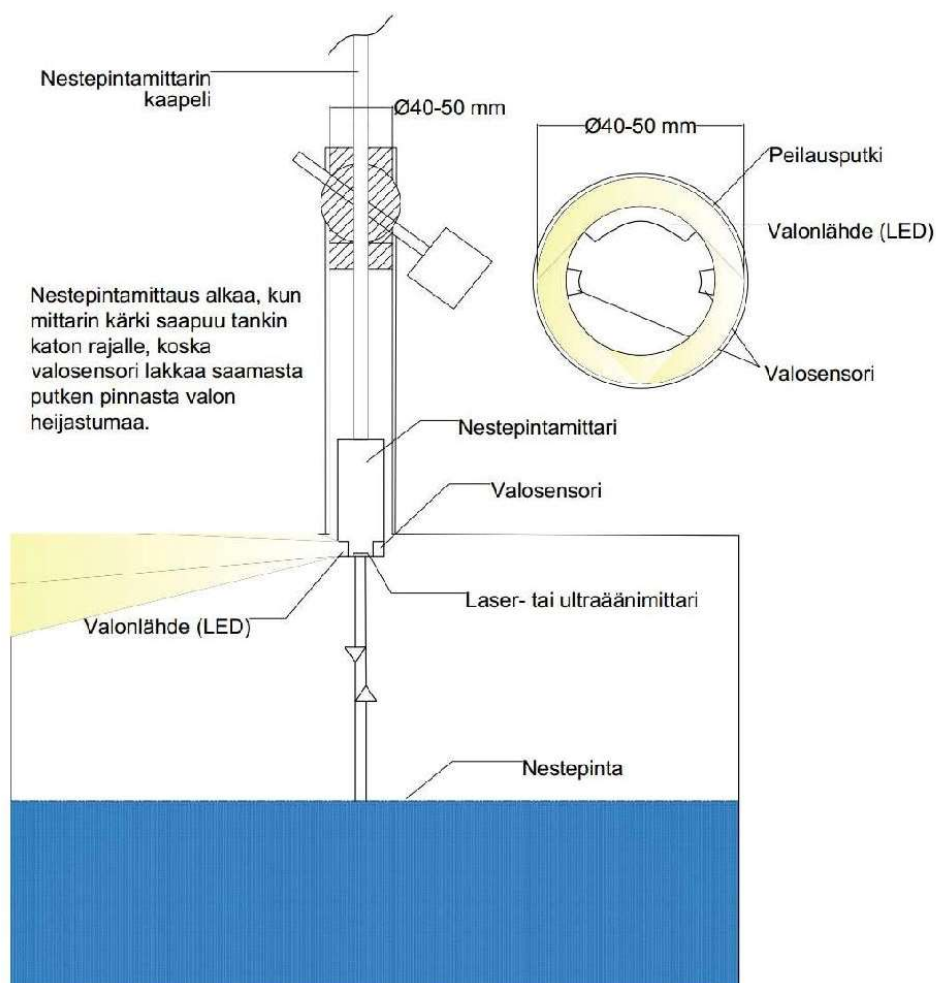
Oma vastauksesi

**Mitä muita mahdollisia kannettavaan nestepintamittaukseen soveltuvia metodeja olisi?**

Oma vastauksesi



## Muokattuun peilausputkeen soveltuva mittausidea (kehittänyt Roope Gelhar)



Kuvan mukaisella tavalla olisi mahdollista mitata nestepintaa tankista, josta on lyhennetty peilausputki katon rajaan \*

Täysin eri mieltä    Osittain eri mieltä    En osaa/halua vastata    Osittain samaa mieltä    Täysin samaa mieltä

Laserin/ultraäänen ja valosensorin yhdistelmällä saisi tarkan mittaustuloksen \*

Täysin eri mieltä    Osittain eri mieltä    En osaa/halua vastata    Osittain samaa mieltä    Täysin samaa mieltä



## Mitä vahvuuksia ja heikkouksia mittaustavassa olisi?

Oma vastauksesi

Sivu 2 / 3

TAKAISIN

SEURAAVA

## Kannettavat nestepintamittarit

**\*Pakollinen**

### Edellytykset mittarin kannettavuuteen

**Kannettavalla nestepintamittarilla olisi mahdollista mitata tankin sisältöä perinteistä peilausmittaa tarkemmin \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Kannettavasta nestepintamittarista olisi hyötyä, kun myydään, ostetaan tai toimitetaan tankeissa säilytettävää nestettä \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Uuden kannettavan nestepintamittarin kehittäminen olisi kannattavaa ja tarpeellista \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Kannettavan nestepintamittarin tekeminen on mahdollista tankin mittausputken ja -etäisyyden vaihteluista huolimatta \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



**Mikä olisi nestepintamittareiden maksimi operointialue tankin korkeuden puolesta? \***

	Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
0 – 5 m	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6 – 10 m	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11 – 30 m	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
31 – 50 m	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
51 – 100 m	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Akun koko ei ole este laitteen kannettavuudelle \***

	Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Jos vastasit 1 – 2: Minkä takia ja millä mittausmetodeilla se olisi este? Jos vastasit 3 – 4: Millaisella akulla kannettavuus olisi toteutettavissa?**

Oma vastauksesi

**Akun tehon saisi riittämään useaan mittaukseen \***

	Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>





**Nestepintamittarin prosessorin tulisi kyetä tulkitsemaan mittarin lähettämän signaalin ja muuntaa sen etäisyysarvoksi ilman suurempia ongelmia \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Nestepintamittarin lukupäätteen antamaan tulokseen olisi mahdollista tuoda valmiiksi arvo, jossa on korjattu aluksen pitkittäisen vakauksen aiheuttama mittavirhe \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Nestepintamittaus olisi mahdollista huolimatta merenkäynnin aiheuttamasta kallistuman vaihtelusta, kuten laskemalla keskiarvo useammasta mittausotannasta \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Kannettavalla nestepintamittarilla olisi mahdollista nähdä muiden integroitujen järjestelmien kalibroinnin tarve \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Mittari toimisi tankkeja operoitaessa yhden prosentin epätarkkuudella \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



**Mittarin tarkkuus kykenisi lastin kontrollointiin, jossa tietty epätarkkuus on sallittu ( $\pm 1 - 0.5 \%$ ) \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Mittarin tarkkuus kykenisi toimimaan haltijan vaihdossa tyypillisellä epätarkkuusalueella ( $\pm 0.5 - 0.25 \%$ ) \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Mittarilla olisi mahdollista ylittää haltijan vaihdon maksimaaliseen tarkkuuteen ( $\pm 0.1 \%$ ) \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Haltijan vaihdossa tarkka kannettava nestepintamittari olisi kannattava sijoitus laivoille sekä varustamoille \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Tarkasta kannettavasta nestepintamittarista olisi hyötyä integroitujen mittareiden kalibroinnin ja huollon tarpeen selvittämisessä \***



Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



**Kannettavaan nestepintamittaukseen tarvittava tekniikka on jo saatavilla \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Kannettavaan nestepintamittaukseen tarvittava tekniikka tulee olemaan saatavilla kymmenen vuoden sisällä \***

Täysin eri mieltä	Osittain eri mieltä	En osaa/halua vastata	Osittain samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**Mitä kokisit kannettavan nestepintamittarin vahvuuksiksi?**

Oma vastauksesi

**Mitä kokisit kannettavan nestepintamittarin heikkouksiksi?**

Oma vastauksesi

**Mitä ajatuksia kysely herätti vaihtoehtoisista kannettavista nestepintamittareista?**

Oma vastauksesi