

NAVIGOINNIN ELEKTRONISET APUVÄLINEET

Tutka, AIS- ja GPS- järjestelmät

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Tietotekniikka
Tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2011
M. Kiljala

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikka

KILJALA, M:

Navigoinnin elektroniset apuvälineet
Tutka, AIS- ja GPS-järjestelmät

Tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 75 sivua, 2 liitesivua

Kevät 2011

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön aiheena ovat merenkulunavigoinnin elektronisina apuvälineinä käytetyt tutka, AIS-järjestelmä sekä GPS-pohjaiset laitteet. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, mitä tekijöitä navigointilaitteita hankittaessa tulee ottaa huomioon. Selvityksessä on otettu huomioon kansainvälinen ja kansallinen lainsäädäntö sekä merielektroniikan standardit.

Kansainvälisestä merenkululainsäädännöstä vastaa IMO, joka määrittelee SOLAS- ja COLREG-säädökset, joiden mukaan puolestaan määritellään tiettyjen navigointilaitteiden pakollisuus aluksissa. Suomessa lainsäädäntö on jaettu Liikenneturvallisuuskeskus Trafille ja Liikennevirastolle.

Merielektroniikan yleisin standardi on NMEA, mutta eri laitevalmistajilla on myös omia standardeja. Tämä hankaloittaa laitteiden yhteensovittamista alukseen.

Laitteista tutka on kauimmin käytössä ollut ja tutkan hyvä puoli on sen toimivuus kaikissa olosuhteissa, mutta laitteen käyttö ja tiedon tulkinta voi olla tottumattomalle käyttäjälle haasteellista. Tutkasignaalin virheet tulee tiedostaa pystyäkseen arvioimaan tutkanäytön antamaa tietoa. GPS-laitteet ovat helposti saatavilla ja helppokäyttöisiä, mutta niiden antamiin paikkatietoihin vaikuttavat tekijät tulee tunnistaa osatakseen arvioida sen paikkansapitävyyttä. GPS:n heikkoutena on se, ettei se anna tietoa tulevasta. AIS-järjestelmän päätoiminto huviveneilijöille on antaa tietoa muista vesillä liikkujista. AIS:stä ei ole vielä saatu irti koko sen potentiaalia.

Opinnäytetyön tulosten mukaan navigointivälineen valinta riippuu aluksesta, navigointitaidoista ja -tarpeista ja merialueesta, jolla liikutaan. Usean laitteen samanaikaisella käytöllä tai valitun käytön olosuhteiden mukaan saadaan tarkempi navigointivarmuus. Silti tulee muistaa, ettei yksikään elektroninen laite pysty korvaamaan perinteisiä navigointitaitoja.

Navigointiturvallisuus on aina ajankohtainen, sillä 90 prosenttia maailman kaupaliikenteestä liikkuu meritse. Myös huviveneily kasvaa jatkuvasti ihmisten vaurastuessa.

Avainsanat: tutka, AIS, GPS

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology

KILJALA, M:

Electronic marine navigation systems
Radar, AIS and GPS systems

Bachelor's Thesis in Telecommunications 75 pages, 2 appendixes

Spring 2011

ABSTRACT

The topic of this thesis is the electronic marine navigation systems including radars, the AIS system and GPS-based devices. The purpose of this thesis is to solve, which factors should be considered when purchasing electronic marine navigation systems. The diploma work considers the international and national marine legislation as well as the standards of marine electronics.

IMO administrates the international marine legislation, which defines the SOLAS and COLREG regulations defining the compulsion of navigation devices in vessels. In Finland, the legislation has been divided between the Finnish Transport Safety Agency and The Finnish Traffic Safety Administration.

The most common standard of marine electronics is NMEA, but manufacturers have also their own standards. This may complicate the adaptation of devices.

The radar has been in use longest and its benefit is its functionality in all circumstances, but the operation of the device and the interpretation are challenges for unaccustomed users. The errors in the radar signal shall be known.

GPS devices are easily available and easy to use, but the factors affecting their position information shall be recognized in order to be able to evaluate the accuracy of the data. The weakness of GPS is that it does not provide any information of what is upcoming. The the main function of the AIS system for recreational boaters is to provide information of other vessels on sea. The AIS is not as commonly used and the system is not utilized to its full potential.

The results of the thesis indicate that when purchasing navigation equipment, the properties of the vessel, the navigation needs and the sea area shall be considered. The use of several devices simultaneously or depending on the circumstances provides more exact navigation results. Yet it shall be remembered that no electrical device can replace traditional navigation skills.

Navigational safety is always topical, as 90 per cent of all commercial traffic is seaborne. Also recreational boating increases continuously as people have more wealth and free-time.

Keywords: navigation, Radar, AIS, GPS

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	9
2	NAVIGOINTITURVALLISUUS	11
2.1	Navigoinnin määritelmä	11
2.2	Navigointia koskeva lainsäädäntö	11
2.3	SOLAS- ja COLREG-sopimukset	12
2.4	Merenkulun hätä- ja turvallisuusjärjestelmä GMDSS	13
2.5	Huviveneilijöiden pakolliset navigointivarusteet Suomessa	13
2.6	Navigointiturvallisuuden kehittämistarpeiden perusteet	15
3	MERIELEKTRONIIKAN STANDARDIT	16
3.1	Yleistä merielektroniikan standardeista	16
3.2	NMEA-standardit	17
4	MERENKULKUTUTKAT	19
4.1	Yleistä merenkulkututkista	19
4.2	Tutkasignaalin ominaisuudet ja taajuudet	19
4.2.1	Tutka-aaltojen etenemiseen liittyvät tekijät	22
4.3	Tutkalaitteisto	24
4.4	Tutkan havainnot ja esitystavat	26
4.4.1	Vääristymät tutkakuvassa	28
4.5	ARPA – tutka	29
4.6	Laajakaistatutka	30
4.7	Tutkan turvalaitteet	32
5	SATELLIITTIPAIKANNUS MERENKULUSSA	35
5.1	Merenkulun satelliittipaikannusjärjestelmät	35
5.1.1	GPS – järjestelmän rakenne	36
5.1.1	GPS-taajuudet ja GPS-signaali	36
5.1.2	GPS:n tarkkuus ja virhelähteet	38
5.1.3	GPS-kompassi	40
5.1.4	Korjaussignaalit satelliittipaikannukseen	42
6	AIS-JÄRJESTELMÄ	44
6.1	Yleistä AIS-järjestelmästä	44
6.2	AIS-järjestelmän lähettämät tiedot	44
6.2.1	AIS:n VHF-taajuudet	47

6.3	AIS-järjestelmän rakenne	47
6.3.1	Aluksen AIS-laitteisto	49
6.3.2	AIS-järjestelmän toiminta	50
6.4	AIS:n toimintaan vaikuttavia tekijöitä	51
6.5	AIS- järjestelmän mahdollisuudet	52
7	ELEKTRONISTEN NAVIGOINTILAITTEIDEN KÄYTTÖ PURJEVENEESSÄ	54
7.1	Selostus laitteiden toiminnan käytännön tutkimisesta	54
7.2	Navigointinäyttöpäätteiden käyttö	55
7.3	GPS-järjestelmän toiminta purjeveneessä	56
7.4	Tutkan käyttö purjeveneessä	59
7.5	AIS-järjestelmä käytännössä	61
8	YHTEENVETO	64
	LÄHTEET	70
	LIITTEET	77

LYHENTEET

AIS	Automatic Identification System, laivojen tunnistusmenetelmä, joka perustuu VHF-taajuuksien käyttöön.
ANSI/TIA/EIA-422-B	American National Standards Institute/Telecommunications Industry Association/Electronic Industries Alliancen tekninen standardi, aiemmalta nimeltään RS422-standardi.
ARPA	Automatic Radar Plotting Aid, automaattinen tutkamerkintäapuväline
A/S	Anti-spoofing. P-koodin salaaminen Y-koodiksi GPS-järjestelmässä.
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, 128-paikkainen tietokoneiden merkistö.
C/A	Coarse acquisition, GPS-signaalin L1-kantoaaltoon vaihemoduloitu 1023 bittiä pitkä binäärikoodi (modulation), joka toistuu millisekunnin välein.
CAN	Controller Area Network, CAN-väylä, automaatiiväylä, jota käytetään NMEA-standardin mukaisissa laitteissa.
COG	Course over Ground, aluksen suunta ja nopeus merenpohjan suhteen.
COLREG	International Regulations for Preventing Collision at Sea, kansainvälinen sopimus yhteentörmäyksien välttämiseksi merellä.
COSPAS	Космическая Система Поиска Аварийных Судов, meripelastuksen venäläinen organisaatio.
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System, differentiaalinen satelliittipaikannus.

DOP	Dilution of Precision, satelliittigeometrian hyvyysluku tai tarkkuuden epävarmuus. Ilmoittaa satelliittigeometrian vaikutuksen mittaus-tuloksen tarkkuuteen.
DSC	Digital Selective Call, digitaaliselektiivikutsu, aluksen VHF-puhelimessa oleva menetelmä yhden tai useamman aseman kutsumiseksi.
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service, GPS-järjestelmän paikannustarkkuutta parantava palvelu.
EPIRB	Emergency Position Indicating Radio Beacon, radiolähetin onnettomuustilanteissa.
ETA	Estimated Time of Arrival, arvioitu saapumisaika.
FSK	Frequency Shift Keying, taajuusmodulointimenetelmä.
GDPOP	Geometric Dilution Of Precision, geometrinen satelliittigeometrian hyvyysluku, joka sisältää 4D, kolme paikkakoordinaattia ja ajan.
GLONASS	Global Navigation Satellite System, venäläinen yhdysvaltaisten GPS:ää vastaava järjestelmä, joka koostuu 24 satelliitista kolmella eri ratatasolla.
GMDSS	Global Maritime Distress Safety System, kansainvälinen hätä- ja turvallisuuskommunikointijärjestelmä.
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying, taajuusmodulaation ja vaihemodulaation yhdistävä FSK-tyyppinen digitaalisen tiedon modulointimenetelmä.
GNSS	Global Navigation Satellite System, satelliittipaikannus.
GOFREP	Gulf of Finland Reporting, SOLAS-sopimuksen mukainen alusten pakollinen ilmoittautumisjärjestelmä.
GPS	Global Positioning System, satelliittipaikannusjärjestelmä.
HELCOM	Helsinki commission, Itämeren alueen valtioiden yhteenliittymä.
HF	High Frequency, 3-30 MHz:n taajuudella toimivat radioaallot.
HDLC	High-Level Data Link Control, OSI-mallin tietoliikenneprotokolla.
IALA	International Association of Lighthouse Authorities, kansainvälinen majakkahallintoliitto.
IEC	International Electrotechnical Commission, Kansainvälinen sähkö- ja elektroniikka-alan standardointijärjestö.

IMO	International Maritime Organization, YK:n meriturvaa säätävä kansainvälinen elin.
INT	Merikartta.
ITU	International Telecommunication Union, kansainvälinen televiestintäliitto.
KKJ	Karttakoordinaattijärjestelmä.
LCD	Liquid Crystal Display, nestekidenäyttö.
MARPA	Mini Automatic Radar Plotting Aid, mini-ARPA.
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System, Japanin GPS-paikannusta tarkentava järjestelmä.
Navstar	Navigation System with Time And Ranging, amerikkalainen GPS-järjestelmä.
NAVTEX	Navigational Telex, IMO:n kansainvälinen automaattinen järjestelmä, jossa rannikkoradioasemat lähettävät aluksille merenkulku- ja säävaroituksia ja muita kiireellisiä tietoa 518 kHz:n taajuudella.
NMEA	National Marine Electronics Association, standardiyhteisö, joka määrittelee merielektroniikan liitännät.
MMSI	Maritime Mobile Service Identity, meriradionumero, jota käytetään DSC-laitteissa, hätälähetimissä ja AIS-laitteissa.
PPS	Precise Positioning Service, GPS-järjestelmän sotilaskäyttöjärjestelmä.
PRN	Pseudo Random Noise, näennäissatunnainen signaali GPS-järjestelmässä.
RACON	Radar beacon, tutkamajakka.
RDS	Radio Data System, järjestelmä, jota käytetään datan lähettämiseen radiolähetyksen ohessa.
RGB	Red, green, blue -väriavaruus.
ROT	Rate of Turn, aluksen kääntymisaste.
RTCM	Real Time Correction Message, DGPS-järjestelmän korjaussignaali.
SA	Selective Availability, NAVSTAR GPS-järjestelmän häirintäsignaali.
SART	Search and Rescue Radar Transponder, hätätilanteiden tutkavastaaja.
SRC	Short Range Certificate, Rannikkolaivurin radiotodistus.
SRM	Safety Related Message, turvallisuuteen liittyvä viesti.

SOA	Service Oriented Architecture, palvelukeskeinen arkkitehtuuri.
SOG	Speed over Ground, nopeus pohjan suhteen. Kuvaa veneen nopeutta suhteessa maahan ja meren pohjaan.
SOLAS	Safety of Life at Sea, merenkulun turvallisuus.
SPS	Standard Positioning System, GPS-järjestelmän avoin koodi.
STDMA	Self-organized Time Division Multiple Access, AIS-järjestelmän lähetystekniikka.
TCP/IP	Transmission Control Protocol / Internet Protocol, tietoverkkoprotokollayhdistelmä.
USB	Universal Serial Bus, sarjaväyläarkkitehtuuri tietokoneen oheislaitteiden liittämiseen.
VHF	Very High Frequency, taajuusalue 30 - 300 MHz.
VTS	Vessel Traffic System, alusliikennepalvelujärjestelmä AIS-järjestelmässä.
WGS-84	World Geodetic System Ellipsoid 1984, GPS-järjestelmän käyttämä koordinaattijärjestelmä.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena ovat navigoinnin elektroniset apuvälineet, joi-
naan yleisimmin pitää tutkaa sekä AIS- (Automatic Identification System) ja
GPS-järjestelmiin (Global Positioning System) liittyviä laitteita. Opinnäytetyön
tarkoituksena on selvittää, mitä tekijöitä laitteisiin tulisi ottaa huomioon hankitta-
essa navigointielektroniikkaa erityisesti huviveneeseen, sillä kokonaisuutena ve-
neen navigointivarustus alkaa sekä kansallisen että kansainvälisen merenkulku-
lain määräyksistä veneen ominaisuuksiin, olemassa olevaan elektroniikkaan ja
veneenomistajan navigointitarpeisiin ja -taitoihin. Kaikki opinnäytetyössä käsitel-
lyt laitteet toimivat radiosignaaleilla, joten niiden toiminnassa ja virhelähteissä on
paljon samoja tekijöitä, ja osittain niiden ominaisuudet menevät päällekkäin. Jo-
kin navigointilaitte, kuten tutka, voi olla myös riippuvainen toisen järjestelmän
antamasta suuntatiedosta, kuten GPS-kompassista.

Veneenomistajan tärkeimpänä lähtökohdaksi laitteiden hankinnassa on arvioida
hänen omia navigointitarpeitaan ja -taitojaan. Sen jälkeen hänen tulee pystyä arvi-
oimaan arvioimaan kunkin laitteen tarjoamaa navigointitiedon täsmällisyyttä, jol-
loin tulisi tietää jotakin laitteiden taustalla olevasta tekniikasta ja radiosignaalin
kulkuun vaikuttavista tekijöistä. Olennaista on myös laitteiden välinen yhteenso-
pivuus keskenään ja jo olemassa olevaan vene-elektroniikkaan.

Navigointilaitteita on tarkasteltu huviveneilijöiden näkökulmasta, mutta teo-
riapohja ja lainsäädäntö osittain ovat yhtenevät myös kaupallisen merenkulun lii-
kenteessä. Opinnäytetyön alussa on selvitetty olennaisia osia merenkulkua sääte-
levästä kansallisesta ja kansainvälisestä lainsäädännöstä, jotka selittävät käsitelty-
jen navigointilaitteiden pakollisuuden erikokoisissa ja -toimintoisissa aluksissa.
Merielektronikan standardit on esitelty ennen varsinaisia laitteita, koska ne ovat
tärkeitä hankittaessa toisiinsa yhteensopivia laitteita.

Tutkimustyön teoreettisessa osassa lähteinä on käytetty veneilyalan viimeisimpiä
lehti- ja verkkojulkaisuja, ja tekniikoiden kuvaamisessa on käytetty muun muassa
tutka- ja VHF-tekniikkaan liittyvää tietokirjallisuutta. Tutka- ja radiotekniikoiden

toiminnan teoria ja periaatteet eivät ole laitteiden kehittymisen myötä muuttuneet. Veneilyalan suomalaisista ja ulkomaisista lehdistä on saatavissa uusin tieto parhaimmillaan ennen laitteita markkinoille tuloa, ja lehtien testeissä eri laitteiden käyttöä on tutkittu perusteellisesti. Toisaalta uusien tuotteiden käytettävyys tulee esiin vasta laajemmassa yleisessä käytössä, joten kaikkia ominaisuuksia ei näissä testeissä ole saatu selville. Myös merenkulun viranomaisten ja laitevalmistajien verkkosivuja on käytetty laajasti lähteinä. Olennaisia tiedonlähteitä ovat lisäksi olleet eri laitevalmistajien laitteiden tekniset tiedot. Opinnäytetyössä on käytetty kuvia runsaasti havainnollistamaan laitteiden näyttöjen antamaa tietoa.

Käytännössä tässä opinnäytetyössä käsiteltyjen tutkan, AIS- ja GPS-laitteiden käyttöä on havainnoitu vuosien 2007 ja 2010 välillä purjevereiden näkökulmasta normaalissa navigointikäytössä, joissa laitteiden tarjoamien tietojen perusteella on tehty todellisia päätöksiä suunnanmuutoksista tai navigointitoimenpiteistä. Käytännön osassa on tutkittu tutkan ja tutkaplotterin näyttämien tietojen käytettävyyttä ja täsmällisyyttä, arvioitu tietojen paikkansapitävyyttä verrattuna näköaistihavaintoihin, kuten myös luettavuutta niin GPS- kuin tutkaperusteisessa näytössä ja arvioitu AIS:n käytettävyyttä. Lisäksi on pyritty arvioimaan teorian tarjoamaan faktatietoon perustuen, ovatko tiedot riittävän tarkkoja erilaisissa navigointitilanteissa, joissa navigointipäätöksiä on pitänyt tehdä nopeasti.

Käytännössä niin huviveneilijöillä kuin ammattimerenkulun aluksissa on useita eri navigointilaitteita, joten tietämys useammasta eri tekniikasta sekä laitteiden käyttäjälle, laitteiden toimittajalle tai myyjälle on tarpeen. Tämän opinnäytetyön tekemisen on mahdollistanut turkulainen Aquamatic Oy. Koska tässä opinnäytetyössä on käytetty paljon merenkulkuun liittyviä termejä, termit on selitetty liitteessä 1.

2 NAVIGOINTITURVALLISUUS

2.1 Navigoinnin määritelmä

Navigointi tarkoittaa kaikkia niitä vesillä tehtäviä toimenpiteitä, joiden avulla voidaan määrittää merenkulkualuksen sijainti, arvioida ja suunnitella aluksen turvallista kulkureittiä ja saapumisaikaa päämäärään. Navigointi on tarpeellista ja kansainvälisten merenkulun säädösten mukaisesti myös pakollista niin vapaa-ajan huviveneilyssä kuin ammatillisessa ja kaupallisessa merenkulussa. (Löfgren 2006, 61.)

Ilman elektronisia apuvälineitä navigoidaan merikorttien, maa- ja merimerkkien sekä tähtien avulla. Navigoinnissa sijainnin määrittely pitäisi ensisijaisesti perustaa näköhavaintoihin, ja puhuttaessa elektronisista apuvälineistä laitteet ovat pelkästään vahvistamassa ihmisen tekemiä havaintoja. Jokaisen vesillä liikkujan on tärkeää hallita perinteisen navigoinnin taidot, joita tulisi pyrkiä täydentämään elektronisten navigointilaitteiden tekniikan avulla.

2.2 Navigointia koskeva lainsäädäntö

Yhdistyneiden kansakuntien kansainvälinen merenkulkujärjestö, International Maritime Organization (IMO) on vastuussa merenkulun turvallisuudesta. IMO säätelee merenkulkua koskevat lait, ja lakien liitteet lisätään SOLAS- eli Safety at Sea -säädöksiin, jotka määrittelevät muun muassa aluksissa olevia laitteistoja koskevat vähimmäisvaatimukset. Suomen merenkulkua koskien IMO on määritellyt säännöt muun muassa Suomen alusliikenteen valvontakeskuksen VTS-järjestelmän (Vessel Traffic System) organisaation rakentamiseen. (Kopacz & Morgas 2001, 201.)

Merenkulun turvallisuus jaetaan alusten teknilliseen ja toiminnalliseen turvallisuuteen, navigoinnin turvallisuuteen, hädässä olevien ihmisten turvallisuuteen ja ympäristön saastumisen ehkäisemiseen (Merenkululaitos 2006). Suomessa merenkulun turvallisuudesta on vastannut aiemmin Merenkululaitos, jonka organisaatio muuttui kuitenkin vuoden 2010 alusta niin, että Merenkulku-laitoksen teh-

tävät on jaettu sekä Liikennevirastolle että Liikenteen turvallisuus-virastolle Trafille. Näin ollen Liikennevirasto vastaa muun muassa AIS- (Automatic Identification System), VTS- ja GOFREP-järjestelmistä (Gulf of Finland Reporting) ja merikartoista, ja Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi vastaa puolestaan suuremmissa mittakaavassa merenkulkua koskevista laeista, säädöksistä, sääntelystä, valvonnasta ja ympäristöasioista, sekä veneilijöiden alusturvallisuudesta. (Liikennevirasto Merenkulku 2007.)

2.3 SOLAS- ja COLREG-sopimukset

Ensimmäinen merenkulun turvallisuutta koskeva SOLAS-sopimus tehtiin jo vuonna 1914 Titanicin uppoamisen jälkeen. Sopimusta on alkuperäisestä muodostaan päivitetty vuonna 1974, ja lisäyksiä siihen on tehty lähes vuosittain. Lisäykset koskevat merenkulun turvallisuutta kokonaisvaltaisesti, eivät pelkästään navigoinnin osalta. (International Maritime Organization 2010.)

Kaikki kansainvälisillä vesillä liikkuvat alukset ovat olleet SOLAS-säädösten alaisia vuodesta 1999 lähtien. SOLAS-sopimus sisältää määräyksiä muun muassa siitä, kuinka alukset tulee varustella ja rakentaa, ja esimerkiksi SOLAS-sopimuksen kappaleessa 5 säädöksessä 19 on annettu määräys AIS-järjestelmän käytöstä, jota käsitellään myös tässä opinnäytetyössä. (International Maritime Organization 2010.)

IMO:n hallinnan alainen COLREG-sopimus (International Regulations for Preventing Collision at Sea), joka on luotu vuonna 1972, sisältää puolestaan toimenpiteitä ja varusteita, joita merenkulkijoiden tulee käyttää välttääkseen yhteentörmäyksiä muiden alusten kanssa. Tällaisiin törmäystä estäviin laitteisiin kuuluvat elektronisen navigoinnin välineet, kuten esimerkiksi tutkat ja AIS-järjestelmä. COLREG-sopimuksen viimeisin päivitys on vuodelta 2007. (International Maritime Organization 2010.)

2.4 Merenkulun hätä- ja turvallisuusjärjestelmä GMDSS

GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) eli merenkulun hätä- ja turvallisuusjärjestelmä on kansainvälinen kokoelma sovittuja toimintatapoja, laitteita ja kommunikointiprotokollia. Järjestelmää käytetään merenkulun alusten turvallisuuden ja pelastamisen edistämiseksi ja helpottamiseksi. (International Maritime Organization 2010.)

GMDSS-järjestelmä koostuu EPIRB-järjestelmästä (Emergency Position Indicating Radio Beacon), NAVTEX:stä (Navigational Telex), Inmarsat-satelliittijärjestelmästä, HF-radiojärjestelmästä (high frequency), SART-laitteistosta (Search And Rescue Transponder) ja DSC-puheluista (Digital Selective Calling). GMDSS-järjestelmään liittyvät laitteet ovat pakollisia SOLAS-sopimukseen kuuluvissa aluksissa, joita ovat muun muassa kaupallisen merenkäynnin ja suuret kalastusalukset, ja yli 300 bruttotonnin vetoiset alukset kansainvälisessä liikenteessä. (International Maritime Organization 2010.)

2.5 Huviveneilijöiden pakolliset navigointivarusteet Suomessa

Suomen vesiliikennelain mukaan (463/1996, 2. pykälä) huviveneillä tarkoitetaan alle 24 metriä pitkiä veneitä, joita käytetään joko urheilussa tai vapaa-ajan vietyä. Suomen vesiliikennelain säännöksiä ja määräyksiä hallinnoivat Liikenteen turvallisuusvirasto, Liikennevirasto ja elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset. Huviveneiden käyttöä valvota Liikenteen turvallisuusviraston lisäksi poliisi, rajavartiolaitos ja tulli. (Finlex 2010.)

Vuonna 2007 Suomessa tuli voimaan laki vesikulkuneuvojen rekisteröinnistä. Kaikki purje- ja moottoriveneet, jotka ovat pituudeltaan vähintään 5,5 metriä tai sitä pienemmät alukset, joissa on vähintään 15 kW:n tehoinen moottori, tulee rekisteröidä suomalaiseen maistraattiin. Alusten rekisteröinnillä on ollut 3 vuoden siirtymäaika, joka loppui vuoden 2010 lokakuussa. (Maistraatti 2010.)

Huviveneiden pakolliset varusteet riippuvat katsastusluokista. Katsastusluokat määritellään sen mukaan, missä tarkoituksessa venettä tullaan käyttämään ja millä vesialueilla. Katsastus ei ole lain mukaan pakollista, mutta jos vene kuuluu johonkin purjehdus- tai veneseuraan, vene tulee yleensä seurojen sääntöjen mukaan katsastaa. Jos venettä ei ole rekisteröity, sitä ei myöskään katsasteta. (Suomen Veneilyliitto 2010.)

Katsastuksen perusteena on Vesiliikennelain 463/1996 3. luvun 8 pykälä, jonka mukaan "Vesikulkuneuvon on oltava rakenteeltaan, varusteiltaan, kunnoltaan ja muilta ominaisuuksiltaan turvallinen kaikilla niillä kulkuvesillä, joilla sitä käytetään". Sen lisäksi muun muassa purjehduskilpailuilla on omat vaatimuksensa veneiden katsastusluokista. (Suomen purjehtijaliitto ry 2010.)

Taulukossa 1 on lueteltu tässä opinnäytetyössä käsiteltyjen laitteiden pakollisuus eri katsastusluokissa.

TAULUKKO 1. Huviveneilijöiden navigointilaitteiden pakollisuus (Suomen purjehtijaliitto ry 2010)

Laite	Luokka 1 (avomeri)	Luokka 2 (rannikko)	Luokka 3 (saaristo)	Luokka 4 (suojaisat vesialueet)
Tutkaheijastin	pakollinen	suositeltava		
Ohjailukompassi	pakollinen	pakollinen	pakollinen	
Varakompassi ja suuntimalaite	pakollinen	pakollinen		
Radiopaikan määritys-laite (esim. GPS, DGPS)	pakollinen	suositeltava		
Tutka	suositeltava			
VHF-meriradio	pakollinen	pakollinen	Suosittelava	

2.6 Navigointiturvallisuuden kehittämistarpeiden perusteet

Kaupallisen merenkulun turvallisuuden huomioon ottaminen on tärkeää, sillä 90 prosenttia koko maailman kaupallisesta liikenteestä eli 50 000 aluksesta kulkee meritse. Suomessa viennin osalta luku on sama, ja tuonnistakin 70 prosenttia kuljetetaan meritse. (Joint Research Centre 2010.)

Suomenlahdella liikkuu kuukausittain yli tuhat suurta alusta ja tuhansia pienempiä aluksia, joista huviveneilijöiden määrää ei ole laskettu mukaan. (Koivula 2009). Liikenneviraston tilastojen mukaisesti tammi-heinäkuussa 2010 Suomen rannikkoalueilla liikkui yhteensä 16 929 alusta, joista vain noin neljäsosa oli suomalaisia aluksia. (Liikennevirasto e 2010). Uusimpien, vuodelta 2008 saatavissa olevien Merenkululaitoksen tilastojen mukaisesti vuonna 2008 meriliikenteessä sattui 4 yhteentörmäystä ja 22 karilleajoa (Merenkululaitos 2006.)

Meriturvallisuutta on kehitetty kansainvälisellä tasolla, mutta käytännön toteutus ja yleinen valvonta riippuu melko pitkälti jokaisen maan kansallisesta valvonnasta. Myös eri viranomaisten toimintoja on hajautettu niin, että yhtenäinen valvonta on vaikeutunut. (Merenkululaitos 2006.)

3 MERIELEKTRONIIKAN STANDARDIT

3.1 Yleistä merielektroniikan standardeista

Merielektroniikan standardit käsitellään tässä opinnäytetyössä pintapuolisesti, sillä kokonaisuutena aihe on laaja. Tärkeintä navigointi- tai muita merielektroniikan laitteita hankittaessa joko kokonaan uusina tai jo olemassa olevien laitteiden yhteyteen tulee kiinnittää tarkasti huomiota siihen, mitä liitännästandardeja laitteet tukevat ja minkä standardien kanssa ne ovat yhteensopivia.

Jotkut merenkulun elektroniikan standardeista, kaapeleista ja liitännättekniikoista ovat käytössä muissakin elektronisissa laitteissa kuin pelkästään merenkulussa käytettävissä laitteissa, toiset standardit ovat pelkästään suunniteltuja merenkulun laitteisiin. Yleisimmin merielektroniikassa käytettävä standardi on NMEA 0183 (National Marine Electronics Association), ja vuoden 2003 jälkeen ilmestyneissä uudemmissa laitteissa standardina on NMEA2000. Esimerkiksi NMEA-standardiin perustuvia laitteita löytyy pelkästään merielektroniikasta ja oma liitännättekniikkansa saattaa löytyä pelkästään tietyn valmistajan laitteilta. Tällaisia ovat esimerkiksi Navman-valmistajan liitännä NavBus, tai Raymarinen SeaTalk. Suurin osa laitteista, joissa on jokin oma protokollansa tai liitännättekniikkansa, ovat yhteensopivia nimenomaan NMEA-standardin kanssa.

Toinen merielektroniikassa aiemmin yleisesti käytetty standardi, RS-standardi (Recommended Standard), ja erityisesti sekä RS-232 että RS-422. RS-422 on vanha nimi ja edelleen käytössä oleva lyhenne nykyiselle ANSI/TIA/EIA-422-B-standardille. Kansainvälinen vastaava standardi on nimeltään ITU-T:n suositus T-REC-V.11. (International Telecommunication Union 2011.) RS-standardiin perustuvia liitännäjä löytyy paitsi vanhemmista laitteista myös edelleen joidenkin valmistajien omaa protokollaa käyttävissä laitteissa.

3.2 NMEA-standardit

NMEA-standardit ovat tiedonsiirtoverkkoja kahden eri merielektronisen laitteen välillä. Vaikka standardi on nykyisin käytössä hyvin laajalti, ja se löytyy lähes kaikista uusista suurimpien navigointilaittevalmistajien kuten Furunon, Raymarinen, Garminin tai Simradin laitteista, niin tiedot NMEA:n lauseista eivät ole julkisesti levityksessä, vaan niitä saa ladata nmea.org-sivustolta maksua vastaan.

NMEA 0183 -liitännästandardi kehitettiin vuosien 1983 - 2003 aikana, ja standardi on käytössä niiden vuosien aikana valmistetuissa laitteissa. NMEA 0183 -laitteet ovat lähettäjiä, vastaanottajia, tai molempia, mutta enemmän kuin laitteiden fyysinen toteutus ei ole määritelty niin tarkasti, vaan määrittelyn kohteena on vain tiedonsiirto. NMEA 0183 -standardin mukaisesti laitteiden välillä tulee olla kahden pisteen välillä oleva niin sanottu point-to-point-kaapelointi. NMEA 0183 -liikenne on oletuksena RS-422:n mukaista liikennettä. Myös RS232 hyväksyy NMEA 0183 -standardin mukaista liikennettä teknisten tietojen perusteella, mutta käytännössä liikenteen yhteensopivuutta ei voida taata. Olennainen tarkistettava asia laitteiden välillä on liikennöintinopeus eli niin sanottu baud rate, joka pitää olla kaikissa yhteen liitettävissä laitteissa sama. NMEA 0183:n oletusliikennöintinopeus on 4800 bittiä sekunnissa. (Betke 2001.)

Kaikki NMEA:ssa liikkuva data on lauseiden muodossa. Vain ASCII – muotoiset merkit ovat sallittuja. Kuviossa 1 näytetään eräs viesti. Siitä nähdään, että jokainen NMEA:ssa käytetty lause alkaa "\$" –merkillä ja loppuu "<CR><LF>" –merkintään. Lauseita on olemassa kolmea eri lajia: talker, proprietary ja query – lauseita, ja lauseita on yhteensä yli 100 erilaista. Jokaisessa lauseessa voi olla 80 merkkiä. (Betke 2001.)

```

                                     12
          1 2          3 4          5 6  7  8  9  10 11|
          | |          | |          | |  |  |  |  |  |
$--RMA, A, llll. ll, a, YYYYY. YY, a, x. x, x. x, x. x, x. x, a*hh

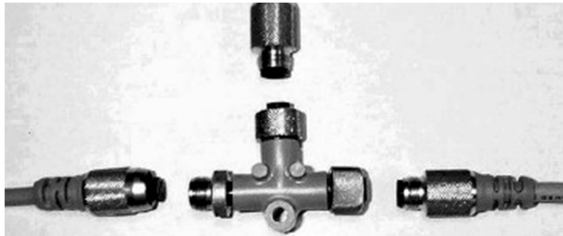
```

KUVIO 1. Esimerkki NMEA 0183 –standardin mukaisesta navigointilauseesta (NMEA 2001)

Kuviossa 1 näkyvien viestien yläpuolella on numeromerkinnät, jotka tarkoittavat seuraavia tietoja:

1) Varoitus 2) Latitudi 3) Pohjoinen tai etelä 4) Longitudi 5) Itä tai länsi 6) Aikaero A, μS 7) Aikaero B, μS 8) SOG (nopeus pohjan suhteen), solmuissa 9) Kulkuuunta, todelliset asteet 10) Eranto, asteina 11) Itä tai länsi 12) Tarkistussumma

Uudempi NMEA-standardi, NMEA 2000 perustuu CAN-väylän (Controller Area Network) SAE J1939-kommunikointiprotokollaan, jonka kautta reaaliaikainen tiedonsiirto eri laitteiden välillä on mahdollista. NMEA 2000 -lauseita löytyy kalliimmista laitteista enemmän, mutta halvemmissä niitä on koodattuna vain muutamia. NMEA 20000 -standardi kuvailee kaksisuuntaisen, monilähtin/monivastaanotin-instrumenttiverkon, jolla laitteet kytketään keskenään, sen lisäksi NMEA 2000 määrittelee kaapelit ja liittimetkin. Tälle standardille suunnitellut laitteet pystyvät jakamaan tietojaan sekä komentoja ja tilatietojaan muiden yhteensopivien laitteiden välillä yhden kanavan yli. NMEA 2000 -standardi on 50 kertaa nopeampi kuin NMEA 0183, mutta sitä ei ole kuitenkaan suunniteltu tukemaan laajakaistaisia sovelluksia kuten videokuvaa. (NMEA 2010). NMEA 2000 -kaapeloinnin liitännät näkyvät kuviossa 2.



KUVIO 2. NMEA 2000 -liitäntä

4 MERENKULKUTUTKAT

4.1 Yleistä merenkulikututkista

RADAR eli tutka-sana muodostuu sanoista *Radio Detection And Ranging*, ja nimensä mukaisesti tutkan toiminta perustuu ilmaisemiseen ja mittaamiseen radioaaltojen avulla. Ensimmäinen käytössä oleva tutka oli suunniteltu merenkulun tarkoituksiin. Tutka lähetti laajakaistaisen, 650 MHz:n taajuudella olevan radiopulssin laivan mastossa olevasta parabolisesta heijastimesta, jolloin edessä olevista laivoista saatiin kaiku laivan vastaanottimeen. (Klemola & Lehto 1998, 10.)

Perinteiset meritutkat perustuvat pulssitekologiaan, mutta pulssitekologiaan perustuvia analogisia tutkia ole enää kehitetty viime vuosina. Sen sijaan digitaaliset tutkat ovat kehittyneet toiminnaltaan jatkuvasti. Myös digitaaliset tutkat pohjautuvat pulssitekologiaan, mutta tutkalle palaava pulssi muutetaan digitaalseksi ennen signaalin paluuta näyttölaitteelle. (Juuri-Oja 2009, 40.)

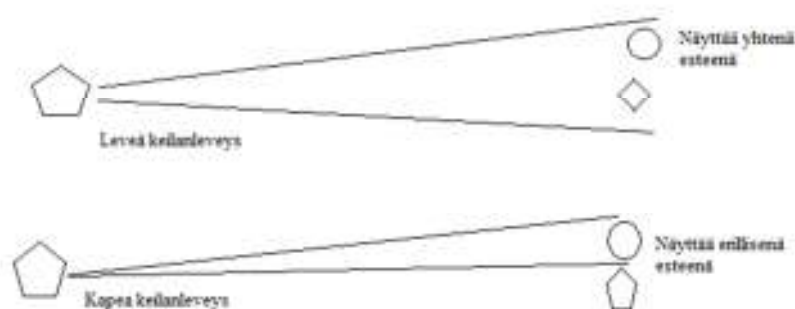
Suomessa merenkulikututkaa saa käyttää, jos käyttäjällä on rannikkolaivurin radiotodistus eli SRC-todistus (short range certificate). Todistuksen saanti edellyttää rannikkolaivurin radiotutkinnon suorittamista. (Viestintävirasto 2010d.)

4.2 Tutkasignaalin ominaisuudet ja taajuudet

Tutkalähetin lähettää valon nopeudella suurtaajuuspulsseja. Tutkapulssin pituus voidaan ilmoittaa joko aikana tai matkana. Pulsseja lähetetään yleensä 2000-2500 pulssia sekunnissa lyhyillä mitta-alueilla, ja suuremmilla mittausväli-matkoilla 8000–1200 pulssia sekunnissa. Pulssien teho pienveneissä on yleensä noin 3 kW, joka riittää 20 meripeninkulman mittausmatkalle. (Ekblad 2008, 29). Pulssin kohdatessa esteen eli niin sanottu maalin, pulssi heijastuu esteestä eli antaa kaiun. Osa pulssista palaa takaisin tutkan antenniin. Tutka mittaa pulssin kulkuajan maaliin ja takaisin. (Löfgren 2006, 91.)

Tutkat toimivat kahdella eri taajuuskaistalla, X- ja S-kaistoilla. X-kaistan leveys on 8–12 GHz, sen aallonpituus on lyhyt eli 3 cm. X-kaistalla toimivien pienaluksien tutkat toimivat 9,320 GHz:n ja 9,500 GHz:n taajuuksilla. S-kaista on taajuudeltaan 2-4 GHz, ja sen aallonpituus on 10 cm. S-kaistan tutkat eivät sovi pienempiin aluksiin, koska kaistan käyttämät antennit ovat liian suurikokoisia. Suurempien alusten tutkat toimivat molemmilla kaistoilla. S-kaista ei kärsi niin paljon huonon sään vaikutuksesta kuin X-kaista. X-kaistan toiminta puolestaan on parempi hyvällä säällä ja lyhyillä matkoilla, ja se vääristää tutkan tuottamaa kuvaa vähemmän kuin S-kaista. (Turner 2009, 53.)

Tutkasignaalit lähtevät tutkasta pienessä kulmassa. Tarkoissa tutkissa, joita on yleensä kaupallisissa ja ammattimerenkulun aluksissa, keilan leveys eli vaakakulma on pienempi kuin 1 astetta. Normaaleissa pienvenetutkissa vaakakulma on 2-6 asteen välillä. Suurin vaikuttava tekijä vaakakulmaan on antennin koko, eli mitä pienempi antenni, sitä suurempi on sen vaakakulman leveys. Mitä pienempi tutkakeilan leveys on, sitä tarkemmin tutka erottelee erilliset esteet. Esimerkiksi lähellä olevat vene ja merimerkki saattavat näyttää tutkan näytöllä yhdeltä esteeltä, kun tutkassa on laaja keila, mutta kapealla keilalla kohteet näkyvät erillisinä esteinä. (McEwen 2006, 270.) Keilojen koon vaikutus esteiden havainnointiin on havainnollistettu kuviossa 3.



KUVIO 3. Kapean ja laajan keilanleveyden erot esteiden havainnoinnissa

Venessä olevan tutkakeilan kulma on korkeussuunnassa eli pystykulmassa suuri, 25 - 40 astetta. Pystykulman tulee olla suuri siksi, ettei kuva katoa veneen kallistellessa. Tämä on erityisen tärkeä tutkan ominaisuus varsinkin purjeverneissä. (Ekblad 2008, 28.)

Tutkan kantama tarkoittaa etäisyyttä, josta keilattavat esteet näkyvät. Tutkan normaali näkyvyys on noin 48 meripeninkulmaa eli 89 kilometriä. Tutkahorisontin näköpiirin määrittämiseen on olemassa seuraava kaava 1:

$$D = 2,23 (\sqrt{HL} + \sqrt{Hs}), \quad (1)$$

jossa

HL = tutkan antennin korkeus metreissä

Hs = kohteen korkeus merenpinnasta metreissä

D = etäisyys meripeninkulmissa

(Ekblad 2008, 30.)

Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty antennin korkeuden merkitys näkyvyyteen:

TAULUKKO 2. Antennin korkeuden merkitys tutkan näköpiiriin (Ekblad 2008)

Antennin korkeus (m)	Tutka-näköpiiri (mpk)
2	3,1
4	4,4
6	5,4
8	6,3
10	7,0

Tutkan hyvyttä ei määritellä pelkästään sillä, miten kauas tutka näkee. Kapeissa kohdissa tai sivuuttaessa jokin este läheltä, tietyt esteet eivät näy tutkalla. Tutkan lähialueella oleva ympyrä on joko kaiuton tai täynnä häiriöitä. Jos tutkalla havaittava kohde on todella lähellä venettä, kohde katoaa kokonaan tutkasta. Tavallisella huviveneellä tutkan lähin kantama on noin 30 metriä, toisin sanoen tutka ei näe 30 metriä lähemmäksi. Tutkan pulssin pituus vaikuttaa havaitsemiseen, sillä lyhy-

emmät pulssit näkevät lähemmäksi. Puolen pulssinpituuden sisällä tutka on sokea, koska koko pulssin on pitänyt lähteä antennista ennen kuin se pystyy vastaanotamaan kaiun. Pulssinpituus pienen aluksen tutkassa voi olla 0,1 mikrosekuntia eli 30 metriä. Jos tutkan mitta-alueen pitää olla suurempi, valitaan suurempi pulssinpituus, joka on 0,5 mikrosekuntia eli 150 metriä. (Ekblad 2008, 37.)

4.2.1 Tutka-aaltojen etenemiseen liittyvät tekijät

Tutkan kantamaan ja signaalin kulkuun vaikuttavat monet eri tekijät; aaltojen heijastuminen, siroaminen, ilmakehän troposfääri, ilmakehän kaasut ja sade. Maaliin tuleva aalto on useasti useita eri reittejä kulkeneiden aaltojen summa. (Klemola & Lehto 1998, 47.)

Heijastuminen tapahtuu maan- tai vedenpinnasta ja niin sanottu osoittamisheijastuminen tulee ilmakehän kerroksista. Eri heijastuksien aiheuttama monitie-eteneminen heikentää vastaanotettua signaalia. Heijastukset tulee ottaa huomioon määriteltessä antennin korkeutta, sillä heijastunut ja suora säde eivät saa olla vastakkaisissa vaiheissa. (Kivinen 2005, 6.)

Sironta tarkoittaa, että osa tulevan aallon tehosta muuttuu toiseen muotoon. Jos aallon eteen ilmestyy kappale tai hiukkanen, aalto voi menettää osan tehostaan sironneeseen kenttään. Sironta johtuu ilmakehän pyörteisyyden paikallisista muutoksista taittavuudessa, jolloin tuleva säteily siroaa kaikkiin suuntiin. Sirontakentässä on eri taajuuksia ja niiden polarisaatio vaihtelee. Sironta vaikuttaa vastaanotetun signaalin voimakkuuteen. Sironnan seuraus on nimeltään skintillaatio, joka tarkoittaa pieniä ja nopeita vastaanotetun signaalin taso- ja vaihe-eroja (Kivinen 2005, 7.)

Ilmakehän kaasut ja sade aiheuttavat vaimennusta varsinkin suurilla tutkataajuuksilla. Sade onkin suurin siirtotievaimennuksiin vaikuttava tekijä. Vesihöyryn määrä ilmassa voi vaihdella paljon, ja jopa niinkin pieni asia kuin vesipisaroiden koko vaikuttaa vaimennukseen. Sateen aiheuttama vaimennus johtuu osittain absorptiosta ja osittain sironnasta. Sade saattaa absorboida tutka-aaltojen energiaa, siron-

nassa tutka-aalto puolestaan muuttaa suuntaansa osuessaan sadepisaroihin. Sadevaimennusta on vaikeampaa ottaa huomioon tutka-aaltojen etenemistä tarkasteltaessa, koska sateen intensiteetti vaihtelee paikallisesti suuresti. (Klemola & Lehto 1998, 53.)

Kuviosta 10 nähdään, että tutkan esittämää kuvaa on mahdotonta lukea silloin, kun sade ja aallot heijastavat kaikuja. Kaiut ovat pieniä pisteitä kuvion 10 keskellä. Tällaisessa tapauksessa olisi mahdotonta havaita toisen veneen tai merimerkin antama kaiku kaikkien pienten kaikujen lomasta.

Sumulla ja pilvillä ei puolestaan ole niin paljoa merkitystä tutkan toimintaan kuin sateella. Lumisade voi aiheuttaa vaimennusta, mutta lunta ei yleensä tule veneilykaudella. Kuitenkin märkä lumi vaimentaisi enemmän kuin sade. Savulla ja pölyllä puolestaan ei ole merkittävää vaikutusta tutkan toimintaan. (Klemola & Lehto 1998, 53.)

Subrefraktiossa eli alitaipumisessa tutkasignaalit taipuvat ilmakehässä ylöspäin ja tutkan kantama saattaa pienentyä 30-40 %. Alitaipumista voi tapahtua muun muassa silloin, kun kosteaa ilmaa liikkuu meren päällä merenpinnan ja sekä meren lämpötilan että meren yllä olevan ilman ollessa samanlämpöisiä. Subrefraktioilmiö on vahvana aamupäivisin Suomenlahden alueella. (Ekblad 2008, 31.)

Superrefraktio eli ylitaipuminen on vastakkainen ilmiö subfraktiolle. Superrefraktio on eniten tutkiin vaikuttava ilmiö suomalaisella veneilykaudella toukokuun ja elokuun välillä. Superrefraktiossa tutkasignaalit seuraavat maan pinnan muotoja ja tutkan kantama kasvaa. Superrefraktiota ilmenee silloin, kun meren lämpötila on ilmaa alhaisempi. Yleensä signaalien ylitaipumista ilmenee merellä iltapäivällä ja jatkuu keskiyöhön. (Ekblad 2008, 31.)

Kanavoituminen on ilmiö, jossa tutkasignaalit ponnahtavat merenpintaan, heijastuvat ylöspäin ilmakehän lämpökerrokseen ja ponnahtavat takaisin merenpintaan. Kanavoitumista voi jatkua jopa 100 meripeninkulman matkan ajan, mutta normaalille veneilijälle kanavoitumisella ei ole juurikaan merkitystä, sillä veneen tutkan näköpiirin kantama on vain alle 40 meripeninkulmaa. (Ekblad 2008, 31.)

Vedessä olevan esteen materiaali vaikuttaa tutkan saaman kaiun voimakkuuteen. Metallit antavat hyvän kaiun tutkasignaalin osuessa niihin, kuten myös vesi, mutta puu, muovi, sileä kallio, maa tai kasvillisuus antaa huonot tutkaheijastukset. Myös tutkalla havaittavan esteen muodolla on merkitystä esteen antamaan kaikuun, sillä esimerkiksi pyöreät esineet heijastavat kaiun huonosti, kun taas pinnat, joissa on mahdollisimman paljon kulmia ja rosoisuutta, näkyvät tutkan näytöllä hyvin. (Ekblad 2008, 31.)

Merellä suurinta poikkeamaa tutkan toimintaan aiheuttaa merivälke tai aaltovälke. Aaltojen välke aiheuttaa tutkan näyttöön piikkejä, jotka saattavat hetkellisesti näyttää siltä, kuin aluksen edessä olisi jokin este. Piikkien esiintyminen tutkan näytöllä liittyy tyrskyihin, mutta piikit kuitenkin häviävät tutkan näytöltä muutamman tutkakierroksen jälkeen. Veden aaltoilu aiheuttaa suurimman vaihtelun merivälkkeeseen. Myös tutkan kulma meren pintaan nähden vaikuttaa välkkeen tutka-poikkipintaan. Merivälkkeen aiheuttamaan häiriöön vaikuttavat myös taajuus, polarisaatio ja veden pintajännitys. Merivälke on yleensä intensiivisintä juuri veneen lähialueella, jolla pienistä aluksista tulevat kaiut tulisi havainnoida. (Klemola & Lehto 1998, 121.)

Tutka-aallot eivät yllä katvealueiden taakse eli tutka ei pysty havaitsemaan esimerkiksi korkean saaren taakse jäävää rantaa. Myöskään maaston keskellä olevat kohteet eivät näy tutkassa. Katvealueet aiheuttavat tutkan näytöllä sen, että kauempaa rannat ja saaret näyttävät suuremmilta kuin ne todellisuudessa ovat. Tutka-aallot esittävät kaiken aina todellisuutta suurempana tai pienempänä. (Linden 2010, 53.)

4.3 Tutkalaitteisto

Veneessä oleva tutkalaitteisto koostuu kahdesta eri osasta: antenni- ja näyttöyksiköstä. Antenniyksikkö asennetaan veneen yläosaan tai veneen mastoon niin ylös kuin mahdollista, jotta tutkan näköpiirin esteet voidaan eliminoida. Asettamalla tutka korkeammalle pystytään myös kasvattamaan antennin havainnoimaa aluetta

ja ennen kaikkea estetään mikroaaltojen aiheuttavat terveystahat ihmisille. Tutkan terveysvaikutusten vuoksi antenniyksikkö pitäisi asentaa vähintään 1,5 metrin päähän ihmisistä.

Antenniyksiköt voivat olla avoantenneja, kuten kuviossa 4 tai kupuantenneja, kuten kuviossa 5.



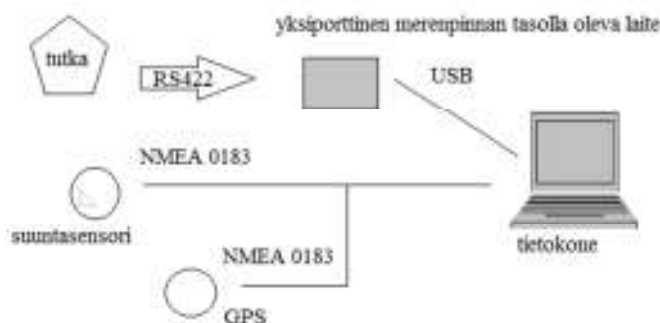
KUVIO 4. Raymarinen avoantenni (Raymarine 2010)



KUVIO 5. Raymarinen kupuantenni (Raymarine 2010)

Antenniyksikön sisällä on ympäripyörivä antenni ja sisäänrakennettu lähetin, joka lähettää lyhyitä ja korkeataajuisia pulsseja. (McEwen 2006, 271). Tutkalaite saa virtansa akusta, jonka teho riittää moottoriveneissä, mutta purjeveneiden käyttäjät saattavat toisinaan joutua harkitsemaan tutkan käyttöä sähkönkulutuksen vuoksi. Huviveneissä tyypillinen tutka on 2-3 kW tehoinen kupuantenni. Mitä suurempi tutkan lähetysteho on, sitä kauemmas tutkalla voi nähdä. (Linden 2010, 53.)

Kaikkien navigointitoimintojen näytöt ovat mahdollista samalle näytölle, eli erillisiä laitenäyttöjä ei tarvita. Tutkalaitteiston asennus ja eri laitteiden näyttämien tietojen yhdistäminen on havainnollistettu kuviossa 5.



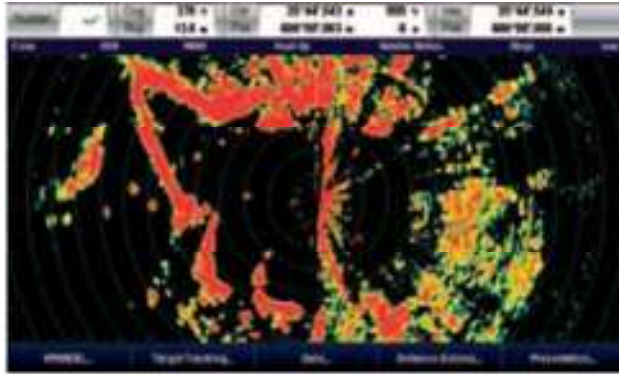
KUVIO 6. Digitaalisen tutkan asennus

Nykyiset veneissä olevat näyttöyksiköt muistuttavat tietokoneen näyttöjä, ja useimmiten ne ovat värillisiä LCD-näyttöjä. Nykyisessä muodossaan näytöt ovat kokonaisia navigointikeskuksia, joihin voi liittää usean eri navigointilaitteen näyttämät tiedot, kuten karttaplotterin, tutkan, kaikuluotaimen, mittariston tiedot ja videojärjestelmän. Tutkakuva ja merikartta voidaan asettaa näkyviin toistensa päälle. Lisäksi näyttölaitteille voi tilata NAVTEX-säätiedot, liittää toinen näyttö rinnakkain päänäytön kanssa esimerkiksi aluksen sisätiloihin, jakaa näyttöä näyttämään kahta eri tietoa samalle näytölle ja lisäksi RGB-ulostulon kautta plotterin näyttö on mahdollista siirtää esimerkiksi kannettavalle tietokoneelle tai televisioruudulle. Näyttöyksikkö toimii sähköllä, joka on pienikokoinen, kevyt ja litteä, jotta näyttö kuluttaisi sähköä mahdollisimman vähän. (Linden, Knutsen & Inkinen 2007, 17.) Tutkanäytöt ovat luettavissa kaikissa sääolosuhteissa ja uusimmissa malleissa on myös mahdollisuus säätää näyttöä erikseen yö- ja päiväkäyttöön.

4.4 Tutkan havainnot ja esitystavat

Tutkan tulisi kyetä erottelamaan muita vesillä liikkuvia aluksia, luotoja ja saaria. Hyvällä erottelukyvyllä tutka erottaa myös poijuja. Tutka ei näe veden pinnan alle, vaan veden pinnan alle näkemiseen tarvitaan kaikuluotain. Tutkan erottelukyky riippuu keilakulmasta, eli mitä kapeampi vaakakeilakulma, sitä paremmin tutka erottelee kaksi lähellä olevaa kaikua toisistaan. Maan muodot näkyvät tutkassa, mutta tutkakuva ei piirry yhtä tarkkaan kuin paperinen merikortti. Maa-alueista ei myöskään näy alueiden toista puolta, esimerkiksi mitä niemen takana

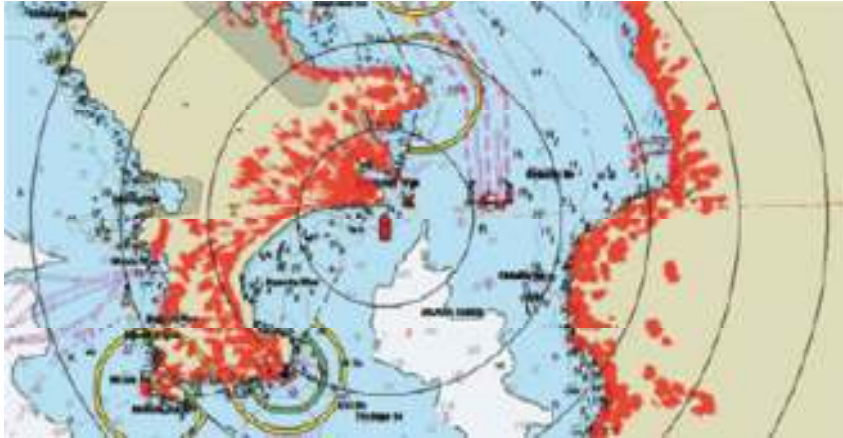
on. Jyrkät rannat ovat näytöllä ohuita viivoja, loivat rannat taas antavat paksumman kaiun, kuten kuviossa 7 näytetään. (Ekblad 2008, 10.)



KUVIO 7. Tyypillinen tutkakuva HD Digital – tutkalla

Tutkan esitystapana on yleisimmin ”head up” eli keula näkyy tutkan näytöllä ylöspäin, joka vastaa lähiten sitä, miltä ympäristö näyttää aluksen ohjaajan näkökulmasta. Muita esitystapoja ovat ”north up” (pohjoinen ylös), ”course up” (kulkusuunta ylös) ja ”true motion”, jossa maa pysyy paikallaan aluksen ja muiden alusten liikkuesssa. Pohjoinen ylös ja kulkusuunta ylös -esitystavat edellyttävät, että tutkaan on kytketty kompassi tai esimerkiksi GPS-navigaattori tai -kompassi, josta tutka saa suunnan. (Ekblad 2008, 18.)

Tutka voidaan yhdistää digitaaliseen merikarttaan, jolloin tutkakuvan tulkitseminen tulee huomattavasti helpommaksi. Yhdistäminen kuitenkin vaatii, että laite on kytketty suuntatiedon antavaan laitteeseen. Muuten merikartta ja tutkakuva yhdessä voivat luoda sekavan vaikutelman, eikä näytön tiedot ole enää selkeästi luettavissa. (Ekblad 2008, 21.) Tätä tutkakuvan ja digitaalisen kartan yhdistämistä kutsutaan nimellä *radar overlay*, joka on esitetty kuviossa 8.



KUVIO 8. Digitaalisen kartan ja tutkan päällekkäiskuva

Digitaalisen kartan ja tutkan kuvan yhdistäminen vaatii synkronointia, jolloin molemmissa esitystapa tulee olla pohjoinen ylös. Tutka- ja karttakuvan yhdistämisen etuna on se, että jos ei olla varmoja, mistä keskellä vesistöä tuleva kaiku on peräisin, toisesta aluksesta vai merimerkistä, merimerkin voi sulkea pois helposti tarkastamalla, onko kaiun antamassa kohdassa merimerkkiä.

4.4.1 Vääristymät tutkakuvassa

Tärkeintä tutkan käytössä ei ole se, että käyttäjä tuntee tutkan toiminnan perusteellisesti, vaan että ymmärretään, ettei tutkan antama kuva todellisuudesta ole täydellinen. Tutkan kaiut voivat venyä leveysuunnassa, ja monet esteet näyttävät suuremmilta kuin mitä ne ovat todellisuudessa luonnossa. Siksi monesti lähekkäin olevat kohteet näyttävät sulautuvan yhteen tutkanäytöllä. Kapeat lahdet ja salmet saattavat hävitä kokonaan tutkan näytöllä, kun taas niemet näkyvät liian leveinä. Pistemäiset esteet leviävät keilan levyisiksi ja pitenevät puolen pulssipituuden mittaisiksi. (Ekblad 2008, 34.)

Kaiut voivat monistua, jos kaksi lähekkäin olevaa alusta kohtaa toisensa yhdensuuntaisesti. Kaiku voi silloin kimpoilla alusten välissä. Tutkanäyttö näyttää virheelliset kaiut esimerkiksi kaksin- tai kolminkertaisella etäisyydellä aluksesta. Lähin kaiku on kuitenkin todellisin. (Ekblad 2008, 33.)

Tutka muodostaa myös sivukeiloja, koska täydellistä suuntaavaa antennia ei voida käytännössä rakentaa, eli signaali vuotaa tutkan sivusta. Tämä voi aiheuttaa ongelmia silloin, kun liikutaan kapeissa paikoissa tai sellaisten esteiden lähellä, jotka antavat voimakkaan sivukaiun tutkaan, jolloin edessä oleva olennaisempi tieto katoaa tutkan näytöltä. Sivukeiloja voi säätää säätämällä kaiun vahvistusta, mutta silloin tutkalla ei näe kauas. (Ekblad 2008, 33.)

Tutkalle voi toisinaan syntyä myös varjostuneita sektoreita, jos sen edessä on muiden veneiden mastoja, piippuja tai muita veneen kansirakenteita. Epäsuorat ja väärät kaiut aiheuttavat myös virhetulkintaa tutkakaiun näytössä, jos kaiut kimpoavat jostakin aluksen osasta antenniin. (Ekblad 2008, 40.)

4.5 ARPA-tutka

ARPA-tutka (Automatic Radar Plotting Aid) on suunniteltu erityisesti kaupallisille aluksille, ja joillakin aluksilla sen käyttö on pakollista IMO:n määräyksien mukaan. ARPA-tutkan toiminta edellyttää, että tutkaan on kytketty loki ja kompassi. Tutkaruutu näyttää lähellä olevien muiden alusten nopeudet ja suunnat, joten sen toiminta on monipuolisempi kuin tavallisen digitaalisen tutkan. ARPA-tutkalla voidaan valita useampi maali eli kohde seurattavaksi kuvaruudulle, ja tutkan laitteisto laskee lähimmän mahdollisen sivuutusetaisyuden ja hälyttää, jos alukset ovat törmäyskurssilla. (Löfgren 2004, 98.)

Huviveneille on suunniteltu pienempi versio ARPA-tutkasta, MARPA eli MiniARPA. MARPA kykenee seuraamaan kaikujoukkoja, jotka veneen ohjaaja valitsee näytöltä ja merkitsee. Sen jälkeen MARPA esittää tiedot muiden alusten sivuutusetaisyuksista, ajankohdasta, suunnasta ja nopeudesta. Lisäksi MARPA määrittelee, onko este turvallinen vai vaarallinen. Myös MARPA-tutka voidaan kytkeä sähköiseen merikarttaan, jolloin tutkakuvan lukeminen on selkeämpää. (Raymarine 2010.)

MARPA-tutkaan vaikuttavat samat häiriötekijät kuin meritutkiin. Jos MARPA-tutkan keilanleveys on suuri, ei suuntima ole kovinkaan tarkka. MARPAAn liite-

tyn kompassin eksymä tulee olla korjattu, ja lisäksi MARPA voi joissakin tilanteissa näyttää kaiun usean minuutin viiveellä johtuen siitä, että se havainnoi yleensä kaikuja voimakkaimman kaiun antamasta kohdasta. MARPA-tutka voi kärsiä myös lähekkäin olevien kaikujen aiheuttamista lukkiutumista, ja liiketeki-jät saattavat määrittä vääriin johtuen muun muassa kohteiden hitaasta liikkeestä tai tiimalasi-ilmiöstä. (Ekblad 2008, 96.)

4.6 Laajakaistatutka

Uusimmat markkinoilla olevat tutkat ovat taajuusmoduloituja kantoaaltoituttia eli niin sanottu laajakaistatutkia. Laajakaistatutkan lähettämä radioaalto ei ole kiinteä, vaan se on eri taajuuksien välillä. Neljän millisekunnin välein lähetetään pulssi, joka vastaanotetaan samanlaisena. Lähetetyn pulssin taajuuseron perusteella lasketaan etäisyys pulssin heijastuman aiheuttaneeseen esteeseen. (Kairikko 2009, 37.)

Laajakaistaa vastaavaa tekniikkaa on käytetty armeijakäytössä jo kauan, mutta vasta vuoden 2009 loppupuolella laajakaistatutkia on tuotu huviveneilijöiden ulottuville. Laajakaistatutkissa paras ominaisuus on se, että se pystyy näyttämään lähellä olevia kohteita noin kolmen metrin läheisyyteen, kun perinteinen tutka on sokea 30 metrin matkalla veneen lähellä. (Juuri-Oja 2009,41; Comyns 2009.) Jotta laajakaistatutkan lähelle näkeminen voidaan hyödyntää täysin, tulee sen asennuksessa ottaa huomioon veneen kannen rakenteet tarkasti. Ulkonäöllisesti laajakaista ei poikkea pulssitutkasta kuten kuvista 9 voidaan nähdä. (Kairikko 2009, 38.)



KUVIO 9. Laajakaistatutkan antenni (Kairikko 2009)

Laajakaistatutka on hyvin käytännöllinen sellaisissa paikoissa, missä tutkaa yleensä eniten tarvittaisiin, eli kapeikoissa ja vilkkaasti liikennöidyissä paikoissa, sillä laajakaistatutkalla pystyy selvästi erottamaan niin laiturit, merimerkit, vesijetit ja muut pienet vesiliikenteeseen kuuluvat tekijät, jotka ovat vain muutamien metrien päässä veneestä. Laajakaistan minimimittausasteikko on 1/32 nanometriä. (Anderson 2009.)

Laajakaistatutkissa ei ole normaalin venetutkan haittoja, sillä sitä ei tarvitse erikseen lämmittää käyttöön, vaan tutka on saman tien käytettävissä. Tehoa laajakaistatutka vie puolet normaalin tutkan käyttämästä tehosta, joten laajakaistatutka sopii erityisesti purjeveneisiin. Lisäksi tutkan sijoittelu on paljon vapaampaa kuin normaalilla tutkalla, sillä sen ympäristöön antama säteily on 1/20 000 normaalin tutkan säteilystä, eli sen säteily on kymmenesosa matkapuhelimen säteilyn määrästä. (Comyns 2009.) Northstar-, Lowrance- ja Simrad- laajakaistatutkamallien ominaisuudet on esitelty taulukossa 3:

TAULUKKO 3. Laajakaistatutkien ominaisuuksia

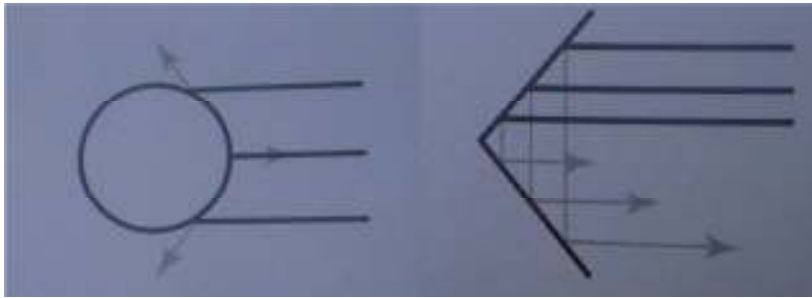
Antennikeilan leveys vaakatasossa	5,2° ±10%
Antennikeilan leveys pystysuunnassa	30° ±20%
Käyttöjännite	9 – 31,2 V
Virrankulutus käytössä / levossa	17 W / 1,6 W

Laajakaistatutka ei ole täysin häiriötön. Siihen aiheutuu häiriöitä niin veneen kansirakenteista kuin muiden alusten tutkista, jolloin tutkan näyttö saattaa mennä kokonaan sekaisin. Lähempänä ranta-alueita muiden alusten tutkien aiheuttamat häiriöt vähenevät, ja laajakaistatutka on parhaimmillaan satamakäytössä ja tarkassa ajamisessa. Häiriöiden poistamiseen on keskitytty markkinoille tulevissa uusissa malleissa. (Kairikko 2009.)

4.7 Tutkan turvalaitteet

Jotta alukset näkyisivät mahdollisimman hyvin tutkien näytöillä, veneisiin on saatavissa metallisia tutkaheijastinvahvistimia. Tutkaheijastimia on myös tuhansia kappaleita vesi- ja meriväylien varsilla olevissa merimerkeissä ja majakoissa, joita voi käyttää tutkakaiun avulla aluksen paikallistamiseen. (Ekblad 2008, 12.)

Tutkaheijastimien käyttö on tärkeää olosuhteissa, joissa on korkeita aaltoja tai kova sade, jolloin heikot tutkan kaiut saattavat jäädä piiloon. Heijastimien tulisi muodostaa tarkkoja 90 asteen kulmia niin moneen suuntaan kuin mahdollista, sillä merenkäynnissä vene liikkuu ylös, alas ja sivuttain. Jopa 2 asteen ero heijastimen kulmassa voi puolittaa heijastimen tehokkuuden. (Ekblad 2008, 12.) Kulmien heijastuminen on kuvattu kuviossa 10, jossa vasemmalla näytetään aaltojen heijastuminen pyöreästä kohteesta ja oikealla 90 asteen kulman muodostavasta kohteesta.



KUVIO 10. Tutkasignaalien heijastuminen pyöreästä kohteesta ja suorasta kulmasta kohti tutkaa (Ekblad 2008)

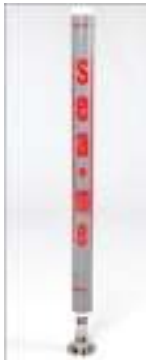
Tutkaheijastimen tulisi olla kooltaan mahdollisimman suuri, vaikka koko ei vaikuta siihen, miten suurena kaikuna vene näkyy tutkan näytöllä. Koko vaikuttaa vain siihen todennäköisyyteen, että vene havaitaan silloin, kun tutkan signaali osuu tutkaheijastimeen. (Turner 2009, 53.)

Veneisiin saatavia tutkaheijastimia on sekä passiivisia että aktiivisia. Passiivisia heijastimia on suurissa merimerkeissä ja ammattikalastajien verkoissa, mutta niitä käytetään myös purjevereissä, kuten kuviossa 11. Passiiviset heijastimet heijastavat tutkan säteen lähtöpaikkaan, mutta se ei pysty kohdistamaan sädettä takaisin. Passiiviset heijastimet on suunniteltu toimimaan X-kaistalla, ja ne toimivat pienemmissä kulmissa myös S-kaistalla. (Turner 2009, 53.)



KUVIO 11. Passiivinen tutkaheijastin veneen maston lähellä

Aktiivinen tutkaheijastin on muodoltaan kapea laite, kuten kuviossa 13 näkyy. Aktiiviset tutkaheijastimet toimivat vain X-kaistalla. Aktiivisen tutkaheijastimen sisällä on kaksi antennia: yksi vastaanottamiseen ja toinen lähettämiseen. Sen lisäksi heijastimen sisällä on vahvistin. Vastaanotettu tutkan pulssi kulkee vahvistimen läpi ja sen jälkeen lähetetään takaisin. (Turner 2009, 53.)



KUVIO 12. Aktiivinen tutkaheijastin (Sea-Me 2010)

Tutkaheijastimien toiminnan tutkiminen on hankalaa, sillä heijastimien toiminta riippuu niin veneestä, heijastimen asennuksesta kuin sääolosuhteista. Käytännössä tutkaheijastimesta ei ole juurikaan hyötyä alle 3 merimailin etäisyydellä havaittavaan toiseen veneeseen. Passiivisen ja aktiivisen heijastimen erot tulevat esiin vasta noin 6 merimailin etäisyyksillä. Veneen kallistumisella aina 20 asteeseen asti ei ole myöskään merkitystä siihen, millaisen kaiun tutkaheijastin antaa. (Turner 2009, 57.)

Tutkaheijastimia löytyy myös tutkamajakoista ja joistakin suuremmista merimerkeistä kuten jääpoijuista. Suomen väylillä on yhteensä noin 70 tutkamajakkaa,

jotka ovat lähetin-vastaanottimia, eli ne määrittelevät vastaanotetun signaalin taa-juuden ja lähettävät takaisin samantaajuisen signaalin. Signaali on erityinen tunnussignaali, joka on helposti tunnistettavissa tutkan näytöltä. Tutkamajakat toimivat sekä X-alueella että S-alueella. (Liikennevirasto 2010.)

Avomeripurjehduksessa tutkaheijastin on pakollinen, vaikka tutkaheijastin ei mitenkään takaa sitä, että tutkalla varustettu alus havaitsee pienen aluksen, jossa tutkaheijastin on. Tulevaisuudessa tutkaheijastimien käytön määrä tulee kasvamaan, koska myös tutkia on käytössä yhä useammassa veneissä. (Ekblad 2008, 12.)

5 SATELLIITTIPAIKANNUS MERENKULUSSA

5.1 Merenkulun satelliittipaikannusjärjestelmät

Merenkulussa käytettävistä satelliittijärjestelmistä tunnetuin ja käytetyin on NAVSTAR-niminen GPS-järjestelmä (Global Positioning System) eli Yhdysvaltain puolustusministeriön satelliittipaikannusjärjestelmä. Yleensä GPS-järjestelmästä puhuttaessa tarkoitetaan NAVSTAR-järjestelmää, vaikka muitakin GPS-järjestelmiä on olemassa (McEwen 2006, 256.)

Englantilainen INMARSAT-tietoliikennesatelliittiyhtiö (International Maritime Satellite Organization) on suunnitellut GPS-laitteita vastaavia laitteita merenkulun tarpeisiin. Venäläisellä GLONASS-satelliittijärjestelmällä, ja kehityksen alla olevalla Euroopan Avaruusjärjestön GALILEO-järjestelmällä tulee olemaan oma paikannusjärjestelmänsä. GLONASS:lla ja INMARSAT-järjestelmällä on laitteita myytävänä Suomessakin. Tunnetuimpia INMARSAT-pohjaisia laitteita on EPIRB – hätäpoiju, jonka paikannus voi perustua INMARSAT E-järjestelmään, jolloin hätäpoiju antaa hätätapauksessa sijaintinsa koordinaatit. Lisäksi EPIRB-toimii maailmanlaajuisesti sekä COSPAS- että SARSAT-satelliittijärjestelmissä, jotka on nimenomaisesti suunniteltu meripelastukseen. Eurooppalaisen GALILEO-satelliittijärjestelmän käyttöönotto on niin ikään viivästynyt toistaiseksi, joten sen satelliittipaikannuslaitteita ei ole myöskään käytettävissä. (McEwen 2006, 257.)

Koska muihin GPS-järjestelmiin kuin NAVSTARiin pohjautuvia laitteita on suhteellisen vähän käytössä ja myynnissä Suomessa, niitä ei käsitellä tarkemmin tässä opinnäytetyössä. GPS-järjestelmän toiminnan tarkka tunteminen ei välttämättä ole tarpeellinen tieto kyetäkseen käyttämään GPS-laitteita, mutta koko järjestelmän mittakaavan ymmärtäminen auttaa arvioimaan GPS-laitteiden antaman paikkatiedon luotettavuutta ja mistä virheet voivat johtua.

5.1.1 GPS-järjestelmän rakenne

USA:n puolustusministeriön ylläpitämä NAVSTAR:n GPS-järjestelmä suunniteltiin sotilaskäyttöön, mutta alusta lähtien järjestelmälle suunniteltiin myös siviilikäyttöä. GPS-järjestelmän ensimmäinen satelliitti lähetettiin avaruuteen vuonna 1978, ja täysin käyttövalmis järjestelmä oli vuonna 1994. (Huhtinen ja Hyttinen, 2003.)

GPS-järjestelmässä on 24 satelliittia 20 200 kilometrin korkeudessa 60 asteen välein, joista jokainen satelliitti kiertää maapallon kaksi kertaa vuorokaudessa niiden kiertoaajan ollessa 11 tuntia ja 58 minuuttia. Satelliittiratojen kaltevuus on 55 astetta päiväntasaajan tasosta. Samanaikaisesti näkyvissä voi olla 12 satelliittia, mutta jatkuvasti näkyvissä on ainakin 6 satelliittia. Lisäksi GPS-järjestelmällä on laukaisuvalmiina 4 varasatelliittia. (Huhtinen ja Hyttinen, 2003.)

GPS-järjestelmän rakenne koostuu avaruus-, valvonta- ja käyttäjäosasta. Satelliitit muodostavat avaruusosan, ja valvontaverkko muodostuu päävalvonta-asemasta Coloradossa Yhdysvalloissa sekä viidestä muusta tarkkailuasemasta, jotka sijaitsevat eri puolilla maapalloa päiväntasaajan leveysalueella. Lisäksi lähellä tarkkailuasemia on kolme maa-antennia, jotka välittävät tiedot satelliitteihin. Käyttäjään liittyvät kaikki GPS-laitteet, joita löytyy nykyisin myös matkapuhelimista. Veneessä tällaiset käyttäjäosan laitteet voivat olla GPS-antenneja liitännöineen, käsi-GPS-laitteita tai GPS-kompasseja. (McEwen 2006, 256.)

5.1.1 GPS-taajuudet ja GPS-signaali

GPS-satelliitti lähettää kahta eri kantaaltoa. L1-siviilisignaaliaajuus on 1575,42 MHz ja aallonpituus 19 cm, ja L2-taajuuden taajuus on 1227,6 MHz ja aallonpituus 24 cm. Molempiin kantaaltoihin on moduloitu sotilaskäyttöön tarkoitettu vaihdemoduloitu 10,23 MHz:n taajuinen P-paikannuskoodi (precise), ja L1-kantaaltoon on moduloitu lisäksi julkinen 1,023 MHz:n taajuinen C/A-

paikannuskoodi (coarse acquisition). Tämän lisäksi kantoaaltoon moduloidaan 50 Hz:n taajuinen satelliittiviesti. (Löfgren 2004, 87.) Kantoaaltojen modulointi on havainnollistettu kuviossa 13, jossa näytetään molemmat kantoaallot sekä niihin moduloidut tiedot.



KUVIO 13. GPS-signaalin rakenne (Huhtinen ja Hyttinen, 2003)

L1-taajuuteen perustuva, julkisen C/A-koodin sisältävä Standard Positioning Service (SPS) on tarkoitettu kaikille GPS:n käyttäjille. Sotilaskäytön palvelu on nimeltään Precise Positioning Service (PPS), ja PPS:ssä käytetään L1- ja L2-taajuutta. Sotilaskäytön paikannuksessa päästään näin tarkempiin tuloksiin ja lisäksi sen P-koodin häiritseminen on vaikeampaa. (Huhtinen & Hyttinen, 2003.)

P- ja C/A-koodeissa ei ole mitään informaatiota. Koodit ovat pseudosatunnaisia +1 ja -1 tilan sisältäviä sekvenssejä, joilla moduloidaan kantoaaltoa niin, että kantoaallon vaihe kääntyy 180 astetta, kun koodin tila muuttuu. Satelliitit tunnustetaan toisistaan niiden koodien mukaisesti. (Poutanen 1999, 120.)

Navigointiviesti on 1500 bittiä pitkä, jonka lähettäminen kestää 30 sekuntia. Navigointiviesti on sisällytetty sekä C/A-koodiin että P-koodiin, ja navigointiviesti sisältää kolme eri informaatiota, jotka on jaettu viiteen lohkoon. Ensimmäisessä lohkossa on GPS-viikon numero, satelliitin kellon korjaustermit, datan ikä ja tiedot satelliitin tilasta. Toisessa ja kolmannessa lohkossa ovat satelliitin ratatiedot. Neljännessä ja viidennessä lohkossa on C- ja P-koodit ylittävä PRN-koodi koordinoitu yleisaika, GPS-aika ja kaikkien satelliittien A/S-tila. PRN-koodissa on

myös 37 satelliitin tunnusta. Viisi niistä on varattu maa-asemille ja 32 satelliiteille. (Huhtinen & Hyttinen, 2003.)

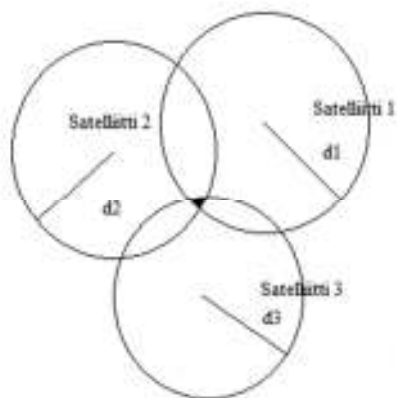
5.1.2 GPS:n tarkkuus ja virhelähteet

GPS-järjestelmän avulla määritellään GPS-vastaanottimen paikka, aika ja nopeus. Sijainti määritellään pituus-, leveys- ja korkeuskoordinaateilla, joita vastaavat koordinaatiston X, Y- ja Z- akselit. GPS-laite vastaanottaa GPS-satelliittien lähettämän signaalin ja laskee signaaleiden kulkuaikaan perustuen sijaintinsa. (Huhtinen & Hyttinen, 2003.)

GPS-paikannukseen aiheutuu virheitä jokaisessa signaalin kulun vaiheissa satelliitista vastaanottimeen. Koska kaikki tässä opinnäytetyössä käsitellyt laitteet perustuvat radioaaltojen liikkeeseen, GPS-signaalin kulkuun vaikuttavat myös samat tekijät kuin tutkasignaalin kulkuun (Maanmittauslaitos 2010.)

Satelliitin omista virheistä tärkeimmät ovat rata- ja kellovirheet. GPS-satelliittien radat muuttuvat maapallon vetovoiman ja pyörimisliikkeen vaikutuksesta ja näin syntyy ratavirheitä. Satelliittien sijainti toisiinsa nähden vaikuttaa GPS:n mittaus-tarkkuuteen. Mittaustarkkuus on huono, jos satelliitit ovat taivaalla liian lähellä toisiaan. Tarkin paikannus saadaan, kun satelliitit ovat kaukana toisistaan horisontin yläpuolella. Satelliittigeometrian hyvyys ilmaistaan DOP-luvuilla (Dilution Of Precision). Satelliittigeometria on hyvä, kun yleisimmin käytetty PDOP-arvo (Position DOP) on alle 6. (Maanmittauslaitos 2010.)

Satelliittipaikannus perustuu satelliittien ja paikantimien väliseen kolmiomittaukseen eli trilateraatioon, jossa etäisyys mitataan radiosignaalin kulkuajasta. Etäisyyden arviointiin tarvitaan tarkat kellot. (Miettinen 2006, 42.) Kun GPS-vastaanotin on saanut tiedot kolmelta eri satelliitilta, vastaanottimen paikka voidaan määrittää pallotrigonometrian avulla tunnettaessa etäisyydet d_1 , d_2 ja d_3 , kuten kuviossa 14 näytetään. Jos korkeusasemakin tarvitsee selvittää, tarvitaan tieto neljänneltä satelliitilta. (McEwen 2006, 257.)



KUVIO 14. Keskellä oleva tumma alue kuvaa GPS-vastaanottimen sijaintia.

Kaksi ilmakehän 400 kilometrin korkeuteen ulottuvaa kerrosta aiheuttavat määrällisesti suurimman virheen GPS-paikannukseen, joita kutsutaan troposfääri- ja ionosfäärirefrakatioiksi ja monitieheijastumiseksi. Maan alemman ilmakehän, troposfäärin säävaihtelut vaikuttavat signaalin kulkunopeuteen, joka vaikuttaa paikannusvirheiden syntymiseen. (Poutanen 1999, 122.)

Ylempi ilmakehä, ionosfääri, aiheuttaa viiveitä, jotka voidaan vähentää käyttämällä tiettyjä laskentamalleja. Noin 70 nanosekunninkin viive voi aiheuttaa jopa 10 metrin suuruisen paikannusvirheen. (Maanmittauslaitos 2010.)

Monitieheijastumisessa signaali heijastuu antennin lähistöllä olevista esteistä, kuten vedestä tai ikkunasta, jolloin vastaanotin ei havaitse satelliitista tullutta signaalia, vaan havaitsee heijastuneen signaalin. Monitieheijastumisen aiheuttaman virheen suuruus on noin puoli metriä. (Maanmittauslaitos 2010.)

Vuoden 2000 keväällä Yhdysvallat lopetti tarkoituksellisesti häiritsemästä NAVSTAR-järjestelmänsä satelliittien GPS-signaalin siviilikäyttöä, eli S/A-häirintä eli satunnaisvirheen (selective availability) poistettiin kokonaan, joka aiheutettiin signaalin C/A-koodiin, eli satelliittien atomikelloihin. S/A-häirinnän ollessa päällä tarkkuudeksi luvattiin 95 % ajasta olevan 100 metriä tai parempi. Nykyisissä myytävänä olevissa GPS-laitteissa tarkkuus on alle 15 metriä. (Rissanen 2006.)

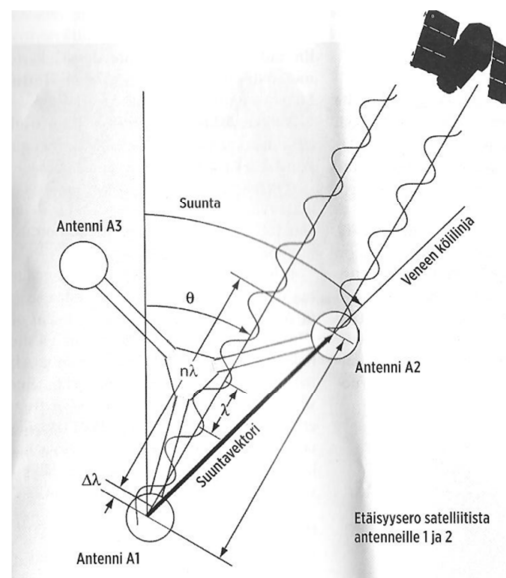
Muut GPS-järjestelmään aiheutuvat virheet voivat olla harhakaikuja, joista voi aiheutua jopa satojen kilometrien virhe, samoin satelliittien valvontakeskuksissa

voi tapahtua inhimillisiä tai tietokonevirheitä. Virheet voivat olla lähes minkä suuruisia tahansa metristä sataan metriin, ja niitä voi aiheuttaa myös GPS-laitteen käyttäjä itse valitsemalla esimerkiksi laitteen asetukset väärin. GPS-laitteissa itsessään voi olla ohjelmisto- tai laitevikoja, kuten kohinaa tai kellovirheitä, ja ne voivat myös aiheuttaa virheitä kaikissa mittakaavoissa. Normaalisti GPS-paikantimen oma virhe on noin kaksi metriä. (Rissanen 2006.)

5.1.3 GPS-kompassi

Tavallisella GPS-paikantimella ei voida määrittää veneen pituusviivan suuntaa, sillä vastaanottimen näyttämä suunta on kulkusuunta pohjan suhteen (Löfgren 2004, 22). Tavallista GPS-laitetta ei voi sellaisenaan käyttää kompassina, koska GPS ei näytä suuntaa ennen kuin alus on liikkeessä. Jos kaksi GPS-vastaanotinta sijoitetaan lähelle toisiaan ja kytketään tietokoneeseen, voidaan laskea suunta antennien signaalieron avulla. Joissakin GPS-kompasseissa on kolmas vastaanotin, jolla voidaan kompensoida veneen liikkeitä. (Mäkinen 2010, 57.)

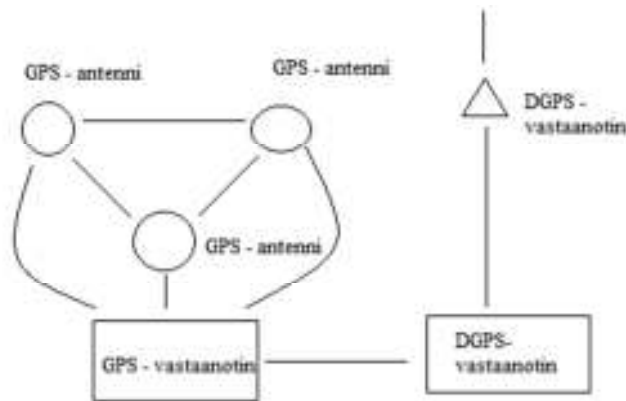
Kuviossa 15 näytetään kaksi antennia, antennit A1 takana ja A2 edessä, joissa on GPS-proessori ja jotka sijaitsevat veneen kölilinjan mukaisesti. A1 ja A2 laskevat satelliitin suunnan ja etäisyyden. Antennien A1 ja A2 etäisyys on $\Delta\lambda + n\lambda$, jossa λ on 19 cm, ja n määrittyy itsestään, kun laite käynnistyy ja paikantaa itsensä. (Mäkinen 2010, 57.)



KUVIO 15. Furuno SC-30-satelliittikompassin toimintaperiaate (Mäkinen 2010)

Signaalin kantoaallossa on taajuusero $\Delta\lambda$, jonka perusteella tietokone laskee suuntavektorin antennien A1 ja A2 välille. Antenni A3 poistaa veneen liikkeiden aiheuttamat virheet. (Mäkinen 2010, 57.)

GPS-kompassi tarjoaa tietoa veneen sijainnista, suunnasta ja nopeudesta, ja se voidaan myös kytkeä tutkan näyttöön, sähköiseen merikarttaan tai autopilottiin. GPS-kompassin tarkkuutta voidaan parantaa myös käyttämällä differentiaaliyksikköä. (Löfgren 2004, 22.) Differentiaaliyksikön yhdistäminen GPS-järjestelmään on havainnollistettu kuviossa 16.



KUVIO 16. GPS-kompassin toiminta

GPS-kompassit ovat toistaiseksi enemmänkin ammattikäytössä merenkulussa, eikä niiden valmistajia ole kovin montaa maailmanlaakuisesti. Hinnaltaan noin 2000 euron hintainen Furunon SC-30-satelliittikompassi on tällä hetkellä ainut huviveneilyyn soveltuva satelliittikompassi. GPS-kompasseilla ei ole toistaiseksi olemassa olevaa standardia eikä niitä saa käyttää SOLAS-määräysten mukaisissa aluksissa. (Mäkinen 2010, 57.)

5.1.4 Korjaussignaalit satelliittipaikannukseen

DGPS-tekniikka eli differentiaali-GPS on jälkiprosessointitekniikka, joka on kehitetty GPS-järjestelmän käyttöönoton alussa GPS-signaalin S/A-häirinnän vuoksi, jolloin DGPS-tekniikalla pystyttiin eliminoimaan S/A-häirinnän vaikutusta.

DGPS-järjestelmässä maa-asema ottaa vastaan satelliitin välittämän sijaintitiedon ja vertaa tietoa tarkasti tunnettuun tukiaseman sijaintiin, joka on vakio. Näiden tietojen avulla voidaan muodostaa korjaussignaali, joka lähetetään erilliseen korjattuihin koordinaattien näyttävään vastaanottimeen. Vaikka tahallinen S/A-häirintä on toistaiseksi poistettu käytöstä, DGPS-tekniikka on edelleen tarpeellinen väline paikannuksen tarkentamiseen (Löfgren 2004, 90.)

DGPS-navigoinnissa korjattavat virheet ovat ratavirheet, satelliittikellojen aiheuttamat virheet, ilmakehän aiheuttamat virheet sekä antennin vaiheviivekuvion aiheuttamat, suunnasta, atsimuuttikulmasta ja sen kautta kulkevan luotiviivan suunnasta aiheutuvat virheet. Reaaliaikaisissa differentiaalikorjausmenetelmissä käytetään radiolinkkiä alkuperäisten havaintojen tai korjausten siirtämiseksi toisesta, sijainniltaan tunnetusta maa-asemasta. (Vermeer 2009.)

Suomessa DGPS-signaalin korjausta välittävät Digita ja entinen Merenkululaitos. Suomessa käytössä on kaksi DGPS-järjestelmää, Fokus ja Radio Suomen ULA-taajuudella toimiva RDS-signaali (Radio Data System). Vesiliikennettä meri- ja järvialueille Suomessa tukee Merenkululaitoksen 8 tukiaseman verkko, joka lähettää RTCM-korjaukset (Real Time Correction Messages) merenkulun taajuuksilla (Miettinen 2006, 54 - 55). Euroopassa GPS-järjestelmän paikannustarkkuutta on parannettu EGNOS-palvelulla (European Geostationary Navigation Overlay Service), joka koostuu kolmesta geostationaarisesta satelliitista ja maa-asemien verkostosta. Korjaukset ovat koko mantereen keskiarvoja. EGNOS lähettää GPS:n satelliittikohtaiset korjaukset GPS-signaalina WAAS-yhteensopiville (Wide Area Augmentation Service) GPS-vastaanottimille. EGNOS-palvelun avulla päästään noin 1,5 metrin paikannustarkkuuteen. (European Space Agency 2009.)

Yhdysvalloissa ja Kanadassa merenkulkukäytössä on varsinaisesti ilmailun käytössä oleva WAAS-järjestelmä, joka on melko pitkälti käytettävissä myös GPS-laitteilla, ja sitä voidaan verrata DGPS-korjaukseen. Järjestelmä ei ole virallisesti merenkulun käytössä, mutta sitä käytetään Yhdysvaltain rannikkovesillä järjestelmän tarkkuuden vuoksi. WAAS-järjestelmä käyttää kahta geosynkronista satelliittia maa-asemien sijaan, eli ne ovat maasta katsoen paikallaan pysyviä satelliitteja. WAAS:n signaalit tulevat InmarsatIII-satelliitista Tyynenmeren yläpuolelta. WAAS-järjestelmän tarkkuus on noin kolme metriä 95 prosenttia ajasta. (McEwen 2006, 260.)

Japanissa satelliittipaikannuksen korjaussignaali-järjestelmän nimi on MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System), joka on ollut käytössä vuodesta 2006 lähtien. Useat markkinoilla olevat GPS-vastaanottimet soveltuvat vähintään WAAS/EGNOS/DGPS-korjaussignaali-järjestelmiin, mutta MSAS-järjestelmäkin löytyy laitteista riippuen valmistajasta. (Inside GNSS 2006.)

6 AIS-JÄRJESTELMÄ

6.1 Yleistä AIS-järjestelmästä

Vuonna 2002 Kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO määräsi AIS-järjestelmän pakolliseksi yli 300 bruttotonnin vetoisille aluksille sekä kaikille matkustaja-aluksille. EU-direktiivin 2002/59 mukaan EU:n jäsenvaltioiden tulee valvoa meriliikennettään AIS-maa-asemaverkon avulla. Suomenlahden alueella AIS-järjestelmä otettiin käyttöön vuonna 2004. AIS-tietoja keräävä taho Itämeren alueella on HELCOM (Helsinki Commission). (Backström 2007.)

AIS-järjestelmää käytetään ensisijaisesti alusten törmäämisen estämiseksi COLREG-säännösten mukaisesti. AIS ei ole kuitenkaan varsinainen törmäyksenestomenetelmä, vaan apukeino törmäysten välttämiseksi. (Backström 2007.)

6.2 AIS-järjestelmän lähettämät tiedot

AIS-järjestelmällä saadaan reaaliajassa tietoa tietyllä merialueella liikkuvista muista aluksista ja niiden liikkeistä. Saatujen tietojen perusteella pystytään määrittelemään oman aluksen suunnitelmat kuljettavan reitin suhteen. AIS-järjestelmää ei saisi kuitenkaan käyttää ainoana välineenä navigointipäätösten tekemiseen. Samanlaista tietoa kuin AIS-järjestelmä tarjoaa, on tarjolla esimerkiksi ARPA-tutkan kautta, mutta ARPA-tutkassa tieto tulee aina muutaman minuutin viiveellä, joka voi joissakin tilanteissa olla liian hitaasti päivittyntä tietoa. Muita välineitä liikkeiden arvioimiseen ja ennustamiseen ei ole aiemmin ollut, vaan havaitseminen tai päätösten tekeminen on perustunut enemmänkin VHF-yhteyden ottamisella alukseen tai äänimerkeillä. (Backström 2007.)

AIS-järjestelmä toimii, kun VHF-vastaanotin on kytkettynä esimerkiksi GPS-laitteeseen. Pakollinen tieto AIS-järjestelmässä on tekstimuotoinen perustietojen esittäminen. Alusten lähettämät AIS-tiedot saadaan näkyviin valitsemalla näyttölaitteelta haluttu alus, kuten kuviossa 19. Kuviossa 19 näkyvät kaikki AIS-tietoja lähettävät alukset, joista HOS Gemstone-niminen alus on valittu. Kuvion mukaan

saadaan tietää aluksen nimi, milloin tieto on päivittynyt, millä nopeudella alus liikkuu ja mikä on sen tarkka sijainti. (Backström 2007.)



KUVIO 17. AIS-järjestelmän esittämä tieto valitusta aluksesta

AIS-järjestelmän näyttämät tiedot saadaan samalle näyttölaitteelle kuin GPS:n tai tutkan tiedot. AIS-näyttö voi olla myös omalla näytöllään, erillisellä karttaplotterilla tai tietokoneen näytöllä. (Mäkinen 2010, 58.)

AIS:n avulla voidaan havaita ja tunnistaa tutkan näkymän ulottumattomissa olevia aluksia, havaita alusten suunnanmuutoksia, saada tietoa aluksen koosta ja syväyksestä ja tunnistaa myös kiinteitä kohteita, kuten merimerkkejä. Samalla saadaan tietää mahdollisesti aluksen nimi ja kutsumerkki niin, että siihen voidaan ottaa suoraan yhteyttä esimerkiksi VHF-puhelimella. AIS-järjestelmällä voidaan myös lähettää tekstimuotoisia turvallisuuteen liittyviä viestejä valitulle alukselle. (Ekblad 2008, 97). Tarkemmin alusten lähettämät tiedot on jaoteltu taulukossa 4.

TAULUKKO 4. AIS – järjestelmän lähettämät tiedot ja niiden raportointiväli

Aluksen lähettämä tieto	Raportointiväli
MMSI-numero (Maritime Mobile Service Identity) eli meriradionumero	2-10 s tai 3 min. välein, kun alus on ankkurissa käyttäen alle 12,5 W tehoa
Navigointitila (liikkeessä, ankkurissa, kulkee moottorilla jne.)	2-10 s tai 3 min. välein, kun alus on ankkurissa käyttäen alle 12,5 W tehoa
ROT (Rate of Turn), kääntymiskulma oikealle tai vasemmalle 0-720 astetta	2-10 s tai 3 min. välein, kun alus on ankkurissa käyttäen alle 12,5 W tehoa
SOG (Speed over Ground), nopeus pohjan suhteen	2-10 s tai 3 min. välein, kun alus on ankkurissa käyttäen alle 12,5 W tehoa

Paikannuksen tarkkuus	2-10 s tai 3 min. välein, kun alus on ankkurissa käyttäen alle 12,5 W tehoa
Sijainti (pituus- ja leveyspiirit 1/10 000 minuutin tarkkuudella)	2-10 s tai 3 min. välein, kun alus on ankkurissa käyttäen alle 12,5 W tehoa
COG (Course over Ground)	2-10 s tai 3 min. välein, kun alus on ankkurissa käyttäen alle 12,5 W tehoa
Kulkusuunta (Heading), 0-359 astetta	2-10 s tai 3 min. välein, kun alus on ankkurissa käyttäen alle 12,5 W tehoa
IMO – numero	6 min
Radiokutsu (Call Sign)	6 min
Aluksen nimi, 20 merkkiä pitkä	6 min
Aluksen ja lastin tyyppi (ilmaistuna lyhenneillä)	6 min
Aluksen mitat metrin tarkkuudella	6 min
Paikannustiedon lähde	6 min
ETA (Estimated Time of Arrival), arvioitu saapumispäivämäärä ja -aika	6 min
Aluksen syväys 0,01 – 25,5 metrin välillä	6 min
Määräsatama, 20 merkkiä	6 min

Kuten taulukosta 4 nähdään, tietojen päivittyminen jakautuu kahteen eri luokkaan – tärkeimpiin tietoihin, joiden tulee päivittyä jatkuvasti, jotta järjestelmää voidaan käyttää turvallisesti, ja toissijaisiin tietoihin, jotka eivät ole välttämättömiä turvallisuuden vuoksi. Tärkeimpien AIS:n tietojen raportointiväli on 2-10 sekuntia, ja raportointiväli riippuu aluksen nopeudesta. Aluksen ollessa paikallaan tai aluksen nopeuden ollessa alle 14 solmua, raporteja lähetetään 10 sekunnin välein. Yli 23 solmun nopeudella raportit lähetetään 2 sekunnin välein, ja jos alus vaihtaa suuntaa, tietojen raportointiväli on 3,5 sekuntia.

AIS-tietoja voidaan saada myös majakoista ja meriviitoista. Yhdyvalloissa suunnitellaan niin sanottu RACON-majakoiden (radar beacon) korvaamista AIS-majakoilla. AIS:n kautta tuleva tieto merimerkeistä ei välttämättä tule suoraan merimerkeistä, vaan tieto saatetaan sisällyttää jonkun maista lähettävän aseman signaaleihin. (US Coast and Guard Navigation Centre 2010.)

6.2.1 AIS:n VHF-taajuudet

AIS:n toiminta perustuu VHF-taajuiseen radiolaitteeseen, joka lähettää automaattisesti alukseen ja aluksen liiketilaan liittyviä tietoja ja vastaanottaa muiden alusten lähettämiä vastaavia tietoja. VHF-taajuus on 30–300 MHz, ja siitä on varattu kaksi taajuutta AIS-järjestelmän käyttöön. Taajuudet ja kanavat on ilmoitettu taulukossa 5. (Backström 2007.)

TAULUKKO 5. AIS:n taajuudet

Kanavan nimi	Taajuus
AIS 1, ch 87B, 2087	161,975 MHz
AIS 2, ch 88B, 2088	162,025 MHz

Meri-VHF:n tyypillinen kantama avomerellä on 30 - 60 kilometriä ja rannikolla 50 - 100 km. Tutkaan verrattuna AIS:n kantavuus saattaa olla hieman parempi siksi, että AIS käyttää suurempaa aallonpituutta. AIS:n tyypillinen kantama on noin 20 merimailia eli noin 37 kilometriä. (US Coast and Guard Navigation Centre 2010.)

6.3 AIS-järjestelmän rakenne

Koko AIS-järjestelmä, joka on kuvattu kuviossa 18, koostuu tukiasemista maalla ja aluksissa olevista lähettimistä. Lähettimien tiedot syötetään VTS-järjestelmään, jolloin pystytään seuraamaan koko kaupallisen liikenteen tilannetta. Myös muut vastaanottimilla varustetut alukset pystyvät seuraamaan liikkeitä AIS:ssä tietojen vaihto tapahtuu myös alukselta alukselle, jolloin voidaan estää alusten törmääminen. Samat tiedot voidaan vastaanottaa myös maissa oleville tukiasemille. (Liikennevirasto 2010.)



KUVIO 18. AIS-järjestelmän rakenne

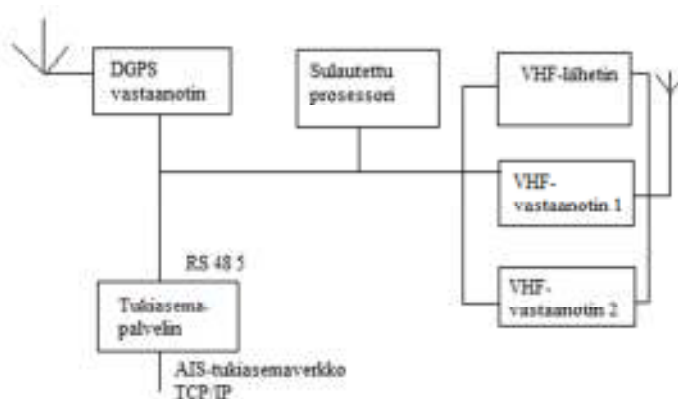
VTS (Vessel Traffic Service) on vuonna 1997 käyttöön otettu AIS-järjestelmän alusliikennepalvelu, joka pyrkii parantamaan merenkulkuturvallisuutta, edistää meriliikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta ja estää onnettomuuksia. VTS-keskuksia on Suomessa viisi, jotka kattavat koko Suomen merialueet. VTS-keskuksessa kerätään tietoa tietyltä alueelta tutkista, valvontakameroista, AIS-laitteista ja VHF-radiosta, ja osa tiedoista syötetään järjestelmään manuaalisesti. Jokainen alus tietyllä VTS-keskuksella piirtää reittiä (track), jotka näkyvät digitaalisen kartalla. Tärkeimmät VTS:n tarkkailemat tiedot ovat aluksen sijainti, kurssi ja nopeus. (Helsingin Satama 2010; Jacobsen 2006). Suomen AIS-järjestelmässä on 31 AIS:n maa-asemaa lähinnä rannikolla, mutta myös sisävesillä (Liikennevirasto 2010).

Kaikki AIS:ssä lähetetty tieto on reaaliaikaista hyvin pienellä viiveellä. Järjestelmä on suunniteltu itsenäisesti toimivina prosesseina SOA-arkkitehtuurin (Service Oriented Architecture) mukaan noudattaen IEC:n AIS-protokollaa.

AIS-järjestelmän protokolla on nimeltään IEC 62320-1, joka määrittelee minimivaatimukset AIS maa-asemien toiminnan vaatimuksille sekä niiden testausmenetelmät. Protokolla on yhtenäinen IMO:n AIS-järjestelmää koskevien vaatimusten kanssa. AIS-järjestelmälle on olemassa aiemmin IALA:n suositus (International Association of Lighthouse Authorities), joka ei välttämättä ole yhteensopiva uuden standardin kanssa, joten järjestelmää on tältä osin jouduttu päivittämään. (IEC 2010).

6.3.1 Aluksen AIS-laitteisto

Veneen AIS-laitteisto koostuu antennista, yhdestä VHF-lähetimestä, kahdesta monikanavaisesta VHF-vastaanottimesta keskusyksiköstä, ja VHF-DSC-digitaaliselektiivikutsulaitteesta, ja vähintään jonkinlaisesta näyttölaitteesta ja mahdollisesta näppäimistöstä tiedon näyttämistä varten. Laite tulee asentaa tutkan tapaan vähintään 1,5 metrin päähän ihmisistä ja noin puolen metrin päähän kompassista. Jos AIS-laitteisto lisätään aluksessa jo olemassa olevaan VHF-järjestelmään, siinä tulee olla DSC-toiminto, niin AIS-ominaisuuden voi hankkia uuteen VHF-puhelimeen integroituna. Yksi toteutus AIS:n integroinnista veneeseen esitetään kuviossa 19.



KUVIO 19. AIS:n paikkatieto

AIS:n paikkatieto saadaan yleensä ulkoisesta vastaanottimesta, kuten esimerkiksi GPS-laitteesta. Muut AIS-tiedot saadaan järjestelmän käyttöön varatuilta VHF-kanavilta. Laitteistosta on esitetty kaaviopiirros kuvassa 19, jossa näkyy AIS-järjestelmän paikkatietojen saaminen VHF- ja DGPS-vastaanottimilta. (IMO 2002.)

AIS-laitteet jaetaan kahteen eri ryhmään, A- ja B-luokan laitteisiin. AIS A-luokan laitteet ovat IMO:n määräyksen mukaisissa kaupallisen ja matkustajaliikenteen aluksissa. B-luokan laitteet eivät ole pakollisia ja niitä käytetään yleensä huviveneissä. B-luokan laitteet ovat muuten samanlaisia vastaanotto-ominauksiltaan kuin A-luokan laitteet, mutta ne eivät päivitä saamiaan tietoja yhtä tiheästi kuin A-luokan laitteet. Päivitysväli on noin puolen minuutin välein nopeuden ollessa alle

14 solmua, ja kolme minuuttia alle kahden solmun nopeudella. Olennaisin ero B-luokan laitteissa on kuitenkin se, että ne eivät lähetä, ne vain vastaanottavat tietoa. Tosin joissakin kalleimmissa B-luokan laitteissa on mahdollisuus ohjelmoida laitteeseen näkyviin VHF-kutsutunnus, veneen nimi ja mitat, jotka näkyvät muille AIS-laitteilla näkyville aluksille. (United States Coast Guard 2010.)

AIS B -luokan laite on pieni, kuten esimerkiksi Raymarinen AIS250-laite, joka on esitetty kuviossa 20, tarvitsee toimiakseen VHF-antennin ja näyttölaitteen, esimerkiksi karttaplotterin monitoiminäytön tai kannettavan tietokoneen, jossa on NMEA 0183 -sisäänmeno ja AIS-yhteensopivuus. Monitoimilaitteissa ohjelmistoversion tulee olla päivitetty sellaiseen versioon, että AIS-tiedot saadaan näyttöpäätteelle. Uusimmissa, vuonna 2010 markkinoille tulleissa laitteissa on USB-liitäntä kannettavaa tietokonetta varten, jolloin veneeseen ei tarvitse välttämättä hankkia kalliita plotterinäyttöjä.



KUVIO 20. Raymarine AIS250-vastaanotin (Raymarine 2010)

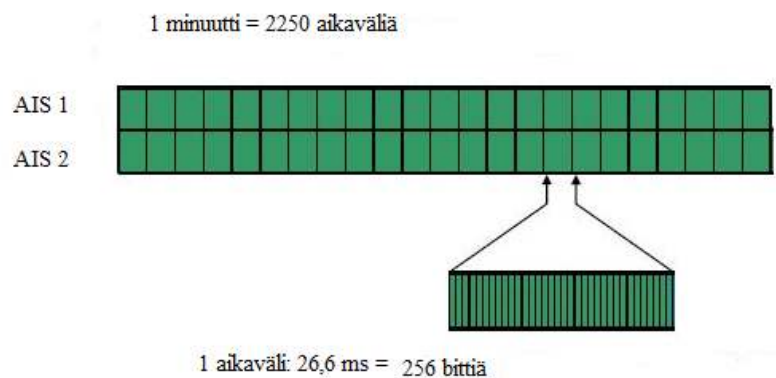
Kaikki AIS-laitteet tarvitsevat maksullisen radioluvan taajuusalueen mukaan. Jos aluksessa on ennestään olemassa tutka tai VHF-radio, AIS-laite liitetään niiden radiolupaan, josta ei peritä maksua erikseen.

6.3.2 AIS-järjestelmän toiminta

AIS-signaalin modulointi tapahtuu 9,6 kb/s:n GMSK FM-moduloinnilla 25 (Gaussian Minimum Shift Keying), joka on on taajuusmodulaation ja vaihemodulaation yhdistävä FSK-tyyppinen (Frequency Shift Keying) modulointimenetelmä. Modulointi voidaan tehdä myös 12,5 kHz:n kanavavälillä HDLC-protokollalla (High-Level Data Link Control). GMSK:ssa lähetettävä bittivirta muuntuu sakaraaaltosignaalien vaihe-eroiksi, ja vaihe-erot suodatetaan Gaussin funktion mukaan

pyöristetyiksi pulsseiksi. GMSK-signaali muodostuu pyöristetystä pulssista taajuusmodulaatiolla. (Backström 2007).

Lähetys AIS-järjestelmässä aikavälien tapahtuu STDMA-tekniikalla (Self-organized Time Division Multiple Access), jotta eri VHF-kanavilta tulevat lähetykset eivät menisi päällekkäin. STDMA:ssa jokainen minuutti on jaettu 2250 aikaväliin, joita radiolaitteet voivat varata käyttöönsä, kuten on esitetty kuviossa 21. Normaali aluksen lähettämä paikan ja liiketilän ilmaiseva viesti mahtuu yhteen 26,7 millisekunnin mittaiseen jaksoon. Minuutin aikana on periaatteessa mahdollista lähettää yhteensä 4500 sanomaa yhdellä radiokantama-alueella. STDMA:n avulla AIS-järjestelmää voidaan ylikuormittaa 400-500 prosenttisesti, ja silti AIS voi tarjota lähes 100% suorituksen 8-10 meripeninkulman etäisyydellä oleville aluksille. (Backström 2007.)



KUVIO 21. AIS:n aikavälien jako

6.4 AIS:n toimintaan vaikuttavia tekijöitä

AIS:n perustana olevan VHF:n kuuluvuuteen vaikuttavat muun muassa antennin pituus ja puhtaus, antennin korkeus merenpinnasta, lähetysteho ja antennin välitön ympäristö. Suuremmalla lähetysteholla kantama on parempi, mutta toisaalta taas alennettu lähetysteho mahdollistaa sen, että samalle kanavalle mahtuu enemmän käyttäjiä. Purjeveneessä VHF-antenniin vaikuttaa sää siten, että tyynessä säässä antennin ollessa paikallaan antennin kuuluvuus on parempi kuin aallokossa ja

tuulella, jolloin antennin voimakas suunta saattaa osoittaa muualle kuin horisonttiin. (Viestintävirasto 2010c.)

Antennien asennuksessa esimerkiksi veneen mastoon on ollut tärkeää huomioida antennikaapelien laatu. Ohuessa antennikaapelissa häviöt ovat saattaneet olla suuria, jolloin VHF-taajuudet ovat kuuluneet huonosti, sen sijaan koaksiaalikaapelin vetäminen antenniin on vähentänyt häviötä. (Viestintävirasto 2010c.)

Sellaisilla alueilla, joilla AIS-liikenne on runsasta, etusijalla ovat kaupallisen liikenteen lähettämät viestit. Tällöin kaupalliset alukset ja VTS-keskukset voivat suodattaa B-luokan laitteille menevät viestit. Kaikkia A-luokan laitteita ei ole päivitetty niin, että B-luokan laitteiden lähettämät viestit näkyisivät täydellisinä. Runsaassa AIS-liikenteessä B-luokan laite voi saattaa lopettaa kokonaan viestien lähettämisen. Erityisissä kriittisissä tilanteissa VTS voi käskä kaikkia huviveneitä tilapäisesti sulkemaan AIS-laitteensa. (Merenkulkulaitos 2007.)

AIS-järjestelmään aiheutuneita häiriöitä on ollut toistaiseksi vaikea jäljittää. Suurimmat häiriöt AIS-järjestelmässä aiheutuvat käyttäjän aiheuttamista häiriöistä, jolloin AIS-laite on esimerkiksi sammutettu pois päältä vahingossa tai tarkoituksella. Suurin osa todetuista häiriöistä kuitenkin johtuu itse laitteesta, ei varsinaisesti järjestelmästä. (Merenkulkulaitos 2007.) Jotkin vanhemmat AIS A -luokan laitteet eivät pysty näkemään uusia AIS B -luokan laitteiden tietoja tai eivät pysty näkemään kaikkia lähetettyjä tietoja (US Coast Guard 2010.)

6.5 AIS- järjestelmän mahdollisuudet

AIS-järjestelmää on mahdollista jatkokehittää muutenkin kuin pelkästään tarjojen tietoa alusten liikkeistä ja sijainnista. IMO:n vaatimukset AIS:n toiminnasta ovat pelkästään vähimmäisvaatimuksia, mutta AIS-järjestelmällä ei ole kuitenkaan missään vaiheessa tarkoituksena välittää suuria määriä tietoja. Mahdollisuutena on tilastollisen tiedon kerääminen muustakin liikenteeseen liittyvästä tiedosta, kuten matkustajamääristä, vaarallisten paikkojen analysoinnista, ja erilaisten alusten ja erilaisen liikenteen käyttämät väylät. (Backström 2007.)

Lisäksi AIS-järjestelmää voisi mahdollisesti käyttää monissa erilaisissa jo olemassa olevissa ja osittain kehitettävissä olevissa sovelluksissa. Esimerkiksi Mobile VTS-palvelussa, jossa normaalisti maissa olevalle VTS-asemalle tulevat tiedot siirretään mobiilille laitteelle. (Jacobsen 2006.) One-man-bridge-sovellus kehittää AIS-järjestelmää niin, että esimerkiksi VTS-keskuksissa toimivat valvojat vapautuvat rutiinitöiltä, ja järjestelmä hälyttää heitä tarvittaessa muilta tehtäviltä. Lisäksi mahdollinen sovellus AIS:lle on myös niin sanottu shore-based pilotage -sovellus eli maista tapahtuva luotsaus. (Ulstein Group 2009.)

7 ELEKTRONISTEN NAVIGOINTILAITTEIDEN KÄYTTÖ PURJEVENEESSÄ

7.1 Selostus laitteiden toiminnan käytännön tutkimisesta

Käytännössä tutkan, GPS:n ja AIS-järjestelmän toimintaa on tutkittu Päijänteellä kesällä 2007 ja 2008, kesällä 2009 Suomenlahdella, syksyllä 2009 ja keväällä 2010 Karibianmerellä sekä vuonna 2010 kesällä usealla eri purjeveneellä ja useilla eri valmistajien laitteilla. Navigointitietojen paikkansapitävyyttä on arvioinut tämän opinnäytetyön tekijä, joka on suorittanut Suomen navigaatioliiton järjestämät saaristo- ja rannikkonavigointitutkinnot, joiden mukaisesti hänellä on ollut riittävät taidot myös perinteisin menetelmin suoritettavaan navigointiin ja riittävät käytännön taidot elektronisten navigointilaitteiden käyttöön.

Laitteiden toiminnan testaamisessa on arvioitu kuhunkin navigointitilanteeseen sopiva navigointilaitte ottaen huomioon vallitsevat sääolosuhteet sekä ympäristö, esimerkiksi se, ollaanko väljillä vesillä, jossa näkyvyyttä on riittävästi kaikkiin suuntiin, vai ollaanko kapealla väylällä, ja toisaalta miten paljon muuta liikennettä vesillä on. Käytännössä GPS-pohjainen navigointi on ollut päällä jatkuvasti, ja AIS-järjestelmä on otettu käyttöön silloin, kun on silmämääräisesti havaittu suuremman aluksen lähestyvän, ja toisinaan AIS-näyttöä on pidetty päällä jatkuvasti. Tutka on käytännössä ollut päällä vain muutaman kerran ääriolosuhteissa.

Käytössä laitteiden antamaa tietoa on aina verrattu navigoijan tulkitsemaan tietoon esimerkiksi sijainnista, joka on määritetty seuraamalla merikorttia koko matka lähtöpisteestä päätepisteeseen. Suuntatieto on saatu perinteisestä merikompassista. Sijaintia on määritelty eri tavoin tekemällä mittauksia ja havaintoja ympäristöstä ja vertaamalla niitä paperisen merikartan tietoihin.

Olennaista eri laitteiden käytön tutkimisessa on ollut se, että kaikissa tilanteissa käytössä on ollut purjevene. Purjehtimisen suunta on harvemmin suoraviivaisesti haluttuun suuntaan. Purjeveneen eteneminen riippuu tuulen suunnasta ja voimakkuudesta, ja tarkka paikannus on ollut tärkeää turhien liikkeiden ja takaisinpaluun vuoksi. Lisäksi purjeveneen reitin suunnittelu on haasteellisempaa kuin moottori-

veneessä, koska purjeveneen syväys rajoittaa valittuja väyliä. Myös itse purjehtiminen, kuten purjeiden trimmaus vie suuremman huomion, joten olennaista on navigoinnin helppo toteutus. Lisäksi huomioon on otettava elektronisten laitteiden ollut tehontarve – purjevenettä käytetään moottorivenettä vähemmän moottorilla, joten akkuja tulee ladata pitämällä moottoria päällä, jos veneessä on muitakin laitteita, jotka vievät tehoa paljon, kuten jääkaappi, lämmitin, sisä- ja ulkovalot.

Navigointitarpeissa on eroja sen suhteen, missä päin maailmaa purjehditaan. Suomen sisävedet ja rannikko ovat matalia, ja pohjan muodot vaihtelevat pienelläkin alueella suuresti, joten navigointi erityisesti väylien ulkopuolella vaatii tarkkuutta. Karibianmerellä syvyyttä on riittävästi joka puolella, mutta veneitä ei juuri koskaan viedä rantaan asti, joten tarkkaan navigointiin lyhyillä päivämatoilla ei ole niin suurta tarvetta.

Virhetilanteita laitteiden venekäytössä esiintyy usein. Koska purjevene on niin vaativa olosuhde elektronisille laitteille, ja vaikuttavia tekijöitä on kosteudesta lähtien niin paljon, että lähes jokaisella purjehduskerralla johonkin laitteeseen on tullut jonkinlaista hetkellistä häiriötä.

7.2 Navigointinäyttöpäätteiden käyttö

Käytännössä tässä opinnäytetyössä on testattu lähemmin Raymarinen E80 -näyttöä sekä Garmin5028 -näyttöjä, jotka ovat uudempia malleja näyttöpäätteistä ja niin ollen niistä löytyy valmiit liitännät mahdollisille myöhemmin lisättäville laitteille. Raymarinen E80 -näyttöön on kytketty sekä GPS-että AIS-palvelut ja GarminGPS-mallissa on ollut käytössä GPS-palvelu. Molemmissa laitteissa on NMEA-liitännät. Nykyiset käytössä olevat näyttöpäätteet ovat kehittyneet vanhemmista malleista niin paljon, ettei niissä esiinny enää sellaisia aiemmin ilmenneitä ongelmia kuin näytön juuttuminen paikoilleen tai kuvan ”pätkiminen”. Kuva päivittyy näytölle joustavasti. Molemmilla näytöillä useimmiten käytettävät palvelut, esimerkiksi näytön zoomauksen muuttaminen ovat olleet helppoja ja yhden näppäimen takana. Näyttöjen resoluutiolla ei ole ollut huomattavaa merkitystä navigoinnin tarkkuuteen.

Molemmissa näytöissä näytön koko on kuitenkin niin pieni, että sille saa näkyviin varsin pienen alueen kerrallaan. Jos näytön tarjoamaa kuvaa verrataan esimerkiksi paperiseen merikarttaan, niin merikartasta saadaan jo yhdellä näkymällä suurempi ja tarkempi näkymä kuin mitä näiden plottereiden näytölle on saatu. Näin ollen pidemmän reitin suunnittelussa ja kokonaiskuvan saamiseksi ympäristöstä ja reitistä paperinen merikortti on ollut korvaamaton.

Käytössä varsinaisen laitenäytön rinnalla on ollut myös erillinen kannettava tietokone Panasonicin Toughbook CF 30 karttaohjelmiseen ja GPS-yhteydellä, joka on ollut veneen kannen alla, ja yhdistettynä wifi-yhteydellä niin sanottu orjalaitteeseen, jota on käytetty navigointiapuna valmiiksi suunnitellun reitin vuoksi. Käytössä on kätevintä, jos kaikkien laitteiden tiedot tulevat samalla näyttölaitteelle. Toisaalta, jos näyttöpäätte rikkoutuu, miltään laitteelta ei saada tietoja. Sekä AIS-että GPS-tietojen saaminen kannettavalle tietokoneelle on mahdollista, mutta käytännössä normaalien kannettavien käyttö on riskialtista ainakin purjeveneessä.

7.3 GPS-järjestelmän toiminta purjeveneessä

Niin kauan kuin GPS-laitteita on ollut olemassa tavallisen kuluttajan saatavilla, laitteita on käytetty myös veneilyssä. Venessä olevat GPS-laitteet ovat joko käsi-GPS-laitteita tai kiinteitä järjestelmiä. Kiinteät GPS-järjestelmät veneessä ovat useimmiten kiinnitetty veneen perään, ja niillä on yleensä ulkoinen antenni, jolla saadaan hyvä signaalien vastaanotto. Venekäytössä yksinkertaisimmat ja halvimmat käsi-GPS-laitteet näyttävät pelkät GPS-koordinaatit eli pituus- ja leveyspiirit, jonka avulla voidaan katsoa veneen sijainti paperiselta merikortilta.

Kalliimmissa GPS-laitteiden malleissa on toimintoina muun muassa etäisyyden laskeminen johonkin pisteeseen, tuloajan ja ajoajan laskeminen. GPS:llä voidaan määrittää suunta ja nopeus, jos tiedetään GPS-laitteen aiempi sijainti. Kahden sijainnin välillä määritellään keskimääräinen suunta ja nopeus. Paikannin voi laskea myös sivuttaisvirheen.

Kalliimpien käsi-GPS-laitteiden näytöllä on myös kartta. Lisäksi GPS-järjestelmää käytetään liittämällä GPS-tiedot veneen merikarttoihin plotterin tai tietokoneen kautta. Suurin osa uusimmista käsi-GPS-laitteista pystyy kommunikoimaan merenkulun sähkölaitteet määrittelevän NMEA 0183 -standardin avulla muiden aluksen laitteiden kanssa, kuten autopilotin, erillisten karttaplotterien ja tietokoneiden kanssa.

GPS-järjestelmissä on myös MOB-toiminto (man over board), jolla voidaan merkata onnettomuustilanteessa putoamiskohdan koordinaatit, joiden perusteella aluksen kapteeni voi ohjata veneen takaisin tähän kohtaan. MOB-toiminto löytyy yleensä kaikista kiinteistä GPS-laitteista, ja kannettavissa laitteissa sijainti luki-taan putoamiskohtaan.

GPS-laite voidaan laittaa näyttämään suuntaa suhteessa joko magneettiseen pohjoiseen tai tosipohjoiseen. Magneettista pohjoisnäyttöä käytetään, jos GPS-laite on käytössä kompassin kanssa ilman karttaa, ja tosipohjoista käytetään silloin kun GPS-laitetta käytetään kartan kanssa.

GPS-laitteiden toiminta purjveneessä vaikuttaa ulkoisesti ongelmattomalta. Rakennukset, korkeat mäet tai vuoret eivät estä satelliittiyhteyttä vastaanottimen ja satelliittien välillä niin kuin esimerkiksi kaupunkiolosuhteissa.

Käytännön kokeilussa GPS-laitteen antamaa suuntaa on verrattu tavallisen kompassin antamaan suuntaan. Lisäksi GPS-laitteiden antamaa paikkatietoa on verrattu merikortilta määriteltyyn sijaintiin joko määrittelemällä sijainti kokonaan perinteisesti, tai etsimällä pituus- ja leveys-suuntien perusteella GPS-laitteen antamaa sijainti ja verrattu sitä GPS-laitteen karttaohjelmassa näyttämään sijaintiin.

GPS-laite näyttää aina suuntaa pohjan suhteen. Suunta ei ole välttämättä aina sama kuin kompassin näyttämä veneen kölilinjan suunta, koska sorto ja veden virtausnopeus vaikuttavat aina veneen kulkusuuntaan, eli GPS-laitteen ja kompassin näyttämien suuntien erot ovat sitä suuremmat, mitä kovempi tuuli tai virtaus paikalla on. Avomeripurjehduksessa, jossa tuulet ovat useammin kovempia, tällä on jo suurempi merkitys suunnan suhteen, joten pelkkä GPS-paikannus ei ole riittävä. Veneen kulkusuunnan muuttuessa uusi suunta GPS-laitteen näytöllä näkyy muu-

taman sekunnin viiveellä. Toisaalta GPS-laite ei myöskään pysty näyttämään luotettavasti suuntaa, jos alus liikkuu alle 3 solmun nopeudella. Purjeveneellä Suomessa liikuttaessa nopeus on hyvin usein alle 3 solmua, ja vastaava nopeus on myös lähestyttäessä satamaa tai muuta paikkaa, jossa on tarpeen harjoittaa erityistä tarkkuutta ja varovaisuutta. Tällaisissa paikoissa GPS-paikannukseen ei välttämättä voi luottaa ainoana menetelmänä. Tuulen huomattavan vaikutuksen vuoksi GPS-laitetta ei voida ainakaan paikannuksessa pitää ainoana välineenä purjeveneessä.

Kuten taulukosta 6 nähdään, kahdella eri GPS-laitteella mitatut sijaintitiedot ovat olleet riittävän yhtenäisiä keskenään. Leveysasteet ovat olleet yhteneväisiä sekuntien osien tarkkuudella (sekunti merkitään koordinaattijärjestelmässä merkillä '''), jossa yksi sekunti on Turun saaristossa tehdyn mittauksen korkeudella noin 30,9 metriä. Sen sijaan leveysasteissa on eroja, mutta tämä voi johtua siitä, että vene on ollut liikkeellä pohjois-eteläsuunnassa, eikä mittaustuloksia ole saatu kirjattua ylös sekunnilleen samalla hetkellä.

TAULUKKO 6. GPS-mittaukset kahdella eri laitteella 5,5 solmun nopeudella

	Käsi-GPS	Kiinteä GPS-laite
Mittaus 1	pituusaste N60°06'39.82', leveysaste E21°38'20.83"	pituusaste N60°06'671.27", leveysaste E21°38'54.754"
Mittaus 2	pituusaste N60°16'41.27", leveysaste E21°46'45.24"	pituusaste N60°16'40.27", leveysaste E21°46'54.24"

Latitudissa yksi kaariminuutti on 1852 metriä, eli koska 0,1' kaariminuuttia on 185 metriä. Latitudit tällä korkeudella ovat 1' = 930 m ja longitudit latitudin 1'', 15 metriä. Sama mittaus saadaan periaatteessa tehtyä merikartalla käyttäen apuna kolmioviivainta, harppia ja kartan sivuilla olevilla reunaviivoilla on asteikot ja mittarit minuutille ja minuutin osille.

Varsinaisia katvealueita GPS-vastaanottimille ei merellä ja veneen kannella pysty syntymään, mutta GPS-vastaanottimen sijoittelu kannen päälle täytyy suunnitella huolella. Hieno tekniikka on pois käytöstä, jos joku istuu vahingossa GPS-vastaanottimen päällä, sen päällä on hetkellisesti saattanut olla jokin esine, sen päältä kävellään tai joku veneessä olija luo hetkellisen katvealueen. Toisaalta tällaisia käyttäjistä riippuvia häiriöitä oppii välttämään kokemuksen kautta.

Käytännön tilanteissa navigointi on jakautunut venettä ohjaavalle sekä toiselle henkilölle, joka tekee havaintoja esimerkiksi paperisesta merikortista. Jos GPS-tietoja antavalle laitteelle ei ole toista näyttöä veneen sisällä, niin alue veneen sisällä on kuitenkin niin suljettu, ettei GPS-tietoja ole saanut esimerkiksi käsi-GPS-laitteeseen. Näin ollen GPS tarjoaa sijaintilukemiaan aina pelkästään veneen kannelta.

Suomalaiset merikartat ovat WGS-84-järjestelmässä, joka on GPS-järjestelmän oletuskoordinaatisto. On kuitenkin otettava huomioon, että suuressa osassa maailmaa, esimerkiksi Karibian pienissä saarivaltioissa, merikartoista vastaavat viranomaiset eivät ole päivittäneet kaikkien karttojen tietoja WG-84-järjestelmään. Tästä syystä navigoinnin suhteen vaikeissa paikoissa ei saa luottaa pelkästään GPS-laitteeseen.

7.4 Tutkan käyttö purjeverneessä

Tutkan käyttö veneessä ei ole useinkaan jatkuvaa, koska purjeverneessä tutka kuluttaa kuitenkin niin paljon virtaa, että pidemmässä käytössä akut saattavat tyhjentyä, ja akkuja tarvitaan veneen muiden sähkölaitteiden käyttöön. Yleensä tutka otetaan käyttöön silloin, kun näkyvyys on huono sateen, sumun, pimeyden vuoksi tai muusta syystä, vaikkakin huonoa näkyvyyttä aiheuttavat tekijät myös heikentävät tutkan kantamaa ja antamia tietoja. Sumussa ei yleensä tuule, mutta silloin purjeverneellä voidaan liikkua moottorilla.

Tutka näyttää muut vesillä liikkuvat alukset, mutta tutkakuvasta on mahdotonta päätellä, missä kulmassa tutkalla näkyvä alus on. Niin ollen aluksen kulkusuuntaa on mahdoton päätellä.

Tutkan toimintaan vaikuttavaa superrekratiota eli ylitaipumista ei käytännössä havaittua, sillä sitä ilmenee meren lämpötilan ollessa Superrefraktio eli ylitaipuminen on vastakkainen ilmiö subfraktiolle. Tutkasignaalit seuraavat maan pinnan muotoja ja tutkan kantama kasvaa. Tämä ilmiö ilmenee silloin, kun meren lämpötila on ilmaa alhaisempi. Ilmiötä esiintyy koko veneilykauden ajan Suomessa.

Esitystavan valitsemisessa kannattaa kiinnittää huomiota muun muassa siihen, että true motion-iikkejä on vaikeaa havaita vastaantulevan aluksen törmäyskurssi. Head up -esitystapa on helpoin, koska se vastaa lähiten todellisuutta ja näkymää myös ilman tutkaa. North up -esitystapa puolestaan antaa paremman käsityksen siitä, mihin suuntaan vene on menossa, joka varsinkin sopii sellaisille purjehtijoille, kelle navigointi on jo tutumpaa.

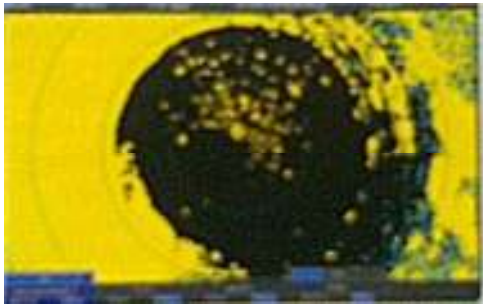
Tutkan käytössä suurimpia ongelmia ovat kuitenkin tuottaneet se, että tutkaa tulee käytettyä niin harvoin, että silloin kun sitä tulisi käyttää, niin tutkan esittämä kuva vaikuttaa ensikertalaisesta hankalalta hahmottaa. Vaikka veneilyä näilläkin keroilla on pyritty välttämään huonolla kelillä, niin jos tutkan käytölle olisi tullut todellista tarvetta, todennäköisesti kaikki navigoijan huomio olisi mennyt pelkäämään tutkakuvan tulkitsemiseen. Koska tutkakuva päivittyy hitaasti, eli se on aina 2-5 minuuttia jäljessä todellisuutta, niin se entisestään tekee hahmottamisesta hankalampaa.

Varsinaisia tilanteita, missä tutkan käyttö olisi ollut ehdottoman välttämätöntä, ovat olleet hetkelliset rankkasateet kapeissa ja matalissa kohdissa mennessä satamaan, kuten esimerkiksi kulku Inkoon Elisaareen sijainnissa. Todennäköisesti sade olisi kuitenkin aiheuttanut suuria häiriötä digitaalitutkan näytölle, ja digitaalitutkan lähitarkkuus ei kuitenkaan olisi riittänyt muutamien metrien levyiselle väylälle. Tällaisessa tilanteessa mikään navigointilaite – muu kuin laajakaistatutka – ei pystyisi antamaan luotettavaa navigointitietoa. Käytännössä tällaisissa tilanteissa ei ole muuta mahdollisuutta kuin pysäyttää kulku ja odottaa parempaa säätä.



KUVIO 22. Kapea väylä Elisaareen sijainnissa N 59°58,75 ' E 23°54,83'

Kuviosta 23 nähdään, että tutkan esittämää kuvaa on mahdotonta lukea silloin, kun sade ja aallot heijastavat kaikuja. Kaiut ovat pieniä pisteitä kuvan 10 keskellä. Tällaisessa tapauksessa on mahdotonta havaita toisen veneen tai merimerkin antama kaiku kaikkien pienten kaikujen lomasta.



KUVIO 23. Kymmenet pienet pisteet tutkakuvan keskellä ovat sateen tai aaltojen heijastamia kaikuja

Kuvion 23 osoittamassa tapauksessa voisi luottaa AIS-järjestelmän antamaan tietoon siitä, että ainakaan suuria aluksia ei edessä olo, toisin sanoen aluksia, joilla AIS-järjestelmä tulee lainsäädännön mukaan olla, mutta pieniä aluksia edessä voi olla siltikin. Tällaisessa tapauksessa ainoa mahdollisuus on laittaa joku veneen miehistöstä tähyttämään aluksen keulaan.

7.5 AIS-järjestelmä käytännössä

Käytössä AIS-tieto on saatu Raymarinen E80-näytölle, jossa on erillinen nappinsa AIS-tietojen vastaanottamiseen. AIS-järjestelmästä on ollut hyötyä kapeilla väylillä, esimerkiksi Suomenlahden alueella kapeilla väylillä, esimerkiksi Helsingin edustalla Suomenlinnaan mennessä. Alueella liikkuu jatkuvasti suuria matkustajaluksia sekä rahtiliikennettä. Syväyksen rajoittamat alukset eivät pysty väistämään pienempiä aluksia, vaan niiden pitää kulkea hyvinkin kapeaa väylää. Kapeissa kulkukohdissa AIS-järjestelmä on ollut todella hyödyllinen siksi, että AIS-järjestelmä pystyy näyttämään esimerkiksi saaren takaa tulevan suuren rahtialuksen, sen nopeuden ja niin sanottu törmäämisajankohdan, jolloin toinen rajoitetun ohjailukyvyyn alus, kuten esimerkiksi purjevene, pystyy suunnittelemaan liikkeenä sen mukaan, että purjevene on mahdollisimman kaukana pois syväyksen rajoittaman rahtialuksen alta. Myös kurssin muuttaminen on ollut mahdollista, jos tuleva alus on pystytty näkemään AIS-näytöllä ennen kuin alus on näkyvissä silmin havaiten. Tutkaan verrattuna AIS on aina tarkka ja tiedot tulevat näytölle aina lähes reaaliajassa muutaman sekunnin viiveellä riippuen AIS-laitteen mallista.

Muiden alusten nopeuden arviointi on vesillä vaikeaa, sillä vesillä liikkussa sekä välimatkat että nopeudet vääristyvät, ja niitä on vaikeaa hahmottaa ihmissilmällä. Joissakin kohdissa signaalia vastaanottava vene saattaa olla juuri tekemässä käännöstä toiselle kahdesta väylästä. Jos signaalia vastaanottava vene saa tietää ajoissa, että suurempi alus ei ole tulossa samalla väylälle, hän voi jatkaa matkaansa rauhassa valitsemaansa väylää. Muussa tapauksessa pienemmän aluksen voi olla tarpeen ajaa esimerkiksi ohi väylien risteämäkohdasta pois suuremman aluksen alta ja palata myöhemmin samaan kohtaan. Näin ollen AIS:n käyttö myös nopeuttaa pienempien alusten matkan edistymistä, koska niiden ei tarvitse tehdä turhia väistöliikkeitä kaiken varalta.

Eräänlainen haitta AIS:n käytössä on ollut se, että ostopäätöksiä AIS:n hankinnasta on tehty pitkälti niiden tietojen varassa, joita on saatu AIS A -järjestelmän käytöstä. A-luokan laite päivittää tietoja jopa kahden sekunnin välein, kun taas B-luokan laitteessa päivitysväli voi olla maksimissaan jopa 30 sekuntia. Tällä aikamäärällä on suuri merkitys tehtäessä päätöksiä veneiden liikkeestä vaikeissa navigointiolosuhteissa. Käytännössä on vaikeaa huomata, millä välillä tieto päivittyy.

AIS-järjestelmän haittapuoliin kuuluu se, että AIS-lähettimeä ei vielä ole kaikilla, joten jos veneen kuljettaja unohtaa tämän asian, ja seuraa tarkasti pelkästään AIS-järjestelmän antamia tietoja, pienemmät alukset ilman AIS-lähetintä voivat jäädä huomaamatta. Tärkein AIS-järjestelmän tarjoama tieto on kuitenkin suurten rah-tialusten AIS-tieto. AIS-järjestelmän hankkiminen veneeseen tulee huomattavasti halvemmaksi kuin tutkan osto, mutta AIS:n toiminta ei kuitenkaan korvaa tutkan toimintaa huonossa näkyvyydessä.

Käytännön apuvälineenä AIS on ollut vähäisessä käytössä, ja sen täyteen potenti-aaliin pääsee varmasti perehtymään vasta vilkkaasti liikennöidyillä väylillä. AIS:n jatkuva käyttö olisi kuitenkin suositeltavaa juuri siitä syystä, että isojakaan aluksia ei välttämättä havaitse ajoissa niiden tullessa saaren tai niemen takaa.

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia kolmeen eri tekniikkaan perustuvaa navigointilaitetta; erilaisia tutkia ja tutkien apuvälineitä, joiden toiminta perustuu radioaalloilla mittaamiseen, GPS-satellittipaikannusta sekä VHF-taajuuksilla toimivaa AIS-järjestelmää. Tarkoituksena oli selvittää, mitä tekijöitä laitteita alukseensa hankkivan henkilön tulee tietää hankkiessaan uusia laitteita alukseensa.

Laitteiden tekniikka on monimutkaista, ja niiden täydellinen käyttö edellyttää myös laitteiden teoriaan ja toimintaan perehtymistä, joka on selitetty kattavasti tässä opinnäytetyössä. Olennaista näiden laitteiden kohdalla olivat laitteistoja koskeva lainsäädäntö, luokittelut ja standardit, jotka on niin ikään koottu kattavasti tähän opinnäytetyöhön. Tutkimuksen pohjalta voidaan kiinnittää huomiota laitteiden hankinnassa ja myynnissä olemassa olevaan laitteistoon ja veneilijän tarpeisiin koskien navigointia.

Opinnäytetyön tekemisen aikana vuosina 2007-2010 käsitellyt laitteet ehtivät kehittyä, kuten myös kokonaiset standardit ehtivät muuttua, niin ikään myös merenkulun lainsäädäntö ja suositukset. Veneen omistajan navigointilaitteiden hankintoja eivät varmastikaan ole helpottaneet Merenkululaitoksen palveluiden jakautuminen kahteen eri laitokseen, ja lisäksi veneiden rekisteröintiä koskevan siirtymäajan loppuminen vuoden 2010 lokakuuhun ovat tehneet pelkästä veneen omistamisesta säädösten, lakien ja tekniikoiden tuntemuksesta työlään kokonaisuuden.

Pääasiallisesti alusten käyttötarkoitus ja -alueet määrittävät navigointivarusteiden tarpeellisuuden tai pakollisuuden. Veneilijän tulee ottaa huomioon navigointivarusteiden hankkiessan ja käyttäessään se, haluaako veneilijä olla pelkästään näkyvissä muille aluksille, vai aktiivisesti nähdä etukäteen tulevat navigointiin vaikuttavat esteet. Veneilijän tulee myös suunnitella etukäteen sitä, millä meri- tai sisävesialueilla hän tulee venettään käyttämään. Kuitenkaan se, että laitteet ovat aluksessa, ei kuitenkaan takaa vielä, että niitä käytetään tai osataan ylipäättään käyttää.

Tärkeä huomioitava seikka uusien laitteiden vanhojen rinnalle tai kokonaan uuden laitteiston hankinnassa on se, että niiden tekniikat ja liitännät ovat keskenään

yhteensopivia. NMEA 2000 -standardi on tällä hetkellä yleisimpiä veneiden elektroniikassa käytössä olevia standardeja, mutta edelleen laitevalmistajilla on omia tekniikoitaan laitteiden välisen siirron välille. Tämä vaatii kuitenkin paneutumista ostotilanteissa, sillä monien laitteiden teknisten tietojen ohjeista voi löytyä lupaus NMEA-yhteensopivuudesta, mutta käytännössä yhteensopivuus tuottaa ongelmia.

Tutka laitteena on perinteinen ja hyvä apuväline, ja se sopii kaikenlaisiin sääolosuhteisiin, vaikka säätekijät muiden muassa aiheuttavatkin sen näyttämään kuvaan häiriöitä. Tutkan suuri etu onkin siinä, että se näyttää kuvaa siitä, mitä veneen edessä on. Tutkaa voisi käyttää nykyisellään enemmän kuin sitä varsinaisesti käytetään – myös näennäisesti hyvissä sääolosuhteissa, sillä yleisesti tutkan käyttö mielletään vaikeisiin olosuhteisiin. Tutkan käyttöön tulisi totutella silloin, kun navigointi on muuten helppoa eikä sää ole huono. Tutkan käytön yksi suurimpia rajoituksia on siinä, että käyttäjä ei osaa lukea sitä. Jos aikoo liikkua vesillä kaikissa sääolosuhteissa, tutka on suositeltava väline veneeseen. Olennaista tutkan hyvydessä ei ole se, että se on mahdollisimman suuri ja kallis, vaan se, että käyttäjä tietää tutkansa ominaisuudet. Jos tutkan vaakakulma ei ole niin pieni kuin parhaimmissa tutkissa, tulee käyttäjän tiedostaa se, ja tietää, että tietyt erilliset maalit näkyvät vasta lähempänä. Myös tutkanäytön vääristymät korjautuvat tullessa lähemmäksi maalia.

Digitaalinen tutka tulee säilyttämään asemansa luotettavana ja laajasti käytettynä elektronisen navigoinnin välineenä myös huviveneissä. Laajakaistatutkan edut ovat niin hyvät verrattuna tällä hetkellä käytössä oleviin digitaalisiin tutkiin niin ominaisuuksiensa kuin hintansankin suhteen, että laajakaistatutkien määrä tulee varmasti kasvamaan hankittaessa laitteita uusiin huviveneisiin. Laajakaistatutka ei pysty korvaamaan täysin perinteisiä tutkia ammattimaisessa merenkulussa, mutta laajakaistatutka tulee varmasti toimimaan perinteisten tutkien rinnalla myös amatillisessa merenkulussa. Sen sijaan huviveneilyssä laajakaistatutka käy hyvin veneen ainoasta tutkasta. Tällä hetkellä laajakaistan käyttöä rajoittaa ilmeisimmin se, että niitä ei vielä ole saatu niin näkyvästi markkinoille, ja toisaalta niiden käyttö huviveneilyssä vaatinee vielä jonkun aikaa tutkimusta niin, että mahdolliset ensimmäisten käytettävien tuotteiden tyypilliset viat saadaan kartoitettua. Tärkein

näistä vioista on laajakaistan herkkyys muiden alusten tutkien aiheuttamille häiriöille.

Tässä opinnäytetyössä GPS-paikannus on käsitelty myös tarkemmin tekniseltä puoleltaan, vaikkakaan normaali käyttäjä ei tarvitse tietoa siitä, mitä on helppokäyttöinen, luotettava, usein tarpeeksi täsmällinen ja laitteena monesti halpa. Lisäksi GPS-paikannus löytyy monista pienemmistäkin laitteista kuten matkapuhelimesta. Sinällään GPS-laitteissa ei ole mitään säteilyhaittaa, ja GPS:n hankinta alukseen on hyvä hankinta. Ainoa vaara GPS:n käytössä on lähinnä siinä, että käyttäjät saattavat luottaa liikaa GPS-laitteen antamiin tietoihin eivätkä luota siihen, mitä itse havainnoivat. GPS:n käytössä tulee muistaa se, että se ei anna tietoa tulevasta niin kuin tutka – siitä, mitä on edessä tai missä muut alukset liikkuvat. GPS-järjestelmään perustuvat laitteet eivät voi korvata kompassia missään tilanteessa. GPS-laskenta on aina teoreettinen laskelma lähtö- ja tulopaikan välisestä suunnasta ja etäisyydestä, joka ei kuitenkaan välttämättä ole sama suunta, mihin alus kulkee.

AIS-järjestelmä on ominaisuuksiltaan ja käytettävyydeltään erinomainen sekä viranomaisten, ammatillisen merenkulun että myös huviveneilyn tarpeisiin, ja järjestelmästä tulee vielä monikäyttöisempi sen kehittyttyä paremmaksi. AIS-järjestelmässä ei ole toistaiseksi havaittu suuria vikoja, joten sitä voi pitää hyvin luotettavana menetelmänä seurata muiden veneiden liikkeitä. Vaikka AIS-laite näyttää muiden alusten liikkeitä, niin kaikissa huviveneilyyn tarkoitetuissa aluksissa ei AIS-laitetta ole.

Kaikkien kolmen järjestelmän toiminta on kiteytetty SWOT-analyysin avulla taulukossa 7.

TAULUKKO 7. SWOT-analyysi

	Tutka	GPS	AIS
Vahvuudet	-sopii huonoihin sääolosuhteisiin -antaa tietoa edessäolevista aluksista ja maastosta	-helposti saatavilla -halpa hinta	-antaa tietoa muiden alusten liikkeistä
Heikkoudet	vaikeakäyttöinen totuttomalle -kallis hinta	- ei tarjoa tietoa siitä, mitä on edessä	-kaikilla ei ole AIS-vastaanottimia/lähettäjiä
Mahdollisuudet	laajakaistatutka	-GALILEO	-käyttö mahdollista suuremmassa mittakaavassa
Uhat	-ei käytetä niin paljon kuin voisi	-SA-signaalin käyttö, suure muutokset ilmakehässä (esim. tulivuorenpurkausten tuhka)	-järjestelmää ei kehitetä

Taulukon 7 mukaan voidaan todeta se, että tietoja edessä olevasta antavat vain tutka ja GPS. Jos laitteiston hankinnassa haluaa päästä mahdollisimman halvalla, GPS on hyvä vaihtoehto, kun taas tutkan hankkiminen alukseen vaatii enemmän rahallista panostusta. Jos haluaa pystyä liikkumaan vesillä kaikissa olosuhteissa, niin tutka on paras vaihtoehto, mutta silloin tutkaa pitää myös osata käyttää.

Yksikään elektronisen navigoinnin apuväline ei sellaisenaan ole täydellisen luotettava, mutta useamman eri laitteen käyttäminen ja yhdistäminen tuo jo parempaa turvaa ja tarkkuutta paikallistamiseen ja muiden alusten liikkeiden havainnointiin. Ihmisen aistihavainnot vääristyvät vesillä, jolloin jokin kohde voi vaikuttaa olevan

lähempänä tai kauempana kuin ne oikeasti ovatkaan. Perinteisten navigointitaitojen osaamista ei tule silti väheksyä. Nimenomaan se, että puhutaan navigoinnin apuvälineistä, kertoo siitä, ettei elektronisten navigointilaitteiden antamaan tietoon pitäisi luottaa sokeasti, eikä ainakaan valita elektronisen laitteen antamaan tietoa ainoaksi oikeaksi tiedoksi, jos ihmisen omat havainnot ovat sen kanssa ristiriidassa. Kaikkien muiden mahdollisten navigointitapojen käyttö ja navigointitietojen vertailu on myös mainittu elektronisten laitteiden ohjekirjoissa. Tässä opinnäytetyössä on lueteltu laitteiden tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä, joiden tunteminen auttaa navigoijaa arvioimaan laitteiden aiheuttamien virheiden syitä, ja onko laitteen antama tieto käyttökelpoista navigointipäätösten tekemisessä. Myös se, että virheiden yleisyys ja vakavuus tiedostetaan, on tärkeä tekijä osoittamassa sitä, että laitteeseen ei tule luottaa, jos ihmisen oma silmä ja päättelykyky kertoo jotakin muuta.

Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että tutka on edelleenkin järkevä valinta sellaisiin aluksiin, joilla liikutaan tuttujen vesialueiden ulkopuolella, vaikkakaan tutka ei ole pakollinen laite missään katsastusluokassa. Uuden tutkan ostajalle laajakaistatutka on harkitsemisen arvoinen laite, mutta sen suhteen ostajan tulisi kuitenkin seurata laitteiden testausta ja toimivuutta jonkun aikaa ennen kuin tekee hankintapäätöksen.

Useimmiten rekisteröityjen ja katsastettujen aluksien laitteistoista löytyvät kaikki kolme tekniikkaa, sillä jokaisessa niissä on ominaisuuksia, joita ei löydy jostakin toisesta laitteesta. Jos vesillä liikkuu pelkästään hyvissä olosuhteissa, pelkillä GPS-järjestelmäänkin perustuvilla laitteilla tulee toimeen hyvin, ja toisaalta pelkkä erillinen GPS-laite on halpa hankinta lähes minkälaiseen alukseen tahansa. Kaikki veneilijät eivät tällä hetkellä näe AIS-laitteen tuomaa hyötyä, joten se on varmastikin vielä toistaiseksi listalla ensimmäinen laite, jonka hankkiminen on helppo karsia pois. Jos tutka jätetään pois veneilijän hankintalistalta, lähes varmasti jokaisesta aluksesta löytyy jokin GPS-laite.

Pelkästään yhdessä navigointilaitteessa tai -tekniikassa riittäisi tutkimuksen ja vertailun aiheita. Tässä opinnäytetyössä onnistuttiin käsittelemään pääperiaatteet kolmesta eri laitteesta ja se, miten ne täydentävät toisiaan.

Jatkotutkimuksen aiheita tarjoaa esimerkiksi AIS-järjestelmä muutaman vuoden sisään, kun se on otettu käyttöön täysivaltaisesti ja sitä on kehitetty riittävästi koko sen käyttöpotentiaaliin asti. Jatkotutkimuksen aiheuta tarjoaa myös Euroopan oman GALILEO-satelliittijärjestelmän GPS-laitteiden toiminta sitä myöten, kun satelliittijärjestelmä saadaan käyttöön.

Aiheena navigointiturvallisuus on aina ajankohtainen, sillä 90 prosenttia maailman kaupallisesta liikenteestä liikkuu meritse, ja liikenteen määrä tuskin tulee vähenemään. Huviveneilyn määrä kasvaa tasaisesti niin Suomessa kuin ulkomailla ihmisten vapaa-ajan ja vaurauden lisääntyessä, ja koska veneen kuljettajien tietämys- ja navigointitaidot ovat tasoltaan hyvin vaihtelevia, elektroniset navigointilaitteet tuovat jonkinlaista turvaa veneellä liikkujien matkan edistymiseen. Huvi- ja kaupallisen veneilyn myötä myös vesillä meripelastuksen tehtävät lisääntyvät.

Perinteisten navigointitaitojen ylläpito on elintärkeää vesillä liikkujan turvallisuuden huomioiden. Yksikään sähköinen navigointilaitte ei toistaiseksi pysty korvaamaan ihmistä – ja vaikka kaikki laitteet yhdistämällä päästäisiinkin kattaviin navigointipäätökseen, aluksen ohjauksesta vastaa silti aina ihminen.

LÄHTEET

Ahtee, T. 2006 GPS tänään ja tulevaisuudessa. Suomen sotilas. [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa:
http://www.suomensotilas.fi/artikkelit_kuinkagpstoimii.php

Anderson, E. 2009. Broadband radar technology delivers improved short-range target resolution, enhanced radar overlay for system compatible with Jeppesen Marine C-map charts [viitattu 30.3.2010].
Saatavissa: http://www.nobeltec.com/Company/pr/pr_09_02_12_4.pdf

Backström, R. 2007. AIS – Alusten automaattinen tunnistusjärjestelmä [viitattu 14.3.2010]. Merenkululaitos. Saatavissa:
http://www.eis.fi/tapahtumat/2007/RISS/16052007/AIS_FI_2007.pdf

Betke, K. 2001. The NMEA 0183 Protoco [viitattu 17.2.2011] Saatavissa:
<http://www.tronico.fi/OH6NT/docs/NMEA0183.pdf>

Comyns, P. 2009. Northstar introduces the BR24 Broadband Radar [viitattu 19.4.2010]. Saatavissa:
<http://www.northstarnav.com/upload/Northstar/Documents/News/Northstar-BR24-Press-Release-021209-1.pdf>

Ekblad, J. 2008. Tutkakirja. Saarijärvi: Multikustannus.

Finlex 2010. Vesiliikennelaki 20.6.1996/463. Valtion säädöstietopankki. [viitattu 19.10.2010] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960463>

Garmin 2010. AIS 600 -ohjeet [viitattu 6.9.2010]. Saatavissa:
http://www8.garmin.com/manuals/AIS600_FIohjeet.pdf

Geodeettinen laitos. 2008. [viitattu 1.4.2010] Saatavissa:

<http://www.fgi.fi/~mp/tiedostot/signaalinkulku.pdf>

European Space Agency. 2009. What is Egnos? [viitattu 1.4.2010] Saatavissa:

http://www.esa.int/esaNA/GGG63950NDC_egnos_0.html

Helsingin satama. 2010. VTS – vessel traffic system. [viitattu 1.4.2010] Saatavis-

sa: <http://www.portofhelsinki.fi/default.asp?docId=16517>

Huhtinen M & Hyttinen J. 2003. GPS ja muut paikannusjärjestelmät, Virtuaali

AMK [viitattu 14.3.2010]. Saatavissa:

<http://www.ncp.fi/koulutusohjelmat/metsa/PaikkatietoWWW/paikannus/paikannusjarjestelmat.html>

IEC. 2010. IEC 62320-1 [viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: [http://www.iec.ch/cgi-](http://www.iec.ch/cgi-bin/procgi.pl/www/iecwww.p?wwwlang=english&wwwprog=cated.p&progdb=db1&wartnum=37701)

[bin/procgi.pl/www/iecwww.p?wwwlang=english&wwwprog=cated.p&progdb=db1&wartnum=37701](http://www.iec.ch/cgi-bin/procgi.pl/www/iecwww.p?wwwlang=english&wwwprog=cated.p&progdb=db1&wartnum=37701)

Inside GNSS. 2006. Japan's GPS Augmentation Systems Gets MTSAT-2. Gib-

bons Media and Research LLC [viitattu 21.4.2010]. Saatavissa:

http://www.insidegnss.com/node/107#Baseband_Technologies_Inc_

International Maritime Organization. 2002. Guidelines for the onboard operational

use of shipborne automatic identification Systems (AIS) [viitattu 14.3.2010]. Saa-

tavissa:

[http://portal.fma.fi/portal/page/portal/fma_fi/merenkulun_palvelut/liikenteen_ohjaus/alusliikennepalvelut/ais/A.917\(22\).pdf](http://portal.fma.fi/portal/page/portal/fma_fi/merenkulun_palvelut/liikenteen_ohjaus/alusliikennepalvelut/ais/A.917(22).pdf)

International Maritime Organisation. 2010. GMDSS – Frequently Asked Ques-

tions [viitattu 28.7.2010]. Saatavissa:

http://www.imo.org/Safety/index.asp?topic_id=390

International Telecommunication Union. 2011. Recommendation V.11. [viitattu 28.2.2011] Saatavissa: <http://www.itu.int/rec/T-REC-V.11/en>

Jacobsen, M. 2006. Mobile VTS. Norja: Ostfold University College. [viitattu 31.10.2010] Saatavissa:

<http://www.ia.hiof.no/~gunnarmi/bachelors/jakobsen2006mvt.pdf>

Johnston, R. What's the position. Yachting World 5/2010. Lontoo: IPC Inspire.

Joint Research Centre. 2010. Regulating Air Emissions from Ships - The State of the Art on Methodologies, Technologies and Policy Optionsin sanottu Euroopan komissio. [viitattu 28.2.2011] Saatavissa:

<http://ec.europa.eu/dgs/jrc/index.cfm?id=2540>

Juuri-Oja, H. 2009. Navicon laajakaistatutka. Vene 6/09. Helsinki: Yhtyneet kuvalehdet.

Kairikko, K. 2009. Läheltä, tarkasti ja turvallisesti. Venemestari 5/09. Helsinki: iO Kustantajapalvelut Oy.

Kivinen, P. 2005. Radiolinkit ja antennit. Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitos, opetusmateriaali.

Klemola, O & Lehto, A. 1999. Tutkatekniikka. 2. korjattu painos. Otatieto Oy. Helsinki: Hakapaino Oy.

Koivula, P. 2009. Meriliikenteen valvonta automatisoituu. Automaatioväylä [viitattu 25.6.2010]. Saatavissa: <http://www.merikotka.fi/metku/meriliikenteen.pdf>

Kopacz, W & Morgas, J. 2001. The Maritime Safety System, its Main Components and Elements. The Journal of Navigation, Volume 54. Cambridge University Press.

Linden, L, Knutsen, A & Inkinen, A. 2007. Valitse plotteri tulevaisuutta ajatellen. Vene 3/2007. Helsinki: Yhtyneet kuvalehdet.

Linden, L. 2010. Tutka puhkoo sumun ja pimeään. Vene 4/2010. Helsinki: Yhtyneet Kuvalehdet.

Liikennevirasto. 2007. AIS-tunnistusjärjestelmä ei takaa huviveneiden näkyvyyttä [viitattu 15.3.2010]. Saatavissa:

http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi/tiedotteet/2007/20070810

Liikennevirasto 2010 a. AIS-alusten automaattinen tunnistusjärjestelmä [viitattu 14.3.2010]. Saatavilla:

http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi/merenkulun_palvelut/liikenteen_ohjaus/alusliikennepalvelut/ais

Liikennevirasto 2010 b. Liikennevirasto aloittaa toimintansa 1.1.2010. [viitattu 31.7.2010]. Saatavissa:

http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi/tiedotteet/2009/20091229Liikennevirasto_aloitustiedote

Liikennevirasto 2010 c. Radionavigaatiopalvelut [viitattu 4.8.2010]. Saatavissa:

http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi/merenkulun_palvelut/liikenteen_ohjaus/radionavigointi

Liikennevirasto 2010 d. Ulkomaan meriliikenteen kuukausitilasto tammikuu – heinäkuu 2010 [viitattu 2.9.2010]. Saatavissa:

http://portal.fma.fi/portal/page/portal/fma_fi/tietopalvelut/tilastot/tilastotaulukot/ulkoamaan_meriliikenne/kktilasto/mlt_kk_1007.pdf

Liikennevirasto Trafi Merenkulku. 2010. Saatavissa:

http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi.

Löfgren, K. 2004. Veneilijän merenkulkuoppi II. 7. painos. Suomen Navigaatioliiton julkaisusarja. Helsinki: Yliopistopaino.

Maistraatti. 2010. Venerekisteritietojen tarkistusaika päättyy syksyllä [viitattu 2.9.2010]. Saatavissa: <http://www.maistraatti.fi/fi/Ajankohtaista/Vene-vesille-kevaaksi/>

Maanmittauslaitos a. 2010. Koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät [viitattu 30.3.2010]. Saatavissa: http://www.maanmittauslaitos.fi/Tietoa_maasta/Kartoitus/Koordinaatti_ ja_korkeusjarjestelmat/

Maanmittauslaitos b. 2010. GPS-mittaus. [viitattu 1.4.2010] Saatavissa: <http://www.maanmittauslaitos.fi/default.asp?id=929>

McEwen, T. 2006. Boater's Pocket Reference. Colorado USA: Anchor Cove Publishing Inc. First Edition, 3rd printing revised.

Merenkululaitos. 2006. Merenkulun turvallisuuden hallinta. Helsinki: Merenkululaitoksen julkaisuja [viitattu 28.7.2010]. Saatavissa: http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi/tietopalvelut/julkaisut/julkaisusarjat/2006/Merenkulun_turvallisuuden_hallinta_6_2006.pdf

Merenkululaitos. 2007. AIS-tunnistusjärjestelmä ei takaa huviveneiden näkyvyyttä [viitattu 30.3.2010]. Saatavissa: http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi/tiedotteet/2007/20070810

Miettinen, S. 2006. GPS-käsikirja. Genimap. Porvoo. 3. painos.

Mäkinen, E a. 2010. Kolmen konstin kompassit. Vene 8/10. Helsinki: Otavamedia Oy

Mäkinen, E b. 2010. AIS tulee, oletko valmis? Vene 8/10. Helsinki: Otavamedia Oy

Nobeltec 9.3 Navigation Software User's Guide. Jeppesen Marine.

Niskanen, V. 2003. Vinkkejä GPS:n käyttöön veneilyssä [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <http://pbk-pvk.fi/loki/1999/2/gps.htm#gpstarkkuus>

NMEA. 2001. The NMEA 0183 protocol. NMEA.

NMEA. 2010. [viitattu 3.9.2010] Saatavissa: www.nmea.org

Poutanen, M. 1999. GPS-paikanmääritys. URSA. Helsinki. 2. painos

Poutanen, M. 2004. GPS:n uudet haasteet [viitattu 7.7.2010]. Saatavissa: http://www.maankaytto.fi/arkisto/mk304/mk304_51_poutanen.pdf.

Raymarine. 2010. Laitteiden tuotesivusto [viitattu 21.4.2010]. Saatavissa: <http://www.raymarine.com>.

Rissanen, V. 2006. GPS-tietoutta. Tampereen navigaatioseura [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <http://www.tampereennavigaatioseura.fi/artikkelit/gpstietoutta.shtml>.

Sea-me. 2010. [viitattu 31.3.2010] Saatavissa: <http://www.sea-me.co.uk/>

Suomen purjehtijaliitto ry. 2010. Saatavissa: <http://www.purjehtija.fi>

Suomen Veneilyliitto ry. 2010. Katsastusluokat. Saatavissa: <http://www.veneilyliitto.fi/cms/index.php?get=/veneilijoille/luokat> [viitattu 2.9.2010].

Turner, J. 2009. Which reflector works best? Sailing Today 9/2009. Kent, UK: Dovetail Services.

Ulstein Group. 2009. One man bridge operaiton. [viitattu 31.10.2010] Saatavissa: http://www.ulsteingroup.com/Kunder/ulstein/cms66.nsf/pages/newslista.htm?open&disp_key=C19ABF72B8B44396C1257582004FDEB1.

US Coast and Guard Navigation Centre. 2010. US Department of Homeland Security [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: <http://www.navcen.uscg.gov/Default.htm>.

Vermeer, M. 2009. Navigoinnin menetelmät – Maa 6.3285. Teknillinen korkeakoulu, Maanmittaustieteiden laitos. [viitattu 31.3.2010]. Saatavissa: http://users.tkk.fi/mvermeer/nav_fi.pdf

Viestintävirasto a. 2004. Meri-VHF-kanavien käyttötarkoitukset Suomessa [viitattu 30.3.2010]. Saatavissa: http://www.ficora.fi/attachments/suomimq/1156442572870/Meri-VHF-kanavien_kayttotarkoitukset.pdf.

Viestintävirasto b. 2010. Radiotaajuudet [viitattu 14.3.2010]. Saatavissa: http://www.ficora.fi/index/viestintavirasto/asiakastiedotteet/radiotaajuudet/2009/P_10.html.

Viestintävirasto c. 2010. Rannikkolaivurin VHF-radioliikenneopas [viitattu 26.3.2010]. Saatavissa: http://www.ficora.fi/attachments/suomiry/1156442766198/Rannikkol__radiol.opas_2010_web150210.pdf.

Viestintävirasto d. 2010. Meri-CVHF-liikenne [viitattu 31.10.2010] Saatavissa: <http://www.ficora.fi/index/luvat/tutkinnotjatodistukset/meriradio/merivhf.html>

LIITTEET

LIITE 1/1 - MERENKULKUUN LIITTYVIEN TERMIEN SELITYKSIÄ

Eranto

Kompassin virhe, joka johtuu maan magneettikentästä.

Leveyspiiri eli latitudi

Koordinaattijärjestelmässä mitataan päiväntasaajalta pohjoiseen tai eteläänpäin.

Magneettinen pohjoinen

Magneettinen pohjoinen ei ole Pohjoisnavalla vaan Kanadan arktisen saariston pohjoisessa noin 1000 km päässä pohjoisnavasta. Magneettinen pohjoinen liikkuu 40 kilometriä vuodessa pohjoiseen.

Maininki

Merren aaltoilu, jonka synnyttänyt tuuli ei enää puhalla.

Meripeninkulma, merimaili

Pituusyksikkö, 1852 metriä. Leveysasteen kuudeskymmenesosa eli kaariminuutti.

Rajoitettu ohjailukyky

Alus, jonka ohjailukyky on rajoitettu, tarkoittaa alusta, joka työnsä luonteen rajoittaman ohjailukykyyn takia ei voi ohjaillla näiden sääntöjen vaatimusten mukaan eikä näin ollen kykene väistämään muita aluksia.

Pituuspiiri eli longitudi

Koordinaattijärjestelmässä mitataan nollapituuspiiriltä Greenwichistä itään tai länteen.

LIITE 1/2

Solmu

Nopeusyksikkö, tarkoittaa meripeninkulmaa tunnissa. 1 solmu on 1,852 km/h eli 0,5144 m/s.

Sorto

Tuuli ja merenkäynti aiheuttavan sortoa, joka riippuu tuulen voimakkuudesta, aluksen nopeudesta, kulkusuunnan ja tuulensuunnan välisestä kulmasta sekä aluksen ulkoisista ominaisuuksista.

Syväys

Syväys tarkoittaa laivan tai veneen rungon alimpien kiinteiden rakenteiden (yleensä kölin tai peräsimen) etäisyyttä vedenpinnasta.

Tosisuunta

Karttaan piirretty reitin suuntaviiva

