

Metropolia Ammattikorkeakoulu  
Maanmittaustekniikan koulutusohjelma

**Anne Rauvola**

**Merikartoitusprosessin laadunhallinnan analyysi**

Insinööri työ 25.4.2010

Ohjaaja: päällikkö Maarit Mikkelsen  
Ohjaava opettaja: yliopettaja Vesa Rope

Tekijä Otsikko	Anne Rauvola Merikartoitusprosessin laadunhallinnan analyysi
Sivumäärä Aika	55 sivua 27.4.2010
Koulutusohjelma	maanmittaustekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaaja Ohjaava opettaja	päällikkö Maarit Mikkels­son yliopettaja Vesa Rope
<p>Tämän insinööri­työn aiheena oli laadunhallinnan analyysi merikarttojen valmistusprosessissa. Työn tavoitteena oli etsiä ja analysoida merikartoitusaineistossa usein esiintyviä virheitä. Virheitä syntyy merikartoituksen eri työvaiheissa, ja mitä aikaisemmin virheet saadaan korjattua, sitä sujuvammin ja nopeammin merikarttojen valmistus etenee. Ongelmaksi oli koettu virheiden havaitseminen vasta karttojen lopputarkastuksessa. Merikarttojen valmistusprosessia on tarkoitus kehittää analyysin pohjalta niin, että virheet korjataan jo prosessin alkuun sijoittuvassa editointivaiheessa. Lopputuloksena on suoravii­vainen ja tehokkaampi merikarttojen valmistusprosessi.</p> <p>Merikartoitusprosessissa syntyvien toistuvien aineistovirheiden etsimiseen käytettiin kahta erilaista aineistotyyppiä. Aluksi tutkittiin painettujen merikarttojen muovitulosteita, joihin tarkastuksessa oli merkitty virheiden korjauspyyntöjä. Toinen analysoitava aineistotyyppi oli elektronisten merikarttojen tarkastuksessa tehdyt pöytäkirjat. Tutkimustyön analyysin tukena käytettiin liikenneviraston työntekijöiden kanssa käytyjä vapaamuotoisia keskusteluja.</p> <p>Tuloksista ilmeni, että virheiden korjauspyynnöt olivat hyvin samankaltaisia painettujen muovikarttojen ja elektronisten merikarttojen tarkastuksessa tehtyjen pöytäkirjojen kanssa. Pöytäkirjoissa virheiden korjauspyyntöjä oli kuitenkin huomattavasti enemmän. Merikarttojen lopputarkastuksessa käytetään erilaisia työkaluja, joiden käyttö jo karttojen valmistusvaiheessa olisi suotavaa.</p>	
Hakusanat	Liikennevirasto, merikartoitus, laadunhallinta

Author Title	Anne Rauvola An analysis of the quality management in making nautical charts
Number of Pages Date	55 27 April 2010
Degree Programme	Land Surveying
Degree	Bachelor of Engineering
Instructor Supervisor	Maarit Mikkelsen, MSc Vesa Rope, Principal Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to find out the most common mistakes that occur in the process of making nautical charts, and to analyse them in order to improve the process and discover the mistakes early in the process. The earlier the mistakes are discovered, the sooner the charts can be published. The problem has been that mistakes have usually only been found when inspecting the completed chart.</p> <p>During the final year project, recurrent mistakes were found by studying two types of materials: plastic chart prints made of paper charts, and electronic navigation chart records. Furthermore, the personnel of the maritime department of the Finnish transport agency was interviewed. The results of this study indicate that the mistakes in the plastic charts and in the electronic navigation chart records were similar, except for the fact that the records had significantly more mistakes.</p> <p>The different methods for the development of the process of editing nautical charts presented in this thesis give the maritime department several options to improve the process of making charts.</p>	
Keywords	Finnish Transport Agency, nautical charts, quality management

# Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Termistö

<b>1 Johdanto</b>	<b>7</b>
<b>1.1 Työn rakenne ja käytetyt menetelmät</b>	<b>7</b>
<b>1.2 Merenkulkulaitoksesta liikennevirastoon</b>	<b>8</b>
<b>2 Merikartoitustoiminta Suomessa</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Merenkulkua säätelevät normit</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Merikarttatuotteet Suomessa</b>	<b>11</b>
<b>2.2.1 Painetut merikartat</b>	<b>13</b>
<b>2.2.2 ENC-karttajärjestelmät</b>	<b>15</b>
<b>2.3 ENC:lle asetetut tekniset vaatimukset</b>	<b>19</b>
<b>3 Tiedonhallinta ja tietojärjestelmät</b>	<b>20</b>
<b>4 Merikarttatiedon hallinta</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Suunnitelmalliset prosessit</b>	<b>22</b>
<b>4.1.1 Merenmittaus</b>	<b>23</b>
<b>4.1.2 Merenmittaustiedon ylläpito</b>	<b>24</b>
<b>4.1.3 Syvyysaineiston yleistäminen merikartoille</b>	<b>25</b>
<b>4.1.4 Rantaviivan uusiminen</b>	<b>27</b>
<b>4.1.5 Maastotiedon uusiminen</b>	<b>28</b>
<b>4.2 Muutostietoprosessi</b>	<b>29</b>
<b>4.2.1 Muutostiedon vastaanotto ja analysointi</b>	<b>30</b>
<b>4.2.2 Muutostiedon käsittely tietokantaan ja oikaisukartalle</b>	<b>30</b>
<b>4.2.3 Tiedottaminen</b>	<b>31</b>
<b>4.2.4 Muutostiedon vienti tuotteille ja arkistointi</b>	<b>31</b>
<b>5 Laadunhallinnan nykytila ja menetelmät</b>	<b>33</b>
<b>5.1 Datavirheiden kartoitus prosessin eri vaiheissa</b>	<b>33</b>
<b>5.1.1 Rantaviivan uusiminen</b>	<b>33</b>
<b>5.1.2 Syvyystiedon uusiminen</b>	<b>34</b>
<b>5.1.3 Maastotiedon uusiminen</b>	<b>36</b>
<b>5.2 FME-tarkastukset</b>	<b>37</b>
<b>5.3 Tarkastus</b>	<b>38</b>
<b>6 Merikartoitusprosessissa toistuvien virheiden tutkimus</b>	<b>41</b>
<b>6.1 Painetuilla kartoilla toistuvat virheet</b>	<b>41</b>
<b>6.2 ENC-pöytäkirjoissa usein toistuvat virheet</b>	<b>44</b>

<b>7 Virheiden analysointi</b>	<b>50</b>
<b>7.1 Painetut merikartat</b>	<b>50</b>
<b>7.2 ENC-pöytäkirjat</b>	<b>51</b>
<b>Lähteet</b>	<b>53</b>

## Termistö

ENC	Elektroninen merikartta
ECDIS	<i>Electronic Chart Display and Information System.</i> Elektroninen karttanäyttö- ja tietojärjestelmä.
IMO	<i>International Maritime Organization.</i> Kansainvälinen merenkulkujärjestö.
SOLAS	<i>Safety of Life at Sea.</i> Kansainvälinen sopimus ihmishengen turvaamisesta merellä
S-57	Digitaalisten merikarttatietojen siirtostandardi
S-58	<i>Recommended ENC validation checks.</i> Digitaalisten merikarttojen laadunvarmistukseen liittyvä standardi
S2	Merikartoituksessa syvyyspiste- ja 3D-rasterikuvista käytetty termi
monikeilainluotaus	Merenmittausmenetelmä, jolla saadaan peittävää tietoa merenpohjan muodoista
kaikuharaus	Merenmittausmenetelmä, jolla veden syvyys määritetään kaikuluotaimen lähettämän ja pohjasta takaisin heijastuneen kaikupulssin perusteella
nSector	Painettujen merikarttojen hallintaa ja ylläpitoa varten luotu ohjelma
Mercatorin projektio	Oikeakulmainen lieriökarttaprojektio, joka on käytössä Liikenneviraston Merikartoituksessa

# 1 Johdanto

Liikennevirasto laatii sekä ylläpitää merenkulussa tarvittavia merikarttoja. Karttojen tiedot varastoidaan keskitetysti merikarttatietokantaan Katiskaan. Tiedot saadaan useasta eri rekisteristä, mutta niiden tietosisällöissä saattaa olla epäloogisuuksia, minkä vuoksi aineisto harmonisoidaan loogiseksi kokonaisuudeksi. Merikarttatietokannan tietoja pidetään jatkuvasti ajan tasalla.

Tämän työn tarkoituksena on etsiä ja analysoida merikartoitusprosessissa havaittavia datavirheitä. Työ ei käsittele koko merikartoitusprosessia, vaan keskittyy merikarttatietokannan tiedoissa ilmeneviin epäkohtiin. Merikarttojen julkaisuprosessi saadaan sujuvammaksi ja nopeammaksi virheettömän tiedonhallintajärjestelmän ja laadukkaan merikarttatiedon avulla.

## 1.1 Työn rakenne ja käytetyt menetelmät

Työn toisessa luvussa esitellään merikartoitusta sääteleviä normeja sekä kerrotaan merikarttojen valmistuksesta. Kolmannessa luvussa käsitellään tiedonhallintaa ja tietojärjestelmiä. Neljännessä luvussa esitellään merikartoitustietojen päivittämistä. Nämä voidaan jakaa hitaisiin, suunnitelmallisiin ja laajamittaisiin aineistojen uusimisiin sekä nopeisiin muutostietojen päivittämisiin. Viidennessä luvussa perehdytään laadunhallinnan nykytilaan ja laadunhallinnassa käytettäviin menetelmiin. Kuudennessa luvussa analysoidaan merikartoitustiedoissa usein toistuvia virheitä ja seitsemännessä luvussa pohditaan, miten näitä virheitä voitaisiin jatkossa vähentää.

Merikarttatiedonhallintajärjestelmässä esiintyvien virheiden korjauspyynnöt kirjataan karttojen lopputarkastuksessa hieman eri tavoin riippuen siitä, onko kyseessä elektroninen vai painettu merikartta. Elektronisen merikartan tapauksessa korjauspyynnöt kirjataan pöytäkirjoihin, painetuille kartoille tulevat korjauspyynnöt kirjoitetaan kyseisen kartan muovitulosteelle marginaaliin. Tässä työssä tutkittiin sekä elektronisen merikartan pöytäkirjoja että painettujen karttojen muovitulosteita. Lisäksi työn analysoinnin tukena käytettiin Merikartoituksessa työskentelevien henkilöiden kanssa käytyjä vapaamuotoisia keskusteluja.

## 1.2 Merenkululaitoksesta liikennevirastoon

Merenkululaitos on turvannut Suomen aluevesien navigointia yli 300 vuoden ajan. Vuoden 2010 alusta lähtien Merenkululaitos on ollut muutosten edessä, sillä sen väylätoiminnot yhdistyivät Liikennevirastoon Ratahallintokeskuksen sekä Tiehallinnon keskushallinnon kanssa. Liikennevirasto on liikenne- ja viestintäministeriön alainen virasto, jonka tehtävänä on turvata liikenteen palvelutasoa ja kehittää valtion hallinnoimia liikenneväyliä sekä edistää liikennejärjestelmän toimivuutta, turvallisuutta ja kestävästä kehitystä (1).

Merenkululaitoksen nimi siirtyi historiaan liikennehallinnon uudistuksen myötä, mutta Liikenneviraston Meriosaston tehtävänä on edelleen kauppamerenkulun ja muun vesiliikenteen turvaaminen ja kehittäminen Suomessa. Meriosaston tehtäviin kuuluu myös vastata väylänpidosta ja merikartoituksesta sekä talvimerenkulun avustamisesta. Lisäksi Meriosasto huolehtii meriliikenteen ohjauksesta ja luotsauksen viranomaistoiminnasta. (2.)

Laivan kannelta ei nähdä suoraan meren pohjaan, joten tiedot meren pohjan topografiasta saadaan merikartasta. Navigoijan täytyy pystyä luottamaan kartan paikkansapitävyyteen. Liikennevirasto vastaa siitä, että kaikilla Suomen laiva- ja veneväylillä merikartatiedot ovat luotettavia ja ajantasaisia. Painetut merikartat pidetään ajan tasalla kymmenen päivän välein ilmestyvien Tiedonantoja merenkulkijoille -lehden avulla ja elektroniset merikartat päivityspalvelun kautta. (3.)

Liikenneviraston Meriosaston tehtävänä on turvata merenkulkua Suomessa valmistamalla ajantasaisia ja luotettavia merikarttoja merenkulkijoille. Merikartoitusvastuualue muodostuu neljästä yksiköstä. *Merikartoitustietojen ylläpitoyksikkö* kokoaa ja ylläpitää erilaisia merikartoitustietoja. *Merikarttayksikön* tehtävänä on suunnitella, kehittää ja tilata merikarttatuotteita sekä valvoa niiden käyttöä. Merikarttayksikkö huolehtii merikartta-aineiston jakelusta ja standardoinnista sekä muutostietojen kokoamisesta ja tiedottamisesta. Yksiköllä on kansainvälistä yhteistyötä merikartta-aineiston jakelussa ja tiedottamisessa. Samassa yhteydessä toimii myös sotilasmerikarttayksikkö, jonka tehtävänä on sotilasmerikarttojen suunnittelu ja toteutus. *Merenmittausyksikön* vastuulla on merenmittauksen ja geodeettisten mittausten hankkiminen ja yleinen ohjeistus sekä mit-



tausmenetelmien hyväksyminen. Myös merenmittaustoiminnalla on kansallista ja kansainvälistä yhteistyötä. *Sisävesiyksikkö* huolehtii sisävesialueiden merikartoitustehtävistä yhteistyössä muiden yksiköiden kanssa. (4.)

## 2 Merikartoitustoiminta Suomessa

### 2.1 Merenkulkua säätelevät normit

Merikartoitus on lakisääteistä toimintaa. Kansainvälisten määräysten mukaan laivoilla täytyy aina olla ajan tasalla oleva virallinen merikartta. Sopimukset velvoittavat lisäksi valtiot järjestämään merikartoituspalvelut alueillaan. Tähän kuuluu esimerkiksi merivaeroitusten antaminen sekä merikarttojen jatkuva päivityspalvelu.

Merikarttojen käyttöä ja niiden valmistusta ohjataan erilaisilla kansainvälisillä sopimuksilla. Näin pyritään takaamaan turvallisuus merellä. Näistä huolehtii pääasiassa YK:n alainen organisaatio International Maritime Organization (IMO). IMO:n päätavoite on kehittää ja hyväksyä kansainvälisiä määräyksiä tai sääntöjä turvallisen ja tehokkaan meriliikenteen ja puhtaiden merien takaamiseksi. IMO:n toiminta perustuu suurimmaksi osaksi sen alaisuudessa toimivien erilaisten komiteoiden päätöksiin. Organisaatioon kuuluu 167 eri maan jäsentä, jotka edustavat valtioita yleensä kunkin valtion merenkulkuviranomaisen kautta. (5.)

SOLAS-yleissopimus (kansainvälinen yleissopimus ihmishengen turvallisuudesta merellä) on yksi tärkeimpiä kauppamerenkulkua säätelevistä kansainvälisistä sopimuksista. Se sai alkunsa Titanicin uppoamisen jälkeen vuonna 1929, kun ensimmäiset kansainväliset ihmishengen turvaamista merellä käsittelevät standardit astuivat voimaan. (6.)

SOLAS-säännöstöön on vuosien mittaan tehty lukuisia muutoksia, mutta sen päättehtävä on edelleenkin säädellä kansainvälisessä liikenteessä olevien alusten perusturvallisuusasioita, kuten laivan vakautta, paloturvallisuutta, navigointia ja merenkulun turvatoinenpiteitä. SOLAS myös vaatii, että laivoissa on oltava ajantasaiset merikartat. Aluksen kölinlaskupäivämäärä määrittää siihen sovellettavan SOLAS-säännöksen version. IMO:n sopimusvaltiot ovat sitoutuneet sisällyttämään SOLAS-vaatimukset omaan lainsäädäntöönsä. (6.)

IMO:n keskeisimpiä säännöstöjä on myös kansainvälinen yleissopimus alusten aiheuttaman meren pilaantumisen ehkäisemisestä (MARPOL). Tämä erilaisista artikloista

koostuva sopimus säätelee merenkulun ympäristönsuojelua maailmanlaajuisesti määrittämällä erityyppisistä lasteista ja laivojen käytöstä aiheutuvia haitallisia päästörajoja. MARPOL 73/78 -yleissopimuksen säännöstöä kehitetään IMO:n meriympäristön suojelukomitean kokouksissa. (7.)

IHO (International Hydrographic Organization) on hallitusten välinen konsultoiva ja tekninen organisaatio, joka koostuu alueellisista komissioista ja työryhmistä. Se aloitti toimintansa 1921 tarkoituksenaan edistää merenkulun turvallisuutta ja merellisen ympäristön suojelua. Järjestön tavoitteena on koordinoida merikarttalaitosten toimintaa ja edistää merikarttojen ja julkaisujen mahdollisimman suurta yhteneväisyyttä antamalla standardeja ja suosituksia, joista tärkeimmät viedään sopimuksiksi IMO:n kautta. (8.)

Helsinki-komissio eli HELCOM koostuu Itämeren alueen valtioista, joiden tavoitteena on Itämeren merellisen ympäristön suojelu. HELCOM-yleissopimus syntyi vuonna 1992 rajoittamaan kaikkia haitallisia päästölähteitä valtioiden omista, jokien kautta mereen kulkeutuvista päästöistä ihmisten merillä aiheuttamiin päästöihin. Aluksi rajoitukset koskivat vain merialuetta, mutta vuonna 2000 sopimus laajeni kattamaan myös sopimusvaltioiden sisäiset aluevedet. (9.)

Muita IMO:n säätämiä keskeisiä sääntöjä ja ohjeita ovat esimerkiksi kansainvälinen merenkulkijoiden koulutusta, pätevyyskirjoja ja vahdinpitoa koskeva yleissopimus (STCW) sekä alusten ja satama-alueiden kansainvälinen turvasäännöstö (ISPS). (10; 11.)

## **2.2 Merikarttatuotteet Suomessa**

Merikartta on navigoinnin tärkein apuväline. Merikartalta vaaditaan, että sen avulla voidaan mitata etäisyyttä, suuntaa ja sijaintia mahdollisimman helposti. Kartta on kuitenkin aina yleistetty, joten pienet yksityiskohdat maastossa jäävät kuvautumatta kartalla. Mitatakaavallakin on merkitystä. Suurimittakaavaisessa kartassa luonnon muodot näkyvät yksityiskohtaisesti verrattuna esimerkiksi huomattavasti yleistetympään, pienimittakaavaisen yleiskarttaan. Maapallon epätasaisesta pinnanmuodosta johtuen on myös valittava oikea projektio kartan vääristymien minimoimiseksi, koska kartalla kuvautuu oi-



luokkaan: painettuihin merikarttoihin sekä digitaalisessa muodossa julkaistaviin ENC-merikarttoihin.

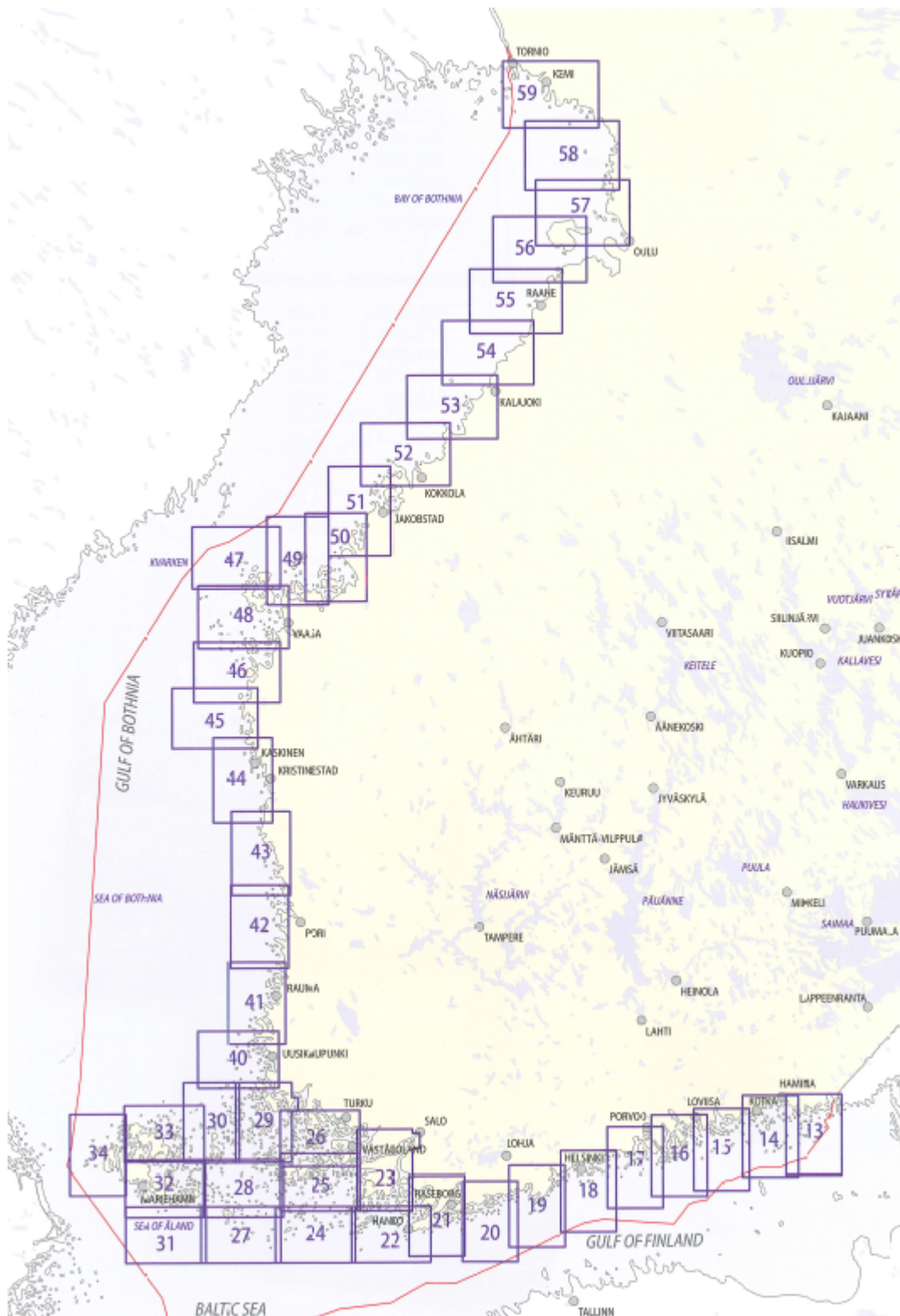
### **2.2.1 Painetut merikartat**

Painetuilla merikartoilla on pitkät perinteet merikartoituksen historiassa, ja ensimmäiset kotimaiset Suomenlahden rannikkoalueita kuvaavat kartat julkaistiin jo vuonna 1880 (15, s. 8–13). Niemelän (12, s. 25) mukaan kartta määritellään siten, että se on mittakaavan mukaisesti pienennetty ja yleisesti selitetty sekä lisätiedoin täydennetty selvä kuva alueesta. Sen päätehtävä on välittää paikkatietoa eli paikkaan sidottua tietoa alueesta.

Kesämökin rannasta lähtevä huviveneilijä tarvitsee käyttöönsä erilaisen kartan kuin kansainvälisillä vesillä seilaava kauppamerenkulun alus. Merenkulkulaitos julkaiseekin erilaisia karttoja eri käyttötarpeita varten.

*Yleiskartta* on runsaasti yleistetty ja tarkoitettu avomerinavigointiin sekä reitin suunnitteluun. Kartalla kuvataan väyläviivat ja tärkeimmät turvalaitteet kuten merimajakat. Yleiskarttojen mittakaava vaihtelee välillä 1:100 000–1:500 000. (16, s. 94.)

*Rannikkokartat* on laadittu pääosin mittakaavan 1:50 000. Sisävesien osalta rannikkokarttoja on vain niiltä alueilta, mistä ei ole saatavilla merikarttasarjaa. Nämä kartat ovat mittakaavassa 1:30 000 tai 1:40 000. Rannikkokartat ovat merikartoituksen päätuote. Ne kattavat koko Suomen rannikkoalueet Virolahdesta Tornioon, kuten kuvasta 2 ilmenee. Rannikkokartoilla on enemmän tietoa kuin yleiskartoilla, esimerkiksi kivet ja rakennukset. (16, s. 94.)



Kuva 2. Rannikkokartat 13–59 kattavat Suomen merenranta-alueet (13).

Erikoiskartat kuvaavat tärkeimpiä satamiamme. Berthing-kartta on mittakaavassa 1:5000 tai 1:10 000 ja Harbour 1:20 000. Erikoiskartat ovat rannikkokarttaa tarkempia,

ja ne sisältävätkin enemmän informaatiota esimerkiksi kivistä ja rannikkoaluetta ympäröivistä syvyysalueista sekä laituripaikoista. Tämän vuoksi erikoiskarttoja käytetään vaikeakulkuisilla vesillä sekä satamiin saavuttaessa. (16, s. 94.)

*Merikarttasarjat* vastaavat mittakaavaltaan ja pääosin sisällöltäänkin rannikkokarttoja. Sisävesillä merikarttasarjat ovat yleisesti tärkein merikarttatuote. Ne ovat useita karttalehtiä sisältäviä vihkoja, joissa on tietoa vierasvenesatamista. Merikarttasarjat on tarkoitettu pienveneilijöille. (16, s. 94.)

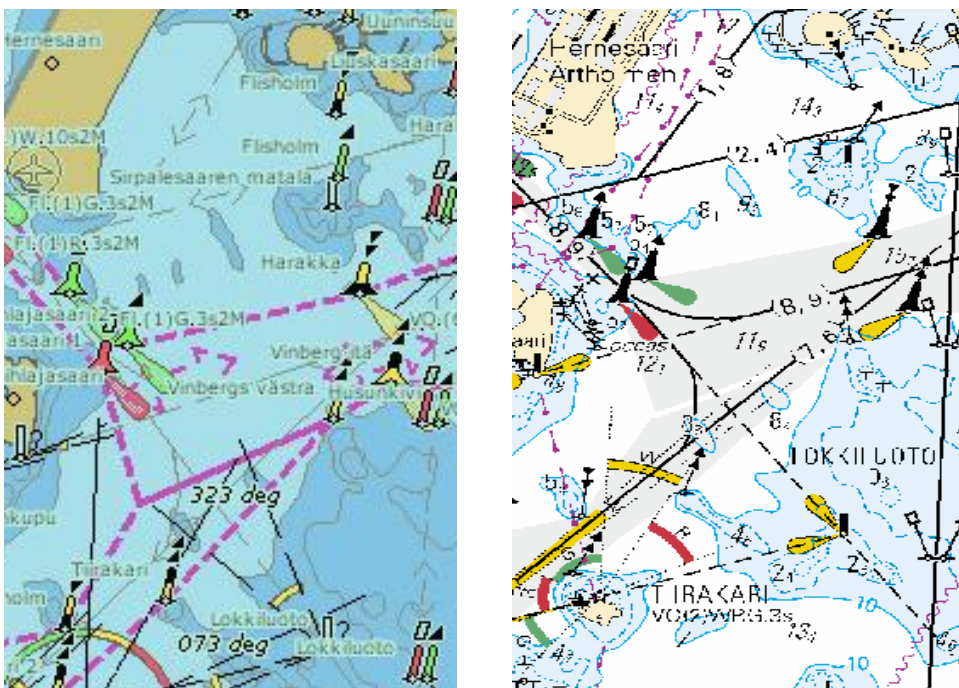
### **2.2.2 ENC-karttajärjestelmät**

Ensimmäinen elektroninen merikartta julkaistiin vuonna 1999. Nykypäivänä elektroninen merikartta on vakiintunut turvaamaan yhä useamman aluksen navigointia merellä. Itämerellä seilaavista laivoista yli 900 käyttää suomalaisia ENC-karttoja navigointiin. ENC onkin syrjäyttämässä perinteiset painetut merikartat.

ENC-karttajärjestelmät voidaan jakaa karkeasti kahteen ryhmään. Virallinen ENC-karttajärjestelmä, jota voidaan tietyin ehdoin käyttää navigointiin korvaamaan painettua merikarttaa, on nimeltään ECDIS. Järjestelmä täyttää IMO:n SOLAS-sopimuksen vaatimukset. Ollakseen virallinen ECDIS on laitteistossa käytettävän kartta-aineiston oltava aina kansallisen viranomaisen hyväksymää kartta-aineistoa ja sen on muutenkin täytettävä kaikki IMO:n tyyppihyväksyntämääritykset. Sen sijaan laitteistoja, jotka eivät täytä näitä määritelmiä, kutsutaan Electronical Chart System -järjestelmiksi (ECS). Näiden järjestelmien käyttö on sallittua vain navigoinnin apuvälineenä. (17, s. 18–22.)

ENC on vektorimuotoinen S57-standardin mukainen merikartta, johon kuuluu automaattinen päivityspalvelu. Karttasymbolit koostuvat sekä sijainti- että ominaisuustiedoista, joita nimitetään attribuuttitiedoiksi. Jokaisella kohteella on lukuisia erilaisia ominaisuustietoja. Esimerkiksi turvalaitteen tyyppinä voi olla reunaviitta, jolle voidaan ilmoittaa valon väri ja kantomatka sekä nimi. (17, s. 47.)

ENC-aineistojen tuotantoon tarkoitettu Katiskan ENC-linja on osa Katiskatiedonhallintajärjestelmää. ENC-linjan tarkoituksena on tuottaa standardin S-57 mukaisia siirtotiedostoja, jolloin jokaisesta tiedostosta tulee itsenäinen tuote eli ENC-solu. Lähtöaineistoina käytetään samoja tietoja, joista tehdään myös paperiset merikartat nSector-järjestelmän avulla. Elektroniset merikartta-aineistot eroavat painetuista kartoista lähinnä siksi, etteivät ne ole niinkään karttoja, vaan enemmänkin maantieteellisesti rajattuja tietokantoja. ENC koostuu kohteiden geometriasta ja ominaisuustiedoista, joista esitystekniikka muodostuu, eikä se sisällä lainkaan kartografiaa. Kartta-aineiston visualisoinnin hoitaa järjestelmä, jossa aineistoa käytetään. (18, s. 18–19.) Kuvassa 3 on elektronisen merikartan näkymä ECDIS-järjestelmällä visualisoituna.



Kuva 3. S-52-symboliikan mukainen elektroninen merikartta sekä painettu merikartta 18 Helsingin edustalta (19).

Vuoden 2010 loppuun mennessä ENC-soluja on myynnissä yhteensä noin 190 kappaletta viidessä eri mittakaavatasossa. Tarkkaa arviota solujen määrästä ei voi antaa, koska sitä mukaa kun soluja tulee työsuunnitelmaan, tarkentuvat myös niiden tuotemäärityt. Tällöin soluja usein yhdistellään, jolloin niiden kappalemäärätkin muuttuvat. Vuoden 2010 tavoitteena on saavuttaa kansainvälisten sopimusten mukainen riittävä kattavuus,



jotta kauppamerenkulun tarpeet saadaan täytetyiksi. Huhtikuussa 2010 soluja on myynnissä seuraavasti:

Berthing (1:10 000): 1 (tavoitteena 2)

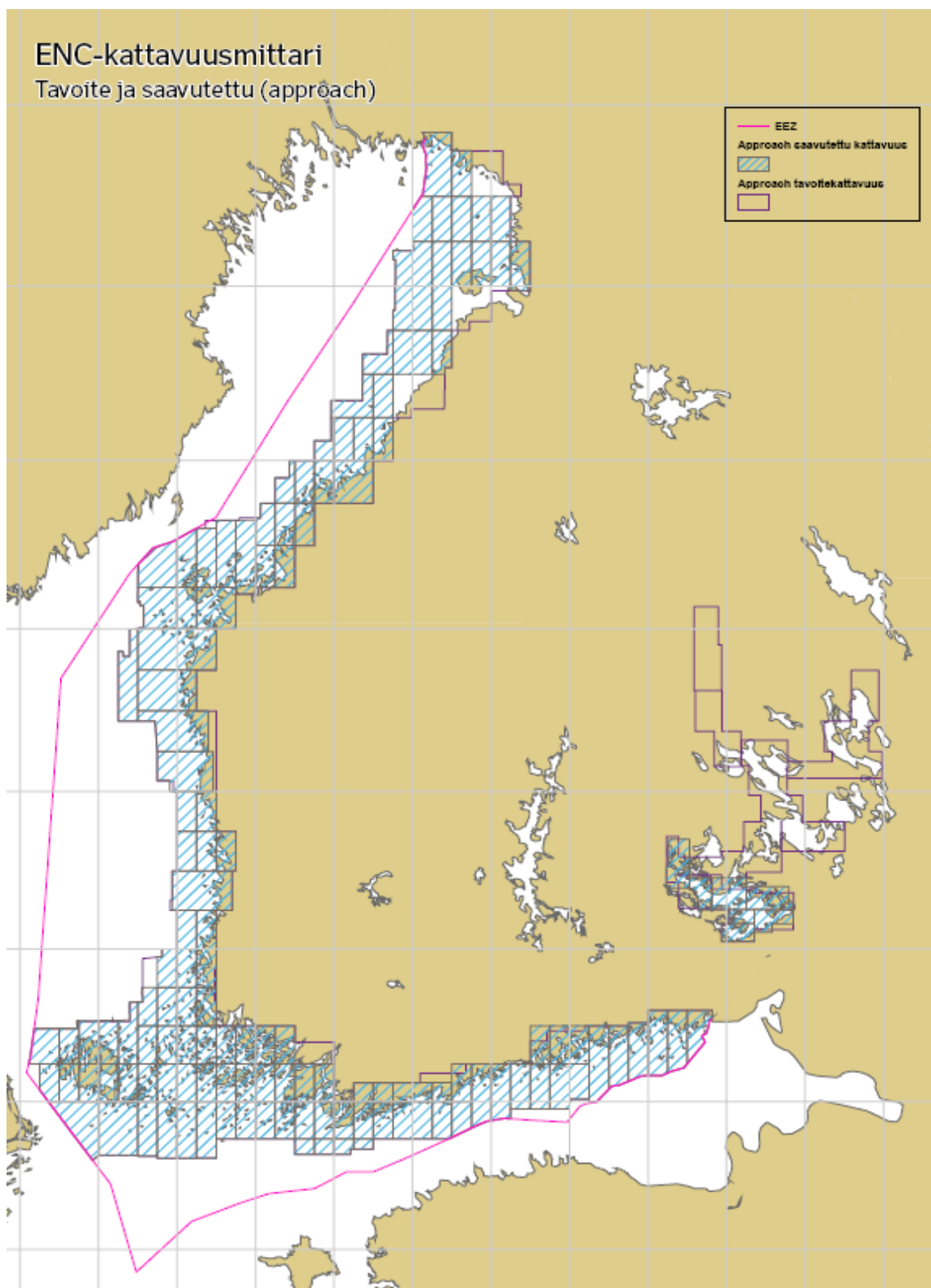
Harbour (1:20 000): 29 (tavoitteena 47)

Approach (1:50 000): 144 (tavoitteena 179)

Coastal (1:100 000): 1 (tavoitteena 1)

General (1:200 000): 14 (tavoitteena 14)

Kuten kuvasta 4 nähdään, kattavat approach-mittakaavatason tuotteet lähes koko Suomen merenranta-alueen. Lähes kaikille mittakaavatasoille on myöhemmin tulossa lisää ENC-tuotteita. (20.)



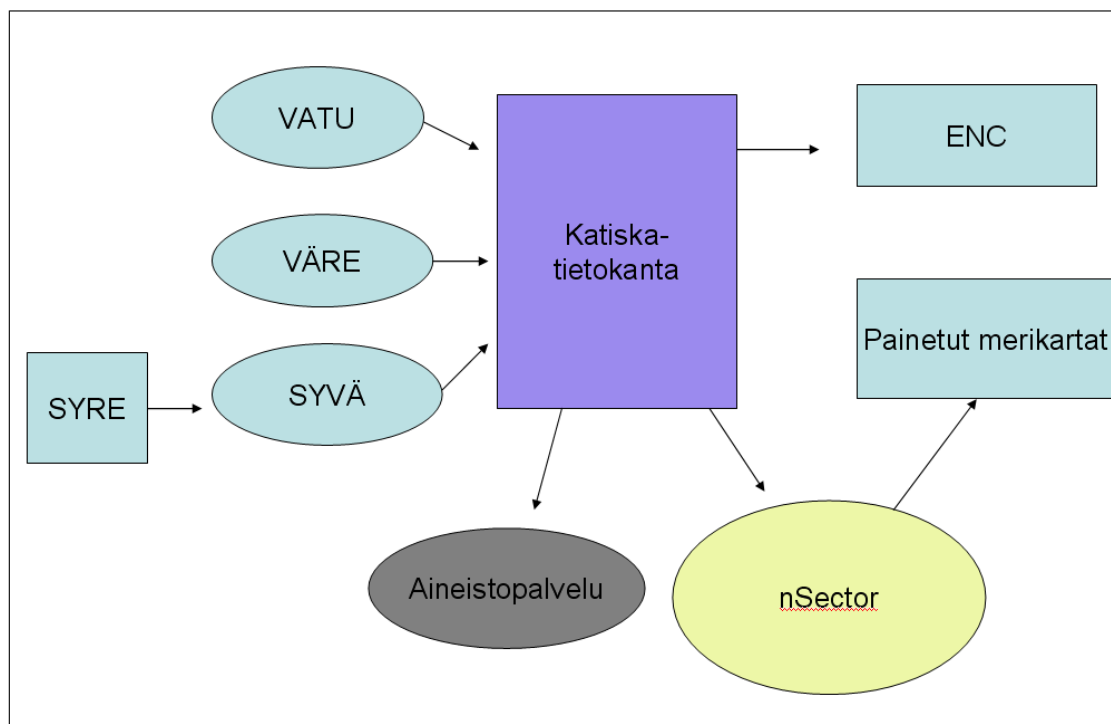
Kuva 4. Elektronisten approach-mittakaavataso karttojen kattavuus Suomessa (21).

### **2.3 ENC:lle asetetut tekniset vaatimukset**

ENC tarkoittaa kansallisen merikarttalaitoksen julkaisemaa virallista merikarttaa, jonka sisältö, rakenne ja formaatti ovat standardoituja ja joka on tarkoitettu käytettäväksi ECDIS-laitteessa. SOLAS:n ENC:lle asettamat vaatimukset astuivat voimaan vuonna 1995 kun ECDIS virallisesti hyväksyttiin alusten navigointivälineistölle. ECDIS on virallinen, kun kartta-aineisto on viranomaisten hyväksymää, karttanäyttö täyttää laiteriippumattomat määrittelyt esitystavasta ja sillä voidaan suorittaa samat toiminnot kuin paperikartalla. Lisäksi kartta-aineiston on oltava standardin S57 mukainen, ja näytön pitää täyttää IHO:n määritelmät. (17, s. 18.)

### 3 Tiedonhallinta ja tietojärjestelmät

Merikartoitustoiminta pohjautuu useiden eri rekistereiden käyttöön. Näitä ovat esimerkiksi turvalaiterekisteri VATU, väylärekisteri VÄRE, varmistettujen alueiden rekisteri VARE, syvyyspisterekisteri SYRE sekä kiintopisterekisteri KIRE. Kunkin rekisterin tiedot sijaitsevat omassa Oracle-reaalitietokannassaan. Järjestelmiä käytetään erilaisilla sovellusohjelmilla, mutta tietoja myös jaetaan eri rekistereiden välillä. Kuvasta 5 on nähtävissä, kuinka näistä rekistereistä saatavat merikartoitustiedot kootaan keskitettyyn merikarttatiedonhallintajärjestelmään Katiskaan, jonka aineistosta merikartat valmistetaan. (22.)



Kuva 5. Merikartoituksen tuotantoympäristö.

Katiska-tiedonhallintajärjestelmä otettiin käyttöön vuonna 2006 merikarttatietojen ylläpitoa, editointia ja laadunhallintaa varten. Katiska-tietokannasta tuotetaan elektroniset merikartat ja sen tietoja käytetään hyväksi myös painettujen karttojen valmistukseen nSector-järjestelmän kautta. (22.)

SYVÄ-syvyystietojärjestelmän avulla ylläpidetään merikartoille tarvittava syvyystieto sekä siihen liittyvät muut tiedot, kuten rantaviivat, kivet ja maa- sekä syvyysalueet. SYVÄn tietokanta vastaa tietomalliltaan Katiskan tietokantaa ja tiedonsiirto Katiskaan tapahtuu siten, että SYVÄssä tehdyt editoinnit kopioidaan Katiskaan editoinnin loputtua. (22.)

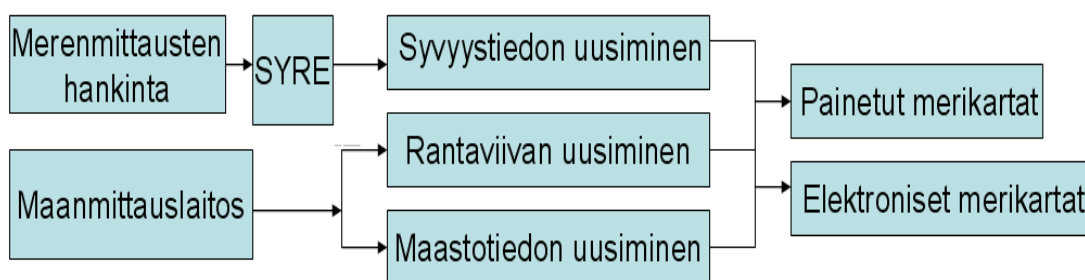
Painettujen merikarttojen tuottamista, tuotteiden hallintaa ja laadunvalvontaa varten tarvitaan lisäksi nSector-järjestelmä. Kartta-aineisto tuotetaan ja ylläpidetään Katiskassa, josta se siirretään nSector-järjestelmään karttakohtaisesti painetun merikartan kartografista editointia ja valmistusta varten.

## 4 Merikarttatiedon hallinta

Merikarttatiedon uusimisen voi jakaa karkeasti kahteen ryhmään: laajamittaisiin uusimisiin sekä nopeiden muutostietojen ylläpitoon. Laajamittaiset uusimiset ovat suunnitelmallisia ja pitkäkestoisia tapahtumia. Näitä ovat syvyystiedon, rantaviivan ja maastotiedon uusimiset. Tiivistäen voidaan sanoa, että laajamittaisten aineistojen uusimisprosessi etenee merenmittauksista saatavan aineiston käsittelystä ja sen tarkastamisesta syvyystietojen, rantaviivojen ja maastotietojen uusimisiin, kuten kuvasta 6 ilmenee. Muutostietojen hallintaprosessi liittyy aineistojen ajan tasalla pitämiseen. Muutostietoja saapuu useista eri tietolähteistä, ja ne on saatava merikartoille nopeasti. Asiakas saa kriittisen muutostiedon merivaroitujärjestelmän avulla.

### 4.1 Suunnitelmalliset prosessit

Suunnitelmalliset prosessit käsittävät laajamittaiset aineistojen uusimiset merikarttatuotteiden päivittämiseksi kuvan 6 mukaisesti.



Kuva 6. Laajamittaisen uusimisprosessin eteneminen.

Merikartoituksessa tehtävät laajamittaiset aineistojen uusimistyöt tarkoittavat syvyysaineistojen uusimista, rantaviivan korvaamista uudemmalla aineistolla sekä maastotietoaineiston uudistamista. Tavoitteena on välittää ajantasaista ja turvallisen navigoinnin kannalta oleellista tietoa vesistöjen pohjatopografiasta ja muista pysyvistä kohteista merenkulkijoille sekä muille vesilläliikkuville ENC:n ja painettujen merikarttatuotteiden välityksellä. (22.)

#### 4.1.1 Merenmittaus

Aluksi merenmittausyksikkö huolehtii merenmittaussuunnitelman laatimisesta selvittämällä ensin asiakkaiden tarpeet mittausten osalta. Tarpeiden selvittäminen koskee alueita, aikatauluja ja tarkoitusta. Suunnitelman tiedot viedään merenmittausten suunnittelu- ja hallintajärjestelmään (HaJa) ja sen perusteella päätetään merenmittausten suorittamisesta. (21.)

Merenmittausten tarpeellisuus määräytyy merikartoituksen, väylänpidon ja talvimerenkulun tarpeista. Merikartoitusta varten määritettävät mittausalueet pyritään aikataulutamaan ja kohdentamaan siten, että mittaukset ja aineistojen käsittelyt olisivat valmiita siihen mennessä, kun se kartan julkaisuaikataulun puolesta on tarpeellista. HELCOM-mittaukset liittyvät kansainvälisiin velvoitteisiin ja siten myös ne kuuluvat merikartoituksen tulostavoitteisiin. Nämä alueet palvelevat Itämeren turvallista merenkulkua ja niihin kuuluu laajoja väylä- ja aluemittauksia merellä. Mittausten aikataulu ja aluemäärittely suunnitellaan yleensä niin, että mittaukset jakautuvat usealle vuodelle. Näiden lisäksi on otettava huomioon myös väylänpidon tarpeet mittauksia suunniteltaessa. Näitä ovat esimerkiksi väylien rakentaminen ja parantaminen sekä muut sellaiset toimenpiteet, joilla saatetaan väylien mittaustiedot ajan tasalle. Väylänpidolla on aikataulut eri hankkeille, ja mittaukset täytyy ajoittaa siten, että aineistot ovat valmiita hankkeen aikataulun mukaisesti. Myös talvimerenkulku tarvitsee mittauksia alueille, joilla jäänmurtaajat seilaavat talvella avustustehtävissä. Merenmittaukset pyritään suunnittelemaan vuosittain siten, että kaikkien edellä mainittujen ryhmien tarpeet tulevat huomioiduiksi aikatauluineen. (23.)

Mittausten tuloksena saadaan syvyyspisteaineistoa, joka koostuu miljoonista syvyyspisteistä. Aineiston esikäsittelyssä pisteistä käsitellään karkeimmat virheet, kuten poistetaan päällekkäiset syvyyshavainnot. Aineiston esikäsittely suoritetaan mittausaluksilla.

Mittaajan toimittama merenmittausaineisto tarkastetaan ja sille tehdään tarvittaessa formaattimuunnos, jotta aineistot ovat tallennettavissa merenmittaustietorekistereihin. Formaattimuunnoksen yhteydessä annetaan aineistolle metatietoja ja muodostetaan VARE-rekisteriin merenmittausalueet. Seuraavaksi tarkastetaan syvyyspisteaineistojen ominaisuudet sekä aineistojen sisäinen ja ulkoinen eheys. Tarkastuksessa havaitut pie-

net virheet voidaan korjata nopeasti, mutta syvyyspisteaineistoissa olevat isommat laatuongelmat aiheuttavat tarkastuksen keskeyttämisen ja aineiston palauttamisen mittajalle. (21; 24.)

#### **4.1.2 Merenmittaustiedon ylläpito**

Prosessi alkaa aineiston tietoeheyden tarkastamisella. Ensin tarkastetaan työhön liitettävien merenmittausaineistojen tietoeheys ja aineistoille tehdään erilaisia tarkastuksia, kuten tarkastus ruoppausten suhteen ja perussyvyyspisteistön oikeellisuus. Seuraavaksi syvyyspisteaineistoille tehdään aineiston harvennus sekä perussyvyyspisteiden valinta. Syvyystiedot muutetaan ensin S2-tiedostoformaattiin ja niille tehdään pisteiden harvennus. Tässä vaiheessa huomioidaan myös kriittiset merenmittaushavainnot. Kriittiset merenmittaushavainnot ovat sellaisia syvyyspisteitä, jotka ovat merenkululle vaarallisia, eli kartan syvyyspistettä matalammat syvyyshavainnot. Syvyyspisteaineistoon tulee aina myös virheellisiä syvyyslukemia, jotka on poistettava aineistosta. Tällaisia ovat esimerkiksi kalaparvet, joista mittausaluksesta lähettämä signaali heijastuu takaisin. (21; 24.)

Jokaiselle syvyyspisteaineistolle lasketaan perussyvyyspisteet, joita kutsutaan myös syvyyspiste-ehdotuksiksi. Tarkoituksena on, että syvyyspisterekisterissä perussyvyyspisteistä muodostuu alkuperäisistä mittaushavaintopisteistä noin 40 metrin pisteväleillä oleva harvennettu syvyyspisteistö. Perussyvyyspisteet perustuvat aina luotettavimpaan olemassa olevaan syvyyspisteaineistoon. Tarvittaessa syvyyspisterekisterissä ennestään olevia perussyvyyspisteitä korvataan parempilaatuiseen mittaukseen perustuvalla syvyyspisteaineistolla. Tämän jälkeen ne tallennetaan SYRE-tietokantaan sitä varten tehdyllä ohjelmalla. Ohjelma tutkii, että tallennettavat tiedostot ovat teknisiltä ominaisuuksiltaan kelvollisia. Syvyyspisterekisteriin tallennettuja tietoja verrataan merikartta-aineistoihin ja väylärekisterin tietoihin. Mikäli merikartta-aineistossa ja väylien turvallisuudessa havaitaan puutteita, jotka voivat aiheuttaa vaaraa vesillä liikkujille, laaditaan havainnosta kriittinen merenmittaushavaintoilmoitus.

Seuraavaksi muodostetaan S2-rasterit merenmittausalueista. Kun kuvat ovat valmiit, niitä verrataan vielä merikartan tietoihin. Jos vertailussa syvyystiedoista löytyy jotain



kriittistä voimassa olevaan merikarttaan nähden, tehdään havainnosta kriittinen merenmittaushavainnointilmoitus.

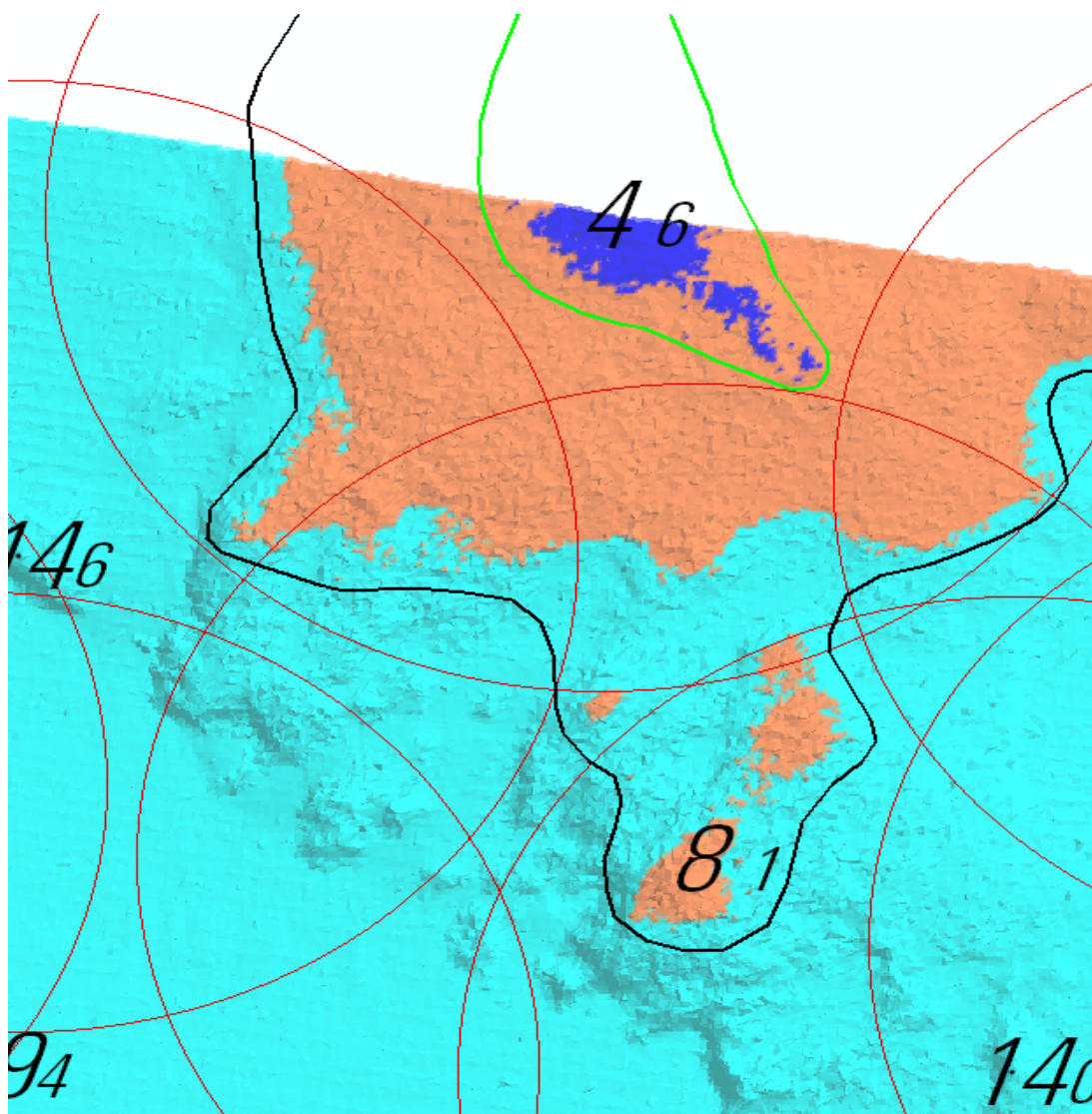
#### **4.1.3 Syvyysaineiston yleistäminen merikartoille**

Prosessin tarkoituksena on muodostaa ja tallentaa merikarttatietokantaan ne syvyys- ja kartoitustiedot (muun muassa kivet, syvyysluvut ja -käyrät), joita tarvitaan merikarttaotteiden valmistusta varten. Syvyystiedot korvataan uusimmalla mittausaineistolla. Lähtötietoina ja työn perustana käytetään etupäässä perusrekistereihin, kuten SYREen, VAREen, VÄREen, KAREen ja mittalevyille tallennettuja tietoja sekä Maanmittauslaitokselta saatavia kivehdotuksia, joita käytetään työn tukena valittaessa kartalle päätyviä lopullisia syvyyspisteitä ja kiviä. (24.)

Uudistaminen voi kohdistua laajempaan kokonaisuuteen, jolloin tarkoituksena on uudistaa syvyystiedot esimerkiksi tietyn vesialueen tai väylän alueelta. Syvyystiedon uudistamisen tavoitteet ja uudistamisprioriteetti on esitetty Merikarttojen syvyystietojen ylläpitosuunnitelmassa, joka hahmottaa toimintaa viiden vuoden aikajaksolla. Tarkemmat vuotuiset tavoitteet määritetään syksyisin laadittavassa merikartoitustietojen ylläpitosuunnitelmassa.

Editointivaiheessa muokataan syvyysaineistoa. Tämä vaihe sisältää syvyyspisteiden valinnan, syvyyskäyrien ja -alueiden luomisen sekä kiviaineiston editoinnin. Syvyyspisteet luodaan syvyyspiste-ehdotuksista, jotka saadaan merenmittausaineistosta harvenneista syvyyspisteistä. Työssä valitaan lopulliset syvyyspisteet, jotka tulevat näkyviin kartalle. Perusajatuksena on valita aina matalikon matalimmat ja syvänteen syvimät pisteet, kuitenkin aina turvallisimpaan suuntaan. Kartan luettavuuden takia pisteet eivät saa olla liian tiheästi, joten valintaa helpottamaan käytetään mittakaavassa 1:50 000 syvyyspisteen ympyrän säteenä maastossa 500 metriä ja mittakaavassa 1:20 000 säteenä 200 metriä. Työssä käytetään uusinta syvyys- sekä kartoitustietoa. Syvyyskäyrät piirretään edellisestä prosessista saadun rasterimuotoisen syvyysvyöhykekuvan perusteella, joskus apuna käytetään myös mittalevyjä tai linjaluotauksesta saatua materiaalia. Tätä työvaihetta havainnollistaa kuva 7. Työssä huomioidaan myös varmistetut alueet. Jos alue on varmistettu yhteentoista metriin, ei siellä saa olla sitä matalampaa vesialuetta

eikä siis 10 metrin käyrää. Merikartoituksessa ollaan parhaillaan siirtymässä automaattisten syvyyskäyränpiirto-sovellusten käyttöön, mikä tuo kehitystä laajamittaisen syvyysaineiston uusimistyöhön. (21; 25.)



*Kuva 7. Syvyyskäyrän piirto rasterimuotoisen syvyysvyöhykekuvan perusteella.*

Syvyysaineiston uusimiseen kuuluu myös kivien tarkastaminen sekä merenmittauksen laatualueiden tekeminen. Kivien tarkasteluun käytetään apuna Maanmittauslaitokselta saatavia kivehdotuksia. Pääsääntöisesti kartoilta ei poisteta kiviä, vaan kannassa olevia kiviä verrataan kivehdotuksiin. Kivistä valitaan kartalle esitettäväksi vaarallisimmat kivet mittakaavan mukaan. Tietokannassa olevia kiviä täydennetään Maanmittauslaitokselta saatavilla kivitiedoilla myös sellaisiin paikkoihin, joista kiviä puuttuu. (26.)

Merenmittauksen laatu kertoo kartan käyttäjälle, kuinka luotettavaa syvyysaineisto on. Merenmittauksen laatu jaetaan neljään ryhmään. A-luokka on luotettavin ja se saadaan monikeilainluotauksella tai kaikuharauksella mitatuista alueista. B-luokkaan kuuluvat kartalle viedyt alue- ja väyläluotaukset, joissa on tehty matalantutkimusta. C-luokkaan kuuluvat kartan kaikki sellaiset alueet, joilla on syvyyskäyriä ja syvyyslukuja, mutta näiltä alueilta ei ole peittävä mittausta. U-luokkaan merkitään sellaiset alueet, joilla ei ole esitetty kattavasti syvyyskäyriä tai -lukuja. (27; 28.)

Lopuksi aineistolle luodaan topologia, eli sille tehdään syvyys- ja yleisalueet. Työssä suoritetaan vielä topologiatarkastukset ja tehdään tarvittavat korjaukset. Aineiston laadunhallinnan kannalta on tärkeää, että toinen työntekijä vielä tarkastaa tehdyt syvyysalueen uusimiset. Prosessin tuloksena syvyys- ja kartoitustiedot ovat ajan tasalla merikarttatietokannassa ja valmiina käytettäväksi merikarttatuotteiden valmistusprosesseihin. (25.)

#### **4.1.4 Rantaviivan uusiminen**

Prosessin tarkoituksena on pitää merikarttatietokannan rantaviivat ja niistä muodostuvat maa-alueet ajan tasalla. Maanpinnan kohoamisen ja rantojen rakentamisen vuoksi merikarttojen rantaviivat tulee uusida muutaman vuoden välein. Varsinkin loivat merenranta-alueet muuttuvat muutaman vuoden aikana usein huomattavasti. Rantaviivojen uusiminen on yleisesti projektiluontoista, jolloin rantaviivat uusitaan kaikilta Suomen alueve-siltä noin viiden vuoden välein. Tämän lisäksi rantaviivaa uusitaan pienemmiltä alueilta tarpeen mukaan, esimerkiksi maa- tai vesirakentamisen aiheuttamien muutosten johdos-ta. Maanmittauslaitokselta tilattava rantaviiva-aineisto voi olla useamman vuoden van-haa, mutta navigoijalle tärkeät satama-alueet päivitetään säännöllisesti tuoreimmilla aineistoilla. Rantaviivan uusimistyössä korvataan vanha aineisto uudella huomioiden samalla satamilta mahdollisesti tulleet päivitykset sekä muokataan tarvittaessa syvyys-aineistoa. Työssä verrataan myös eri rekistereistä tullutta aineistoa toisiinsa virheiden kartoittamiseksi, esimerkiksi tarkistetaan, etteivät väyläalueet tai navigointilinjat osu maa-alueisiin.

#### 4.1.5 Maastotiedon uusiminen

Prosessin tarkoituksena on pitää merikarttatietokannan maastotiedot ajan tasalla ja uusina noin viiden vuoden välein. Maastotiedon uusimisen vuosittaiset tavoitteet määritetään merikartoitustietojen ylläpitosuunnitelmassa. (21.)

Maastotietoaineistosta uusitaan Katiska-tietokantaan liikenneverkot, rakennukset ja taajamat, maamerkit sekä ei-navigoitavat vesialueet, kuten pienet lammet. Lisäksi uusille alueille lisätään nimistöt ja kaislikot.

Liikennettä uusittaessa tarkoituksena on korvata tietokannassa oleva vanha liikenneverkkoaineisto Maanmittauslaitokselta tilattavalla, uudemmalla tie- ja rautatieverkkoaineistolla. Maastotietoaineiston tullessa maanmittauslaitokselta on selvää, etteivät kohteiden ominaisuustiedot ole sopivia vesilläliikkujia varten. Maalla sijaitsevat eritasoliitetyt ja tunnelit muutetaan merikartoituksessa teiksi, koska siltoina ilmoitetaan vain merkittävimmät vesiliikennettä koskevat sillat. Tästä johtuen aineistosta käydään yksitellen läpi kaikki sellaiset tiet, jotka menevät navigoitavan vesialueen yli ja katkaistaan ne kiinteiksi silloiksi. Aineiston rantaviiva eroaa paikoitellen Katiska-tietokannassa olevasta rantaviivasta, joten aineiston käsittelijän täytyy tarkastaa, etteivät tiet osu vesialueisiin.

Taajamia uusittaessa voidaan työssä käyttää monimittakaavaa, eli työ tehdään kaikkiin kolmeen mittakaavaan samalla kertaa. Työssä on tarkoituksena muokata Katiska-tietokannassa olevat taajama-alueet uusien rakennusten ja teiden mukaisiksi. Kartalta poistetaan aluemaiset rakennukset ja nämä korvataan taajama-alueella. Poikkeuksena tähän ovat tehdas- ja satama-alueet, jotka ovat vesiliikenteelle tärkeitä kohteita. (29.)

Merikartoilla ilmoitetaan myös tärkeimpien maamerkkien sijainti- ja ominaisuustiedot. Nämä uusitaan samaan tapaan kuin rakennukset, eli korvataan tietokannassa olevat maamerkit Maanmittauslaitokselta tilattavilla uusilla merkeillä. Maamerkkien ominaisuustiedot muutetaan tietoliikennemastoista tarkemmiksi radio- ja tv-mastoiksi ja näköalatornit tarvittaessa lintutorneiksi. Maamerkeille voidaan lisätä muitakin ominaisuustietoa, esimerkiksi valo tai maamerkin korkeus.

Merikartoilla on paljon pieniä vesialueita, joita ei ole tarkoitettu navigointiin. Näitä ovat kapeat joet, pienet järvet tai lammet, kosket ja altaat ja näitä kutsutaan ei-navigoitaviksi vesialueiksi. Ei-navigoitavat vesialueet muodostetaan yleensä rantaviivan uusimisessa, jonka jälkeen ne liitetään Katiska-tietokantaan. Rantaviivan uusiminen tehdään pieni alue kerrallaan, joten tällaiset vesialueet yhdistetään Katiska-tietokannassa yhdeksi kokonaiseksi vesialueeksi. Maanmittauslaitokselta saadaan myös ei-navigoitavia vesialueita, jotka tarvittaessa kopioidaan tietokantaan. Seuraavaksi tarkistetaan, etteivät navigoitava ja ei-navigoitava vesialue mene päällekkäin ja lisätään suurimmille vesialueille tyyppi ja nimi. Lopuksi vielä tarkistetaan, ettei ei-navigoitavalle vesialueelle jää kiviä tai muitakaan kohteita. (29.)

Uusille merikartoille, joista ei tietokannassa vielä ole aineistoa lisätään paljon kohteita. Näitä ovat esimerkiksi tekstit, kaislikot sekä korkeuskäyrät. Lisättävä aineisto kerätään mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi Maanmittauslaitoksen maastotietoaineistosta sekä Ympäristökeskuksen, Geologian tutkimuskeskuksen tai Metsähallituksen aineistoista. Maastotietoaineistosta lisätään uudelle kartalle esimerkiksi ilmajohtoja sekä koskia, sulkuja ja patoja. Ympäristökeskukselta ja Metsähallitukselta saadaan muun muassa luonnonsuojelualueita ja kansallispuistoja. Lisäksi sähköyhtiöiltä saadaan erilaisia kaapeleita ja johtoja koskevia tietoja, joita lisätään tietokantaan. Viimeisenä suoritetaan aineiston laaduntarkastus käyttäen Katiskan omia tarkastusohjelmia sekä verrataan kaikkia lisättyjä kohteita uuteen rantaviivaan. (29.)

## **4.2 Muutostietoprosessi**

Merikarttoihin liittyvä ominaispiirre on niiden jatkuva ajan tasalla pitäminen. Tavoitteena on saada muutostieto mahdollisimman sujuvasti ja laadukkaasti asiakkaalle. Muutostietojen hallintaprosessi etenee muutostiedon vastaanottamisesta sen analysointiin ja käsittelyyn. Muutokset tulee myös merkitä oikaisukartalle. Tämän jälkeen muutos tiedotetaan ja viedään karttatuotteille. Lopuksi muutostieto vielä arkistoidaan.

#### **4.2.1 Muutostiedon vastaanotto ja analysointi**

Merikartoille saapuu jatkuvasti erilaisia muutoksia, jotka on päivitettävä kartoille nopeasti. Muutostiedot saapuvat merikartoitukseen useasta eri tietolähteestä. Määrällisesti eniten muutostietoja toimittaa Liikenneviraston väylänpito, josta saadaan väyliin ja turvalaitteisiin liittyvät muutokset. Muita tiedon toimittajia ovat esimerkiksi satamat, joista saadaan rantaviiva- ja laituriaineistoa Sähköyhtiöt toimittavat kaapeleita ja putkia koskevia tietoja. Muutostietoja tulee myös ENC-validoinnin sekä merikarttojen tarkastusten yhteydessä.

Muutostietojen hallintaprosessi alkaa muutostietoasiakirjan saavuttua merikartoitukseen. Paperit saavat diaarinumeron, jonka jälkeen ne toimitetaan Muutostietojen hallintajaokseen. Tämän jälkeen muutostietoon perehdytään tarkemmin ja tarvittaessa pyydetään muutosta koskevia lisätietoja tiedon toimittajalta. Analysoinnissa selvitetään esimerkiksi mille mittakaavatasoille ja tuotteille muutos viedään. Analysointi tapahtuu käyttäen apuna tietokantaa tai oikaisukarttaa. Näin voidaan huomata muutostiedon ja kartta-aineiston mahdolliset ristiriitaisuudet, esimerkiksi väylän sijoittuminen matalikon ylle. (22.)

#### **4.2.2 Muutostiedon käsittely tietokantaan ja oikaisukartalle**

Muutostiedot päivitetään merikarttatietokantaan mahdollisimman nopeasti. Tarkoituksena on saada muutostiedot tietokantaan ja oikaisukartalle mahdollisimman samanaikaisesti.

Oikaisukartta on paperinen kartta, johon kerätään kaikki edellisen painoksen jälkeen tulleet muutokset piirtämällä ne kartalle. Kartan reunalle kirjoitetaan vielä asia, jota muutos koskee ja siihen liittyvien asiakirjojen nimet, jotta tiedon etsiminen myöhemmin olisi mahdollista. Oikaisukartat ovat virallisia dokumentteja ja ne arkistoidaan, koska niiden avulla joudutaan usein selvittämään muutosten historiaa. Myös tietokannasta voidaan selvittää muuttuneiden kohteiden historiaa. Oikaisukarttaa käytetään useassa eri

prosessissa ja työvaiheessa. Merikarttojen tarkastuksessa niiden avulla varmistetaan, että kaikki muutokset on viety uudelle painokselle.

Muutostiedon vieminen oikaisukartalle on hidasta ja työlästä, koska jokainen muutos täytyy piirtää jokaiselle eri mittakaavatasolle ja tuotteelle. Sama tieto täytyy vielä muokata jokaisen mittakaavatason mukaisesti, koska kartta-aineistojen välillä voi olla ristiriitoja. Kaikkia muutoksia on mahdotonta saada päivitettyä oikaisukarttaan. Laajamittaiset aineistojen uusimistyöt, kuten rantaviivan ja syvyysaineiston uusiminen merkitään kartalle vain alueena, johon uusiminen kohdistuu. Tähän on kuitenkin tulossa muutos, sillä Merikartoituksessa on käynnissä projekti muutostietojen hallinnan kehittämiseksi. (22.)

#### **4.2.3 Tiedottaminen**

Merikartoituksen tehtävänä on huolehtia, että asiakas saa tiedon muutoksesta mahdollisimman nopeasti. Painettujen merikarttojen muutokset tiedotetaan aina kymmenen päivän välein ilmestyvän Tiedonantoja merenkulkijoille (TM) -lehden avulla. Siinä kerrotaan merenkulun esteet, radioliikenne ja muut alusten navigointiin vaikuttavat muutokset. (22.)

Elektronisten merikarttojen tarkoituksena on tarjota asiakkaalle nopea ja luotettava palvelu karttojen ajan tasalla pitämistä varten. Päivitystietoina asiakkaalle lähetetään vain muuttuneet kohteet, joten tiedon lähettäminen on nopeaa ja edullista. ENC-solujen päivityksiä tehdään pääasiassa samassa tahdissa painettujen merikarttojen tiedottamisen kanssa. (22.)

#### **4.2.4 Muutostiedon vienti tuotteille ja arkistointi**

Muutostietojen tiedottamisen jälkeen on tiedot saatava myös tuotteille. Painettujen karttojen tuotantoprosessissa on haasteena hallita kaikki kyseiselle painokselle tulleet muutokset. Kartalle ei saa tulla mitään sellaisia muutoksia, joista ei ole tiedotettu aikaisemmin ilmestyneissä TM-lehdissä. ENC-linjalla kaikki muutokset tapahtuvat automaatti-

sen päivityksen kautta, joten elektronisten merikartta-aineistojen osalta tätä ongelmaa ei ole.

Prosessin viimeinen vaihe on muutostiedon arkistointi. Muutostietoasiakirja viedään arkistoitavaksi eri paikkoihin riippuen muutostiedon syystä, esimerkiksi turvalaitteita koskevat muutostietoasiakirjat arkistoidaan lähiarkistoon omaan hyllyynsä. Tämän lisäksi asiakirjat kirjataan arkistoiduiksi ATA-arkistointijärjestelmään. (30.)



## **5 Laadunhallinnan nykytila ja menetelmät**

### **5.1 Datavirheiden kartoitus prosessin eri vaiheissa**

Tässä luvussa on esitelty prosessin eri vaiheissa olevat laadunhallintaan vaikuttavat seikat. Tässä työssä sivuutetaan kuitenkin merenmittauksen laatuun vaikuttavat asiat, koska työ rajataan käsittämään vain merikarttatietokannassa olevia datavirheitä.

Katiska-ohjelma eroaa SYVÄ-ohjelmasta (syvyystietojärjestelmäsovellus) merkittävästi siitä syystä, että sillä voi editoida kohteita monimittakaavassa. Näin varmistetaan eri mittakaavojen yhtenäinen tietoeheys. Kohteelle voidaan antaa tieto siitä, mille kaikille mittakaavatasoille se kuuluu. SYVÄ-ohjelmassa jokainen kohde tallennetaan erikseen jokaiselle mittakaavatasolle. Toinen ohjelmien välinen merkittävä ero liittyy työalueiden luontiin. SYVÄ-ohjelmalla luotu työalue ja ympäröivät alueet lukitaan, jolloin alueella olevat kohdeluokat ovat muokattavissa ainoastaan kyseisessä työssä. Kohdeluokat vapautuvat lukinnasta vasta kun työ on valmis ja se on siirtynyt Katiskaan. Tämän jälkeen alueelle voi luoda uuden työn kohteiden muokkaamista varten. Katiskassa tällaista ongelmaa ei ole, vaan muokattavia kohteita lukitaan työhön halutuista paikoista kohdeluokka kerrallaan ja vain kannasta ulosmerkatut kohteet ovat lukossa. Tämä mahdollistaa sen, että samassa työssä voidaan muokata kohdeluokkia ympäri Suomea.

#### **5.1.1 Rantaviivan uusiminen**

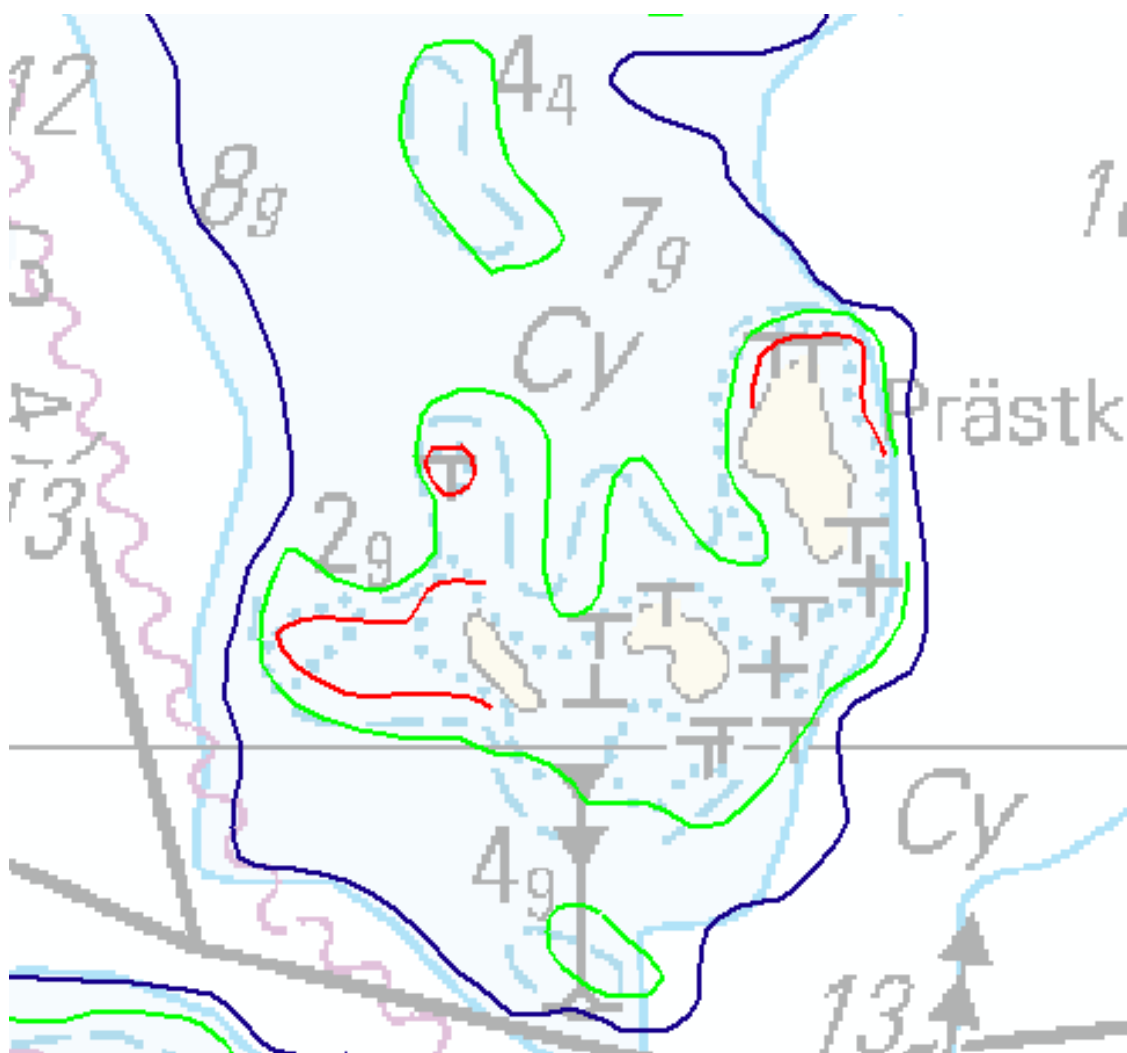
Rantaviivan uusimisvaiheessa työhön tulevien virheiden määrää minimoidaan SYVÄ-ohjelman omien tarkastusten kautta sekä siten, että tehdyn työn tarkastaa vielä toinen työntekijä. Myös ohjeistuksen kautta voidaan vaikuttaa laadunhallintaan. Rantaviivan uusimisvaiheessa on tarkat ja ajantasaiset ohjeet työn suorittamiseen. Rantaviivan uusimistyössä editoidaan tarpeen mukaan syvyysaineistoa. Esimerkiksi ennen merikartoilla esitettävät 40 metrin käyrät on nyt poistettu käytöstä ja nämä karttakorjaukset tehdään usein juuri rantaviivojen uusimistyössä.

Rantaviivojen uusimistyössä on havaittu monia ongelmia eri tietolähteiden yhteensopivuuden kanssa. Maanmittauslaitokselta tulleita rantaviivoja ja pistolaitureita verrataan

uusimistyössä aina Väylänpito-vastuualueelta saataviin väyläalueisiin ja navigointilinjoihin, koska nämä saattavat osua maa-alueelle. Toinen ongelma liittyy satamilta saatavaan aineistoon ja Maanmittauslaitoksen rantaviivaan sekä pistolaitureihin. Näiden aineistojen välillä voi olla huomattavia poikkeamia, jolloin aineistoja tutkitaan ilmakuvien avulla oikeamman aineiston käyttämistä varten. Lisäksi väyläalueet, eli tiettyyn syvyyteen haraamalla varmistetut alueet osuvat joskus maa-alueelle. (31.)

### **5.1.2 Syvyystiedon uusiminen**

Syvyystiedon uusimiseen yksityiskohtaista ohjeistusta ei ole, koska syvyysspisteiden valintaan tai syvyysskäyrien luontiin ei voida luoda kaiken kattavaa ohjeistusta. Käytettävä ohjelma on sama kuin rantaviivan uusimistyössä, eli samat laaduntarkastusajot suoritetaan tässäkin vaiheessa. Syvyyssaineiston uusimiset tulee suunnitella hyvin huomioiden merikarttojen valmistuksen työsuunnitelma, koska SYVÄ-ohjelmalla tehty työalue lukitsee aina luodun työalueen vain työntekijän käyttöön. Laajamittainen syvyyssaineiston uusiminen on aikaa vievää, jolloin työskentely myös muissa prosesseissa vaikeutuu lukintaongelmien myötä. Näin voi tapahtua tilanteissa, joissa kriittinen merenmittaushavainto tulisi saada vietyä tietokantaan laajamittaisen uusimisen työalueelta. Jotta saataisiin nopeutettua prosessia, on kehitetty automaattinen käyränpiirtosovellus, josta on todettu olevan hyötyä varsinkin ulkomerellä. Saaristoalueiden kapeat mittauseräalueet on todettu haasteellisiksi automaattiselle käyränpiirtosovellukselle. Sovellus ei myöskään huomioi varmistettuja alueita tai väyläalueita ja saattaa piirtää käyrän alueelle, joka on varmistettu syvemmäksi kuin käyrä. (26.)



Kuva 8. Rannikkokartta, jonka päällä on esitetty satamakartan syvyyskäyrät (32).

Syvyysaineiston uusimisen haasteena on saattaa mittakaavatasoilla olevat syvyyssiedot aineistollisesti yhteneväisiksi. Tällä hetkellä mittakaavatasot eivät vastaa toisiaan, koska aiemmin käytössä olleilla ohjelmistoilla eri mittakaavatasoja ei pystytty vertaamaan päällekkäin eikä laajamittaista harmonisointia ole tehty. Nykyisin eri mittakaavoilla olevat aineistot harmonisoidaan syvyysaineiston uusimisen yhteydessä. Mittakaavatasojen välisiä ristiriitoja ovat esimerkiksi syvyyskäyrät, jotka eivät ole yhteneviä satama- ja rannikkokartoilla, kuten kuvasta 8 on nähtävissä.

Työn pohjana käytetään yleensä SYRE:stä tulevia syvyyspisteitä, Maanmittauslaitoksesta saatavia kivehdotuksia sekä mittalevyjä vanhoista merenmittauksista. Maanmittauslaitos on digitoinut ilmakuvilta vedestä erottuvat kivet kivehdotuksiksi. Tästä johtuen

osa vedenalaisista kivistä puuttuu tai joskus joku muu kohde on tehty kiveksi. Kiviä valitessa käytetään joko kannassa olevia tai Maanmittauslaitoksen kiviä – kuitenkin aina turvallisempaan suuntaan. Kivet valitaan mittakaavan mukaan huomioiden navigoinnin turvallisuus ja kartan luettavuus. (25.)

Mittalevyt ovat vanhoja merenmittauksia, jotka ovat skannattu tietokoneella työskente-lyä varten, eivätkä ne ole missään perusrekisterissä. Mittalevyjä käytetään aineiston uusimisen apuna, mutta etusijalla ovat aina SYRE:stä saadut syvyyspisteet. Mittalevyihin liittyy myös ongelmia, koska ne eivät välttämättä sovi käytettävään koordinaatistoon kunnolla. Lisäksi mittaustarkkuus on ollut mittauksia suoritettaessa huomattavasti huonompi kuin nykyajan monikeilainluotauksella tehdyissä mittauksissa. (25.)

### **5.1.3 Maastotiedon uusiminen**

Maastotiedon uusimisvaiheessa työhön tulevien virheiden määrää minimoidaan Katis-ka-ohjelman omien tarkastusten kautta. Lisäksi aineiston käsittelyssä tarkastellaan ilma-kuvia, kun aineistossa ilmenee jotain epäselvyyttä. Maastotietoaineiston käsittelyssä vaaditaan aineiston käsittelijältä huolellisuutta, jotta aineistolle annettavat tiedot tulevat merikartoille oikein.

Osa merikartoituksessa käytettävistä tiedoista tilataan mahdollisuuksien mukaan viras-ton ulkopuolelta. Näitä tiedon toimittajia ovat esimerkiksi Maanmittauslaitos, satamat, Suomen ympäristökeskus ja Ilmailulaitos. Maastotietoaineistojen uusimisessa on havait-tu paljon ristiriitoja eri lähteistä tulleiden tietojen kesken. Maanmittauslaitokselta saatu rantaviiva ja tiestö saattavat olla paikoin ristiriidassa keskenään, jolloin osa teistä saattaa osua veteen. Myös Suomen ympäristökeskukselta saadut luonnonsuojelualueet poik-keavat osin Maanmittauslaitokselta saaduista luonnonsuojelualueista. Virastossa luote-taan enemmän alkuperäiseen aineistoon eli tässä tapauksessa Suomen ympäristökeskuk-sen aineistoon. (33.) Kuvassa 9 on esimerkki Maanmittauslaitokselta tilatuista korkeus-käyristä, jotka risteävät toisiaan.



Kuva 9. Risteävät korkeuskäyrät (34).

## 5.2 FME-tarkastukset

FME (Feature Manipulation Engine) on monipuolinen, erilaisiin paikkatiedon formaattimuunnoksiin erikoistunut ohjelmisto, jonka avulla voidaan myös vertailla eri aineistoja. Merikartoituksessa FME-ohjelmisto otettiin käyttöön Katiskan laadunhallintaa varten vuonna 2009, ENC-aineistojen tarkastajien käytössä se on ollut jo aiemmin.

FME WorkBench on interaktiivinen työpöytä, jolla voidaan lukea eri paikkatietoformaatteja. Merikartoituksessa tätä ohjelmaa käytetään ESRIn Katiska- ja SYVÄ-tietokantojen sekä ENC-datan, AutoCAD-tiedostojen, shape-tiedostojen ja Exceltaulukoiden lukemiseen. FME WorkBenchin avulla voidaan myös kirjoittaa useita formaatteja. (33; 35.)

Käytännössä laaduntarkastuksessa FME:llä luetaan kohdeluokkia Katiska-tietokannasta mittakaavatasoittain, tehdään kohteiden välillä erilaisia Katiska-sääntöihin perustuvia topologia-, geometria- ja attribuuttivertailuja ja kirjoitetaan tulokset (virheet) erilliseen shape-tiedostoon. FME-ajot ovat osittain samoja kuin Katiskan laaduntarkastusajot, mutta on myös paljon ajoja, joita Katiska-järjestelmään ei ole kehitetty. FME-ajot tehdään koko tietokannan alueelle ja suoraan Katiska-kantaan, jolloin saadaan esille juuri

sillä hetkellä tietokannassa olevat virheet. Virheiden korjailuja ei FME:llä voi Katiskakantaan tehdä, vaan Katiska-käyttäjät korjaavat virheet tietokantaan käyttäen apuna FME-ajoista saatavia shape-virhetiedostoja.

FME-ajojen avulla SYVÄ- ja Katiska-tietokannoista voidaan muun muassa etsiä päällekkäisiä kohteita ja navigointilinjoja, jotka osuvat rantaviivaan tai löytää tiet, jotka kulkevat vesialueella. Tämän työkalun käyttöönotto osaksi Katiskan laadunhallintaa vähensi korjauspyyntöjen määrää huomattavasti ENC-pöytäkirjoissa. (33; 35.)

### 5.3 Tarkastus

Yksi tärkeimmistä laadunhallintaan vaikuttavista seikoista on merikartoille suoritettavat tarkastukset. Kartat tarkastetaan aina ennen kuin ne julkaistaan. Tarkastusvaiheessa kartat tarkastetaan eri tavoin riippuen siitä, ovatko ne painettuja vai elektronisia merikarttoja. (35.)

Elektronisille merikartoille suoritetaan ensin tekninen validointi. Tässä varmistetaan, että elektroninen merikartta vastaa tietosisällöltään ENC:n tuotemäärittelyä sekä kansainvälistä S-58-laatustandardia. Tämän jälkeen ammattimerenkulkija tarkastaa ENC:n tietosisällön vertaamalla tuotetta perusrekistereihin ja painettuun karttaan.

ENC-solu on validoitu, kun kahdella eri tarkastusohjelmalla suoritettavat S-58-standardia noudattavat tarkastukset on tehty ja löytyneet virheet korjattu. Käytännössä kaikki ohjelmien löytämät havainnot eivät kuitenkaan ole virheitä, vaan osa havainnoista on järjestelmän ilmoittamia varoituksia. (35.)

Validointi aloitetaan ENC-solun prosessoinnilla. Prosessoinnin seurauksena datan geometria- ja tietomalli muuttuu S-57 standardin mukaiseksi. Solun prosessoiduttua tarkastetaan, että prosessi on mennyt läpi eikä solulla ole virheitä. Mikäli solusta löytyy virheitä, korjataan ne ENC Designer -ohjelmalla. Virheet ovat geometria- ja ominaisuustietovirheitä ja -varoituksia. Käytännössä työ on virheiden ja varoitusten tulkintaa, alkupeuran selvittämistä ja ongelman ratkaisua. ENC Designer -ohjelmalla voidaan virheet korjata nopeasti kyseiselle tuotteelle, mutta kaikki muutokset tulee kuitenkin tehdä myös

tietokantaan Katsimaan. Tämän johdosta löytyneet virheet kirjataan ENC-oikolukupöytäkirjaan, josta ne korjataan tietokantaan. Pöytäkirjaan kirjataan, millainen virhe on kyseessä, missä se on ja miten se pitäisi korjata.

ENC-solun maksimikoko on viisi megatavua, joten solulta täytyy poistaa kaikki ylimääräinen data. Tämän takia teknisessä tarkastuksessa käytetään ENC Optimizer -ohjelmaa. Ohjelman avulla voidaan poistaa solulta turhaa tietoa, kuten taitepisteitä, jotka ovat suoralla linjalla sekä duplikaattikohteita eli sellaisia kohteita, jotka ovat ainakin osittain toistensa päällä. Ohjelma yhdistää identtistä geometriaa sekä ominaisuustietoa ja pystyy tarpeen vaatiessa yleistämään kohteita. (35.)

Teknisen tarkastuksen jälkeen tarkastetaan solun tietosisältö. Aluksi solu tarkastetaan FME-työkalulla tapahtuvien automaattisten tarkastusten avulla. Solun tietosisältö tarkastetaan aina myös taustarasteria vasten. Seuraavaksi oikaisukartan avulla varmistetaan, että solun alueelle tulleet muutokset ovat oikein. Aineistoa vertaillaan muihin mittakaavatasoihin. Väylätiedot sekä niiden välittömässä läheisyydessä olevat syvyystiedot käydään läpi erityisen huolellisesti. Lopuksi kaikki havaitut korjailutarpeet sekä niille tehdyt toimenpiteet merkitään oikolukupöytäkirjaan. Ensimmäisen tarkastuksen jälkeen löytyneet virheet korjataan tietokantoihin ja ENC-soluille, jonka jälkeen solut tarkastetaan uudelleen niiltä osin kuin niihin on tehty muutoksia. Tarkastusten jälkeen ENC-solu toimitetaan Primariin, joka on alueellinen ENC-jakelupalvelukeskus Norjassa. Primar tarkastaa lähetetyt validointitiedostot ja koekäyttää ENC-solun ECDIS-järjestelmässä. Solu vapautetaan myyntiin haluttuna ajankohtana, kun Primar on sen ensin hyväksynyt. ENC-solu toimitetaan asiakkaalle esimerkiksi DVD-levyllä tai Internet-yhteydellä.

Painettu merikartta tarkastetaan valopöydällä oikaisukarttaa vasten. Kartasta varmistetaan, että muutokset ovat tulleet kartalle oikein. Kartta käydään järjestelmällisesti läpi ja siitä pyritään havaitsemaan tietojen väliset ristiriitaisuudet, poikkeamat määritelmiin ja mahdolliset navigointiturvallisuutta vaarantavat asiat. Jokaista kartan tietoa ei kuitenkaan käydä läpi, vaan karttaa tutkitaan harkiten kohdeluokkien ja alueellisen merkittävyyden mukaisesti. Korjaustarpeet merkitään nSector-muovin reunoille. Lopuksi muovi toimitetaan merikarttatietokannan käsittelijöille korjattavaksi. (35.)

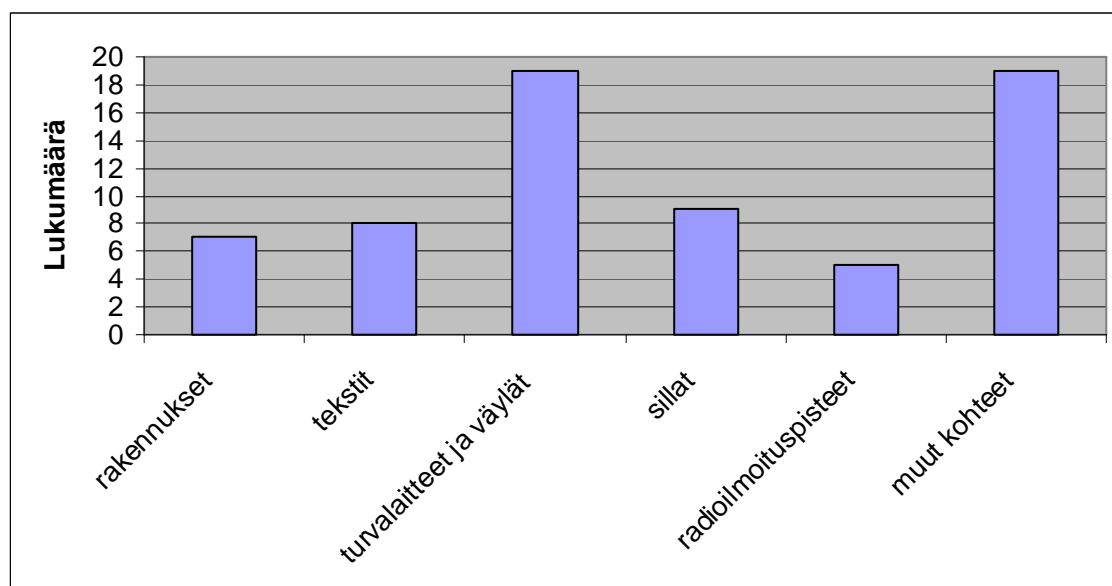
Kartta tulee uudestaan tarkastukseen kun pyydetyt korjailut on tehty. Kartasta tarkastetaan kaikki korjatut kohdat. Kartta on yleensä kolmen tarkastuskierroksen jälkeen julkaisukelpoinen. Lopuksi annetaan lupa rasterin tekemiseen. Tämän jälkeen kartan tietoihin ei enää ole mahdollista vaikuttaa, vain pieniä siistimisiä voidaan suorittaa. Rasteri tarkastetaan vielä kerran ja hyväksytetään kahdella eri tarkastajalla. Lopuksi kartta lähetetään painoon. (35.)



## 6 Merikartoitusprosessissa toistuvien virheiden tutkimus

### 6.1 Painetuilla kartoilla toistuvat virheet

Tässä työssä tutkittiin painettujen ja elektronisten merikarttojen tarkastuksessa löytyviä virheitä ja analysoitiin niiden taustatekijöitä. Työn tarkoituksena on löytää usein toistuvia virheitä ja pohtia, miten niitä voitaisiin jatkossa vähentää. Työssä tutkittiin yhteensä yhdeksän painetun merikartan vedosta, joiden reunamarginaaliin oli merkitty karttoihin kohdistuvat korjauspyynnöt. Näistä kolme oli rannikkokarttoja, kolme satamakarttoja ja yksi yleiskartta, josta tutkittiin kolmea eri tulostetta. Korjauspyynnöistä poimittiin tietokantaan tehtävät muutokset. Löytyneet virheet jaettiin kahteen ryhmään sen mukaan, kuuluvatko ne SYVÄ- vai Katiska-ohjelmissa käsiteltäviin kohdeluokkiin. Kuvaan 10 on koottu Katiskaan kuuluvat korjauspyynnöt ja kuvaan 11 SYVÄ-ohjelmalla korjattavat virheet.



Kuva 10. Katiska-virheiden määrä painetuilla merikartoilla

Kuvasta 10 on nähtävissä Katiska-virheiden määrä tutkituilla painetuilla merikartoilla. Virheistä toistuvat selkeästi useimmin turvalaitteita ja väyliä koskevat korjauspyynnöt. Näiden kohteiden muokkaamista ei tehdä Merikartoituksessa, vaan niiden korjaaminen tapahtuu niin sanotun VATU/VÄRE-päivityksen kautta. Tulosteisiin merkityt väylätie-

tojen korjauspyynnöt toimitetaan Väylänpidon vastuualueelle muokattaviksi. Näin varmistetaan, että tiedot päivittyvät Väylänpidon vastuualueen hallinnoimiin turvalaite- ja väylätietojen perusrekistereihin, joista VATU/VÄRE-päivitys hakee muuttuneet kohteet Katiskaan. (36.) Muuttuneita turvalaitteita ja väyliä koskevat korjauspyynnöt käsittivät suurimmaksi osaksi turvalaitteiden valojen ja muiden ominaisuustietojen muuttamista sekä väylälinjan madaltamista.

Seuraavaksi eniten korjauspyyntöjä yhtä kohdeluokkaa kohden kohdistui siltoihin. Näitä oli yhteensä yhdeksän. Siltoihin liittyvät muutokset koskivat lähinnä niiden korkeustietojen muuttamista. Lisäksi tulosteella pyydettiin lisäämään kaksi siltaa ja poistamaan maalla sijaitseva silta.

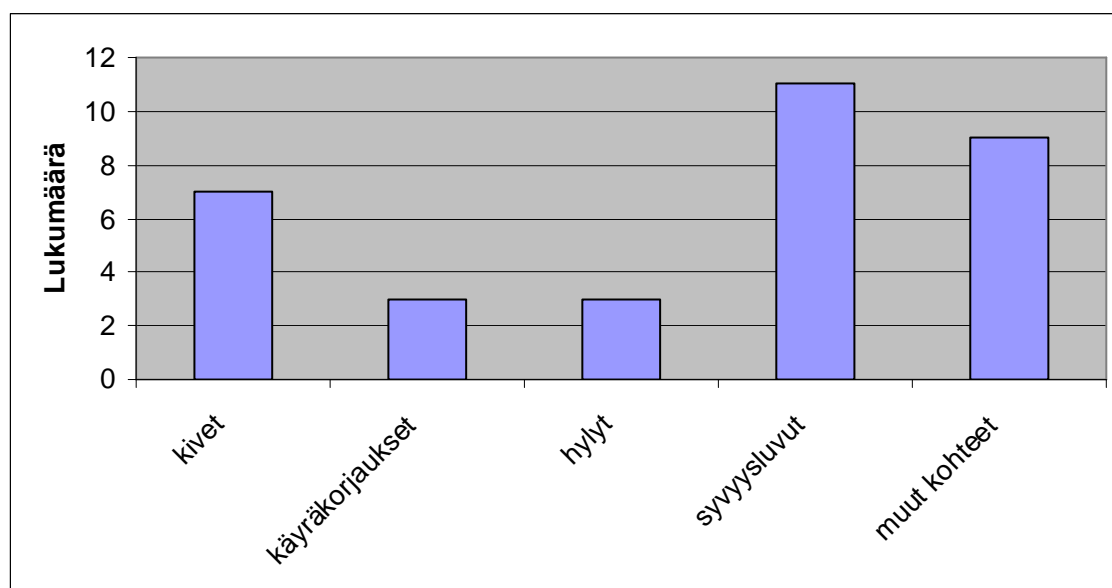
Rakennuksia koskevia korjauspyyntöjä oli yhteensä seitsemän. Näistä suurin osa koski purettujen rakennusten poistamista tietokannasta sekä rakennusten ominaisuustietojen lisäämistä. Kaksi korjauspyyntöä liittyi karttojen luettavuuden ja selkeyden parantamiseen. Toisessa pyydettiin poistamaan kirkko, koska tulosteessa oli kaksi kirkkoa liian lähellä toisiaan eikä symboleista saanut kunnolla selvää. Toinen korjauspyyntö käsitti useiden rakennusten poistamisen taajama-alueelta. Merikartoilla esitetään taajamat alueina ilman rakennuksia, poikkeuksena ovat ainoastaan laivaliikenteelle tärkeät tehdas- ja satama-alueet.

Tekstejä koskevia korjauspyyntöjä oli yhteensä kahdeksan. Kaksi näistä johtui tietokannassa olevista kirjoitusvirheistä, kahdessa tapauksessa teksti piti siirtää toiselle kohdeluokalle ja kolmessa tapauksessa tietokannasta puuttui tekstiä. Lisäksi korjauspyynnöissä oli sataman nimen muuttuminen.

Radioilmoituspisteitä tai niihin liittyviä tunnuksia koskevia korjauspyyntöjä oli taulukon mukaan melko paljon, mutta näitä selittää muutettavien pisteiden korkea määrä yleiskartalla. Muilla kartoilla radioilmoituspisteisiin liittyviä virheitä ei ollut. Radioilmoituspisteisiin liittyvät ongelmat käsittivät lähinnä pisteisiin liittyvien kaistanuolien lisäämistä ja poistamista. Tämä taas johtuu laivaliikenteen muuttuneista kulkureiteistä.

Lisäksi korjauspyyntönä oli ilmoituspisteisiin liittyvien tekstikenttien tietojen lisääminen.

Korjauspyyntöjen perusteella suurimman ryhmän muodostavat turvalaitteiden ja väylien ohella muut maastokohteet. Karttatulosteissa pyydettiin poistamaan lintujen tarkkailulava ja muuttamaan useiden nostureiden sijaintia. Lisäksi pieneltä lammelta pyydettiin poistamaan kasvillisuus, koska ei-navigoitavilla vesialueilla ei saa olla mitään ylimääräisiä kohdeluokkia. Yhdellä karttatulosteella pyydettiin myös poistamaan ankkurointi-paikka sekä tulli ja toiselle lisäämään sellaiset. Korjauspyyntönä oli myös teiden osien yhdistäminen, koska nSector-ohjelma ei piirrä useista pienistä pätkistä muodostunutta tietä yhtenäisenä viivana vaan osa näistä tienpätkistä jää kuvautumatta kartalle. Näiden lisäksi yleiskartan toisessa tulosteessa pyydettiin poistamaan kaapeli sekä suoja-alueen raja, koska tietokannassa molempia oli kaksi päällekkäin.



Kuva 11. SYVÄ-virheiden määrä painetuilla merikartoilla

Kuvassa 11 on esitetty SYVÄ-ohjelman sisältämät virheet tutkituilla painetuilla merikartoilla. Taulukon mukaan eniten epäkohtia havaittiin syvyysluvuissa, näitä oli yhteensä 11 kappaletta. Suurin osa syvyyslukuja koskevista korjauksista koski lukujen lisäämistä kartoille. Lisäksi seitsemän syvyyslukua pyydettiin poistamaan. Näistä yksi luku sijaitsi maalla, kaksi lukua oli kiven välittömässä läheisyydessä ja kaksi lukua oli turhia.

Yhden syvyysluvun syvyys pyydettiin antamaan lähellä sijaitsevan kiven syvyydeksi ja yksi syvyysluku pyydettiin muuttamaan vedenrajassa olevaksi kiveksi. Syvyyslukuihin liittyi myös kaksi korjauspyyntöä, jotka olivat SYVÄ-ohjelmassa kuitenkin oikein. Nämä johtuivat ohjelmien välisessä tiedonsiirrossa tapahtuneesta virheestä, jolloin tieto ei ollut siirtynyt tietokantaan.

Kiviä koskevia virheitä oli myös melko paljon, yhteensä seitsemän korjauspyyntöä. Näistä kaikki liittyi kivien poistamiseen. Kolmessa tapauksessa useat lähekkäiset kivet piti muuttaa kivikko-symboleiksi sekä loput koskivat ei-navigoitavissa vesialueissa olevien kivien poistamista.

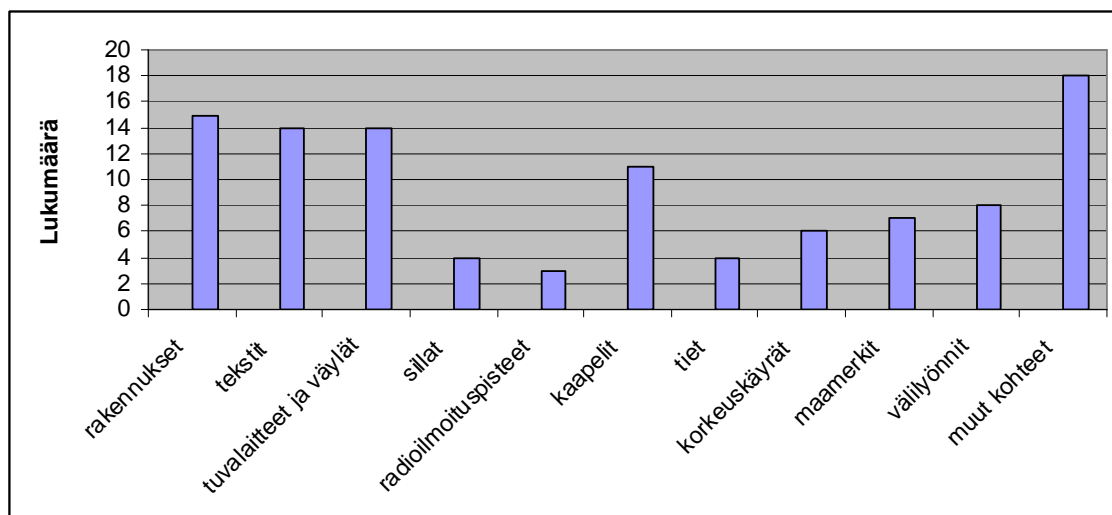
Käyräkorjauksia ja hylkyjä oli molempia yhteensä kolme. Kolmen metrin syvyyskäyrää pyydettiin siirtämään neljän metrin varmistetulta alueelta, yhtä käyrää piti muokata sekä yksi pieni käyrä pyydettiin poistamaan kokonaan. Kaksi hylkyihin liittyvää korjauspyyntöä koski hyllyn symbolin muuttamista. Toisessa tapauksessa oli kuitenkin tapahtunut virhe tiedonsiirrossa, jolloin hylky oli SYVÄ-ohjelmassa oikein, mutta tieto ei ollut siirtynyt Katiskaan. Lisäksi kaksi hylkyä pyydettiin poistamaan tietokannasta.

Muut kohteet -ryhmän muodostavat kaikki muut kohdeluokat, joita on yhteensä viisi: syvyysalueet, merenmittauksen laatu, rantarakenteet, rantaviiva ja yleisalueet. Näitä korjauspyyntöjä tuli yhteensä yhdeksän, joista suurin osa kohdistuu satamilta tulleisiin muutoksiin. Näitä olivat laitureiden ja rantaviivan muutokset. Lisäksi kolme ponttoonaa pyydettiin muuttamaan maa-alueeksi ja pienet lammet ei-navigoitavaksi vesialueeksi. Korjauspyynnöissä oli myös kolme poistunutta matalaa, jotka pyydettiin palauttamaan kartalle sekä lisäämään ja muuttamaan muutama merenmittauksen laatuluokitus.

## **6.2 ENC-pöytäkirjoissa usein toistuvat virheet**

Toinen virheanalyysi koskee ENC-pöytäkirjoja. Elektronisten merikarttojen laadunhallinnassa käytetään erilaisia tarkastusohjelmia, joista saadaan karttoihin kohdistuvat virheet esiin. Näistä laaditaan ENC-pöytäkirjat, jotka lähetetään korjattaviksi. Kuvaan 12

on kirjattu kaikki Katiska-ohjelmalla tehtävät muutokset ja kuvaan 13 SYVÄ-ohjelmalla tehtävät korjaukset.



Kuva 12. Katiska-virheiden määrä elektronisilla merikartoilla

Kuten kuvasta 12 on nähtävissä, koostuvat ENC-pöytäkirjoista tulleet virheet selvästi useammasta kohdeluokasta kuin painettujen karttojen muovitulosteella olleet virheet. Tämä johtuu siitä, että muovitulosteella olleista virheistä valittiin tähän työhön vain SYVÄ- ja Katiska-ohjelmilla tehtävät korjaukset. nSector-ohjelmalla voidaan suorittaa sellaisia kartografisia korjauksia, joita ei tietokantaan tarvitse muuttaa, esimerkiksi viittojen kallistuksia ja muita pieniä kohdeluokkien siirtoja, mikä helpottaa kartan luettavuutta.

Kohdeluokista suurimman ryhmän muodostavat rakennukset. Näihin kohdistuvia korjauspyyntöjä oli yhteensä 15 kappaletta. Määrällisesti suurin osa rakennuksiin kohdistuvista korjauksista tuli tietokannassa olevien päällekkäisten talojen poistamisesta sekä vedessä olevien talojen muokkaamisesta. Kaksi korjauspyyntöä liittyi rakennusten yhdistämiseen, ja näiden lisäksi muutamia rakennuksia pyydettiin poistamaan tai lisäämään.

Seuraavaksi suurimman ryhmän muodostivat teksteihin sekä turvalaitteisiin ja väyliin liittyvät korjauspyynnöt. Tekstien suurta virhemäärää verrattuna painettujen karttojen tekstien virheisiin selittää niiden siirtämiseen liittyvät korjauspyynnöt. Painettujen kart-

tojen osalta monien tekstien siirtäminen tehdään nSectoria käyttäen. Elektronisiin merikarttoihin aineisto tulee suoraan tietokannasta, jolloin tekstien tulee olla oikeassa paikassaan.

Teksteihin liittyvät korjauspyynnöt liittyivät suurimmaksi osaksi niiden siirtämiseen. Tekstejä piti myös poistaa tai lisätä, kuten saarelta tai satamalta puuttuva nimi. Lisäksi muutaman kohdeluokan nimi piti siirtää jollekin toiselle kohdeluokalle. Tästä esimerkkinä mainittakoon vesistönimi, joka tuli siirtää ei-navigoitavalle joelle.

Turvalaitteisiin ja väyliin kohdistui useita korjauksia. Suurin osa näistä oli turvalaitteiden valoihin ja muihin ominaisuustietoihin liittyviä korjauksia. Lisäksi korjattavaksi tulivat väylän osan poistaminen, väylän osuminen maa-alueelle sekä väylän suuntiin liittyvät virheet. Nämä korjataan kuitenkin VATU/VÄRE -päivityksen kautta.

Kaapeleihin liittyviä korjauspyyntöjä oli yhteensä 11 kappaletta. Valtaosa kaapeleihin kohdistuvista muutoksista johtui tietokannassa päällekkäin tai hyvin lähellä toisiaan olevista kaapeleista. Kuusi vedenalaista kaapelia osui hieman maa-alueelle ja kaksi kaapelia pyydettiin yhdistämään toisiinsa.

Välilyönteihin liittyviä korjauspyyntöjä oli kahdeksan, mutta määrällisesti korjattavia välilyöntikohteita oli huomattavan paljon. Näiden korjaaminen käy kuitenkin melko nopeasti, koska kenttiä voidaan korjata kerralla suuri joukko. Välilyönnit kohteiden ominaisuustietokentissä aiheuttaa ongelmia ENC:lle.

Korkeuskäyrien korjauspyyntöjä oli yhteensä kuusi. Määrällisesti näitäkin kohteita oli kuitenkin melko paljon, koska tarkasteltavien solujen kohdilla käyriä oli tietokannassa päällekkäin 45 kappaletta. Lisäksi kaksi korkeuskäyrää pyydettiin poistamaan ja yhdelle antamaan korkeus.

Korjauspyynnöissä oli yhteensä kolme lisättävää, kaksi siirrettävää ja kolme poistettavaa maamerkkiä. Lisäksi kolmelle maamerkille piti muuttaa ominaisuustietoja. Yksi korjauspyyntö liittyi tietolähteiden ristiriitaan, koska Maanmittauslaitokselta saatu mas-

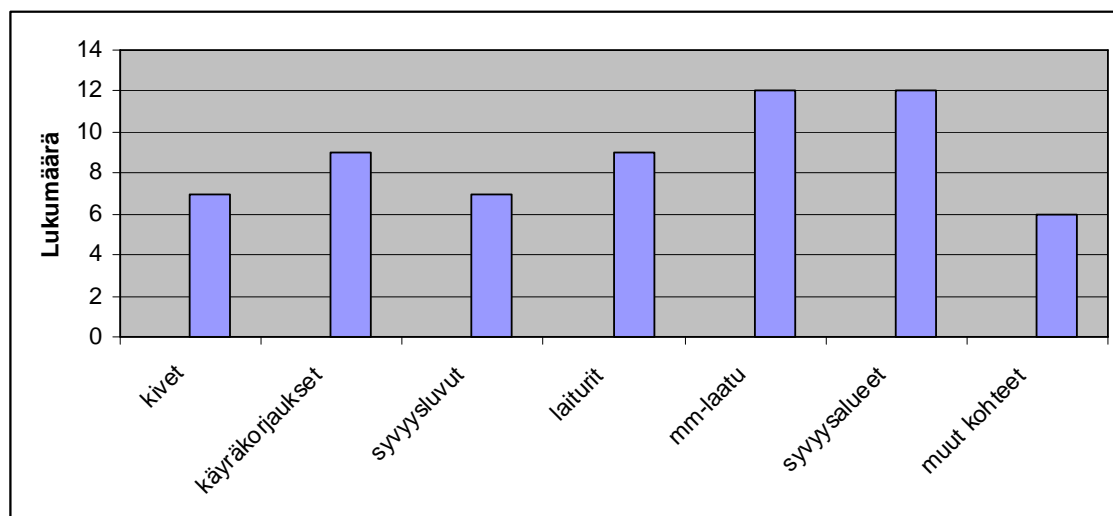
to sijaitsi alle metrin päässä Väylänpidosta saatua turvalaitetta. Masto pyydettiin poistamaan, koska käytännössä nämä kaksi tarkoittivat samaa merkkiä.

Siltoja ja teitä koskevia virheitä oli melko vähän, molempia vain neljä. Siltoja koskevat muutokset tarkoittivat kahden sillan muuttamista tieksi, kolmen sillan korkeuden korjaamista, siltojen ominaisuustietojen muuttamista sekä kahden sillan poistamista. Teihin liittyvistä korjauspyynnöistä kolme koski tietokannassa päällekkäin olevien teiden poistamista sekä yksi pienen tienpätkän poistamista.

Radioilmoituspisteisiin kohdistui vain kolme korjauspyyntöä. Kaksi näistä koski radioilmoituspisteisiin liittyvien alueiden lisäämistä ja yksi ominaisuustiedon korjaamista.

Muut kohteet muodostavat korjauspyyntöjen suurimman joukon. Näistä eniten virheitä liittyi nostureiden tietojen muokkaamiseen. Lisäksi muita satamalta tulleita muutoksia olivat esimerkiksi satamien lisääminen ja satama-alueen siirtäminen pois maa-alueelta. Telakat aiheuttivat myös kaksi korjauspyyntöä pöytäkirjoihin. Yksi kuivatelakka sijaitsi vedessä, ja toisessa pöytäkirjassa pyydettiin siirtämään telakan porttia. Lisäksi muihin kohteisiin kuului mareografin ja padon siirtäminen, diktaalini eli mereen rakennetun tuen lisääminen sekä magneettisen häiriöalueen ja päällekkäin olevien kohteiden, kuten hautausmaiden poistaminen.

ENC:lle virheitä aiheuttavat kaikki kohteet, joiden viivojen taitepisteet sijaitsevat solurajan välittömässä läheisyydessä. Muut kohteet -ryhmään kuului korjauspyyntö korkeuskäyrästä, jonka taitepiste osui juuri tälle alueelle. Toinen ENC:lle ongelmia aiheuttava seikka on kohteen ylittyminen datarajasta. Pöytäkirjoissa oli neljä tietä, jotka ylittivät nämä rajat.



Kuva 13. SYVÄ-virheiden määrä elektronisilla merikartoilla

Kuvasta 13 on nähtävissä, että tutkituilla elektronisilla merikartoilla SYVÄ-ohjelmalla korjatuista virheistä useimmin toistui syvyysalueita ja merenmittauksen laatua koskevat virheet. Syvyysalueisiin kohdistuvat muutokset liittyivät lähinnä alueiden muokkaamiseen. Syvyysalueiden muuttamista ei-navigoitaviksi vesialueiksi oli yhteensä neljällä pöytäkirjalla, näistä kaksi koski jokien muuttamista navigointiin sopimattomiksi. Lisäksi pöytäkirjoissa pyydettiin yhdistämään syvyysalueita. Merenmittausten laatua koskevat virheet johtuivat yleisesti laatujen osien puuttumisesta tietokannasta. Neljä merenmittausten laatua piti myös yhdistää ja yhteensä yhdeksän päällekkäin olevaa merenmittausten laatua poistaa tai muokata. Kahdelle solulle aiheutuneita korjauspyyntöjä laatujen päällekkäisyydestä selittää se, että työkalu, jolla Katiska-ohjelma laadut muodostaa, ei toiminut laatuja tehtäessä kunnolla.

Syvyyskäyriin ja laitureihin kohdistui molempiin yhteensä yhdeksän korjauspyyntöä. Syvyyskäyristä viisi johtui käyrien risteämisistä. Lisäksi yksi syvyyskäyrä osui maalle ja kolme käyrää piti siirtää. Yksi syvyyskäyrä piti muuttaa rantaviivaksi, ja kaksi syvyyskäyrän pientä pätkää oli turhia, joten ne piti poistaa. Laitureista suurin osa johtui satamilta tulleista muutoksista. Satamamuutosten myötä laitureiden paikat olivat hieman muuttuneet, osa laitureista oli poistunut ja joitakin laitureita oli tullut lisää. Viiden laiturin osalta korjaukset kohdistuivat laitureiden nimiin. Yksi laituri oli satamakartassa erimuotoinen kuin rannikkokartassa, joten se piti muokata samanlaiseksi.



Kiviin ja syvyyslukuihin kohdistui molempiin seitsemän korjauspyyntöä. Kivien osalta suurin osa virheistä johtui niiden ominaisuustietojen virheistä. Syvyysarvona ei saa olla arvoa nolla, joka kuitenkin esiintyi useilla kivillä. Kivien nimet täytyy myös tarkastaa aina kiviä editoitaessa, koska nimet täytyy ilmoittaa aina kolmessa eri ominaisuustietokentässä. Yksi korjauspyyntö liittyi tähän, koska kiven nimi oli vain yhdessä kentässä. Lisäksi kiviä pyydettiin poistamaan ja lisäämään. Kartalle pyydettiin lisäämään yksi puuttuva kivi sekä yhteensä kolme kiveä piti poistaa, koska samalla kohtaa oli kaksi kiveä päällekkäin. Syvyyslukuihin liittyvät korjaustoimenpiteet koskivat lukujen muokkaamista ja poistamista. Syvyyslukuja oli myös päällekkäin, jolloin toinen luku samasta kohtaa tuli poistaa. Korjattavaksi tuli myös kahden syvyysluvun syvyyden muutos sekä kahden luvun muuttaminen vedenrajassa olevaksi kiveksi.

Muut kohteet -ryhmä muodostui kuudesta korjauspyynnöstä, joten se jäi vertailussa pienimmäksi ryhmäksi. Tähän kuuluu rantaviivan muokkaaminen satama-alueella tapahtuneiden muutosten johdosta, haraustason syvyyden muuttaminen, telakkaan kohdistuvat muutokset sekä ponttooneiden muuttaminen maaksi. Lisäksi virhettä aiheutti merenmittausten laadun ja rantaviivan välinen aukko, joka johtui ohjelmien tiedonsiirrossa tapahtuneesta ongelmasta.

## 7 Virheiden analysointi

Tässä luvussa analysoidaan tutkittujen painettujen merikarttojen vedoksien ja ENC-pöytäkirjojen sisältämiä virheitä. Yleisesti todettakoon, että suurin riski järjestelmien käytössä piilee käyttäjien tekemissä virheissä. Tietojen syöttäjän tulee aina huolellisesti tarkistaa, että syötettävät tiedot tulevat tietokantaan oikein.

### 7.1 Painetut merikartat

Tutkituissa painettujen karttojen muovitulosteissa esiintyi rakennusten poistoon liittyviä korjauspyyntöjä, joissa ongelmana oli kartan luettavuuden ja selkeyden heikentyminen. Tulosteella oli kaksi kirkkoa niin lähekkäin, ettei symboleista saanut kunnolla selvää. Toinen ongelma oli useiden rakennuksien sijaitseminen taajama-alueella, jossa ei saisi olla rakennuksia. Maastotietoaineistoa muokattaessa pitäisi aina tarkastaa tämän kaltaiset kohteet visuaalisesti, koska ohjelmassa olevat tarkastusajot eivät ilmoita kaikkia näitä virheitä. Samaa huolellisuutta vaaditaan myös tekstien osalta. Kaksi korjauspyyntöä teksteissä johtui kannassa olevista kirjoitusvirheistä.

Ei-navigoitaviin vesialueisiin liittyi myös korjauspyyntöjä. Tulosteella pyydettiin poistamaan lammelta kasvillisuus sekä kiviä, koska navigointiin sopimattomilla vesialueilla ei saa olla mitään kohdeluokkia. Tulosteessa pyydettiin myös muuttamaan pienet vesialueet ei-navigoitaviksi vesistöiksi. Merikartoituksessa muutetaan pienet vesialueet ei-navigoitaviksi aina rantaviivojen uusimistyössä, minkä takia niitä esiintyy tietokannassa vielä jonkin verran. Nämä virheet tulevat kuitenkin poistumaan ajan myötä.

Tulosteissa pyydettiin poistamaan syvyyslukuja, jotka olivat kivien vieressä tai maalla. Kivien vieressä olevat syvyyspisteet voidaan tulkita kivien syvyydeksi, tai ne voivat muuten vaikeuttaa kartan luettavuutta. Tähän liittyy myös korjauspyyntö, jossa syvyysluku pyydettiin muuttamaan lähellä olevan kiven syvyydeksi. Maa-alueella sijaitsevaa syvyyslukua voidaan selittää sataman maa-alueen siirtymisellä, jonka seurauksena luku on jäänyt maa-alueen alle. Aineiston käsittelijän tulisi katsoa aina, ettei maa-alueelle jää mitään syvyystietoja kuten kiviä tai syvyyslukuja. Nämä jäävät helposti huomaamatta.

Kiviin kohdistui melko paljon virheitä ja ne kaikki liittyivät kivien poistamiseen. Useat lähekkäiset kivet piti korvata kivikko-symbolina, koska symboleista ei enää saanut kunnolla selvää eikä kartta ollut enää luettava. Kiviä editoitaessa on kartan mittakaava näytöllä huomattavan suuri, eikä aineiston käsittelijä välttämättä huomaa tarkastaa, miltä kartta näyttää lopullisessa mittakaavassaan.

## 7.2 ENC-pöytäkirjat

ENC-pöytäkirjoissa teksteihin liittyvät korjauspyynnöt liittyivät suurimmaksi osaksi niiden siirtämiseen. Muuten korjauspyynnöt olivat hyvin samankaltaisia painettujen muovikarttojen kanssa, tekstejä puuttui tietokannasta tai niitä piti muokata.

Kaapeleita koskevia korjauspyyntöjä oli melko paljon ja ne liittyivät kaapeleiden poistamiseen. Kaapelit voivat olla hyvin lähellä toisiaan, tai niitä voi olla päällekkäin, koska osa kaapeleista on tietokannassa monimittakaavassa ja osa ei. Toisella kaapelilla on tieto, että se kuuluu kaikkiin mittakaavoihin ja toisella vain yhteen. Tällöin sama kaapeli esiintyi kahteen kertaan.

Sekä painetuilla merikarttatulosteilla että ENC-pöytäkirjoissa toistuivat satama-alueisiin liittyvät korjauspyynnöt. Satamilta tulleet rantaviiva- ja laituriaineistot tulisi päivittää tietokantaan mahdollisimman nopeasti niiden saavuttua. Näin vältetään tarkastusvaiheeseen syntyvät korjauspyynnöt. Myös tiedonsiirrossa aiheutuneet ongelmat hidastivat merikarttojen valmistusprosessia. Nämä asiat tulee ottaa huomioon tulevaisuudessa järjestelmän kehitystyössä.

Sekä painettujen että elektronisten merikarttojen tarkastuksessa oli huomattava määrä päällekkäin olevia kohteita. Näitä oli eri kohdeluokilla ja eri mittakaavatasoilla. Teknisessä tarkastuksessa käytettävä ENC Optimizer -ohjelma poistaa solulta turhaa tietoa, kuten päällekkäin olevia kohteita. Ohjelma yhdistää identtistä geometriaa sekä ominaisuustietoa ja pystyy tarpeen vaatiessa yleistämään kohteita. Tämän tyyppinen työkalu Katiskassa helpottaisi huomattavasti virheiden etsimistä ja nopeuttaisi merikarttojen valmistusprosessien etenemistä.

Tarkastuksessa löytyi paljon korkeus- ja syvyyskäyrien risteämisiä. SYVÄ-ohjelmasta puuttuu näiden tarkastustyökalu, vain eri kohdeluokkien risteämiset sekä yhdistettävät käyrät voidaan tarkastaa. Myös turhat taitepisteet vievät paljon tilaa. ENC Optimizer -ohjelma poistaa pisteet, jotka ovat suoralla viivalla ja siis turhia. Tämä työkalu olisi hyvä olla myös Katiskassa ja SYVÄ-ohjelmassa. ENC Optimizer -ohjelma yhdistää ENC:lle sellaiset identtiset kohteet, jotka voidaan yhdistää samaksi kohteeksi, kuten pienistä pätkistä koostuva tie. Nämä eivät ole varsinaisesti virheitä, mutta vievät tilaa ja hidastavat tarkastusvaihetta, koska työ tulee tehdä siellä kuitenkin. Katiskassa olevan työkalun käyttö on hidasta, joten ohjelmaan tarvittaisiin parempi työkalu kohteiden yhdistämiseen.

Merikartoitustietojen ylläpidossa ja tarkastuksessa sekä merikartoitusprosesseissa käytetään työn apuna ilmakuvia, joita on kuitenkin välillä vaikeaa löytää. Yhteistyö kuntien, kaupunkien ja Maanmittauslaitoksen kanssa helpottaisi työskentelyä Merikartoituksessa. Maanmittauslaitoksen käyttämä JAKO-tietojärjestelmä sisältää tarkat ja ajantasaiset rantaviivat Suomesta. Järjestelmään on myös tallennettu skannaamalla tarkasti oikeaan mittakaavaan oikaistut ilmakuvat eli ortokuvat. Nykyiset JAKO-järjestelmän sisältämät ortokuvat ovat tarkkoja, ja näiden kuvien avulla pystyttäisiin rantaviiva, kivet ja muut tarvittavat kohteet merkitsemään kartalle luotettavasti. Maastotietokanta ei ole niin tarkka johtuen digitoijan tarkkuudesta tai inhimillisestä suorituskyvystä. Ortokuvat saisivat olla digitoinnin perustana maastotietokanta-aineiston sijaan, koska täydennyskartoituksen johdosta ortokuvista saataisiin paras mahdollinen aineisto.

## Lähteet

- 1 Laki liikennevirastosta 1§. 862/13.11.2009.
- 2 Laki liikennevirastosta 2§. 862/13.11.2009.
- 3 Tietoa Merenkulkulaitoksesta. (WWW-dokumentti.) Merenkululaitos.  
<[http://portal.fma.fi/sivu/intra/intranet/toiminta/mkl\\_tietoa](http://portal.fma.fi/sivu/intra/intranet/toiminta/mkl_tietoa)>. Päivitetty 22.1.2010.  
Luettu 5.2.2010.
- 4 Merikartoitustietojen ylläpitoyksikkö. (WWW-dokumentti.) Merenkululaitos.  
<<http://portal.fma.fi/sivu/intra/intranet/toiminta/merikartoitus/merikartoitustiedot>>  
. Päivitetty 1.2.2010. Luettu 5.2.2010.
- 5 Introduction to IMO. (WWW-dokumentti.) International Maritime Organization.  
<<http://www.imo.org>>. Päivitetty 10.11.2009. Luettu 12.2.2010.
- 6 SOLAS. (WWW-dokumentti.) Det Norske Veritas.  
<[http://www.dnv.fi/toimialat/meritekniikka/palvelut\\_ratkaisut/lakisaateiset\\_palvelut/solas](http://www.dnv.fi/toimialat/meritekniikka/palvelut_ratkaisut/lakisaateiset_palvelut/solas)>. Päivitetty 5.12.2009. Luettu 20.2.2010.
- 7 MARPOL 73/78 –yleissopimus. (WWW-dokumentti.) Liikennevirasto.  
<[http://portal.fma.fi/sivu/www/fma\\_fi/merenkulun\\_palvelut/ympariston\\_suojelu/MARPOL\\_7378\\_yleissopimus](http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi/merenkulun_palvelut/ympariston_suojelu/MARPOL_7378_yleissopimus)>. Päivitetty 4.2.2010. Luettu 20.2.2010.
- 8 International Hydrographic Organization. (WWW-dokumentti.) About the IHO.  
<<http://www.iho-ohi.net/english/home/about-the-iho/about-the-iho.html>>. Päivitetty 1.3.2010. Luettu 15.3.2010.
- 9 Helsinki Commission. About HELCOM. (WWW-dokumentti.)  
<<http://www.helcom.fi/helcom>>. Päivitetty 25.3.2009. Luettu 20.2.2010.
- 10 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2003/103/EY. (WWW-dokumentti.)  
<<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:323:0033:0061:FI:PDF>>. Päivitetty 3.12.2008. Luettu 20.2.2010.

- 11 Alusten ja satamarakenteiden kansainvälinen turvasäännöstö (ISPS). (WWW-dokumentti.) <[http://www.dnv.fi/toimialat/meritekniikka/palvelut\\_ratkaisut/lakisaateiset\\_palvelut/isps](http://www.dnv.fi/toimialat/meritekniikka/palvelut_ratkaisut/lakisaateiset_palvelut/isps)>. Päivitetty 5.12.2009. Luettu 20.2.2010.
- 12 Niemelä, Osmo. Maasto ja kartta. Kartanvalmistajan ja kartankäyttäjän käsikirja. Keuruu: Otava, 2004.
- 13 Liikennevirasto. Merikartat 2010. Helsinki: John Nurminen Marine Oy, 2010.
- 14 Rannikkokartta 21, Hanko-Jussarö 1:50 000. Helsinki: John Nurminen Marine Oy, 2006.
- 15 Strang, Jan, Harju, Erkki-Sakari & Laurell, Seppo. Suomenlahden saaristokartasto 1880. Uusintapainos K.G. Ekebomin merikartoista Viipurista Hankoon. Porvoo: WGBBookwell, 2006.
- 16 Niemelä, Osmo. Suomen karttojen tarina 1933-1997. Näin Suomi kartoitettiin katseltavaksi. Helsinki: Karttakeskus Oy, 1998.
- 17 Horst, Hecht, Berking, Bernhard, Buttgenbach, Gert, Jonas, Mathias & Alexander, Lee. The electronic chart. Functions, Potential and Limitations of a new Marine Navigation System. GITC bv, Lemmer, 2006.
- 18 Virtanen, Janne. Varmistettujen lisäalueiden määrittäminen ammattimerenkulun tarpeisiin. Opinnäytetyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2006.
- 19 Rannikkokartta 18, Helsingin edusta 1:50 000. Helsinki: John Nurminen Marine Oy, 2008.
- 20 Timonen, Jorma. Suunnittelija, Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 21.4.2010.
- 21 Ruori-toimintajärjestelmä. Liikenneviraston Intranet. Päivitetty 2010. Luettu 15.1.2010.
- 22 Maarit Mikkelsen. Muutostietojen hallinnan kehittämisprojekti. Liikennevirasto. Väliraportti. 2008.

- 23 Mononen, Jyrki. Toimistoinsinööri. Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 10.2.2010.
- 24 Sandberg, Ralf. Tarkastaja. Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 19.2.2010.
- 25 Niemeläinen, Mari. Tarkastaja. Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 19.2.2010.
- 26 Rosqvist, Mikael. Jaospäällikkö. Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 19.3.2010.
- 27 Ahvenainen, Riina. Tarkastaja. Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 19.3.2010.
- 28 Silvennoinen, Jenni. Merenmittauksen laatuohje. Raportti. Liikennevirasto, Helsinki. 2009.
- 29 Laiho, Risto. Maastotietoaineiston uusiminen katiska-kantaan. Raportti. Liikennevirasto, Helsinki. 2009.
- 30 Pedersen, Leena. Karttateknikko. Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 20.4.2010.
- 31 Eskola, Outi. Paikkatietoasiantuntija. Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 20.4.2010.
- 32 Liikennevirasto. Syvyysaineistotyö. 15.4.2010. Kuva Katiska-tietokannassa olevista syvyyskäyristä.
- 33 Laiho, Risto. Valmistelija. Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 20.4.2010.
- 34 Liikennevirasto. Maastotietoaineistotyö. 15.4.2010. Kuva Katiska-tietokannassa olevista korkeuskäyristä.
- 35 Kuusijärvi, Teppo. Tarkastaja. Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 20.4.2010.
- 36 Ihatsu, Pirjo. Tarkastaja. Liikennevirasto, Helsinki. Keskustelu 20.4.2010.