



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Juho Kannari

Syvyystietojen uusiminen merikartoille automaattisin menetelmin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Maanmittaustekniikka

Insinööriytyö

15.4.2019

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Juho Kannari Syvyystietojen uusiminen merikartoille automaattisin menetelmin 35 sivua + 1 liite 15.4.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	maanmittaustekniikka
Ohjaajat	lehtori Ilkka Partonen ylitarkastaja Teppo Kuusijärvi tarkastaja Topi Filppula
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia Liikenne- ja viestintävirasto Traficomissa käyttöön otettavan uuden merikarttatuotantojärjestelmän menetelmiä syvyystietojen uusimisen automatisoinnin kannalta. Toistaiseksi syvyyskäyrät on digitoitu ja syvyysluvut valittu merikartoille lähinnä manuaalisin menetelmin, mikä on ollut hidasta ja henkilöresursseja kuluttavaa. Uuden merikarttatuotantojärjestelmän yhtenä tavoitteena on syvyystietojen tuottamisen tehostaminen ja automatisointi.</p> <p>Insinööriyön tavoitteena oli löytää parhaat menetelmät ja parametrit syvyysmallipinnan muokkaamiseen ja muokatusta syvyysmallipinnasta luotujen syvyyskäyrien muokkaamiseen niin, että lopputuloksena saadaan sekä kartografisesti ja teknisesti laadukkaat että navigoinnin kannalta turvalliset syvyyskäyrät merikartoille. Työssä tarkasteltiin myös uuden merikarttatuotantojärjestelmän (Ahti) menetelmiä syvyyslukujen valintaan. Tavoitteena oli myös tehdä ohje syvyyskäyrien luontia ja syvyyslukujen valintaa varten uudella järjestelmällä.</p> <p>Työ suoritettiin vertailemalla eri menetelmillä ja parametreilla muokatuista syvyysmallipinnoista luotuja syvyyskäyriä itse digitoituihin vertailukäyriin tai arvioimalla, miten itse olisi käyrän piirtänyt. Työssä haettiin menetelmät ja parametrit kaikille eri mittakaavoille, joilta merikarttoja tuotetaan.</p> <p>Työn tuloksena löydettiin menetelmät ja parametrit syvyysmallipintojen muokkaamiseen ja niistä automaattisesti luotujen syvyyskäyrien muokkaamiseen niin, että eri mittakaavan kartoille tulee laadukkaat syvyyskäyrät. Myös menetelmiä syvyyslukujen valintaan tarkasteltiin, ja työn tuloksena syntyi ohje syvyyskäyrien luontia ja syvyyslukujen valintaa varten.</p> <p>Työssä saatujen tulosten avulla päästään hyvin alkuun syvyystietojen automaattisessa uusimisessa, mutta parametrit tulevat kuitenkin todennäköisesti tarkentumaan erityyppisille alueille. Jäljelle jää myös manuaalista käsittelyä vaativia tapauksia.</p>	
Avainsanat	syvyyskäyrä, syvyysmalli, syvyysluku

Author Title	Juho Kannari Automated Renewal of Depth Information on Nautical Charts
Number of Pages Date	35 pages + 1 appendix 15 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Land Surveying
Instructors	Ilkka Partonen, Senior Lecturer Teppo Kuusijärvi, Senior Officer Topi Filppula, Administrative Officer
<p>The objective of this Bachelor's thesis was to examine automated methods for the renewal of depth information on nautical charts in order to, ultimately, speed up the depth information renewing process.</p> <p>The goal was to find the best methods and parameters with which to modify the depth model surface and the automatically generated depth contours in order to create both cartographically and technically good contours on nautical charts. Furthermore, the methods of sounding selection were examined in order to create instructions for depth contour creation and sounding selection.</p> <p>The depth contours that were generated by different methods and parameters were compared to contours digitized by hand. Methods and the parameters were selected for every scale of nautical charts.</p> <p>The final year project succeeded in finding methods and parameters for the automatic generation of good depth contours for every scale of charts. Furthermore, instructions for depth contour creation and sounding selection were created. The automatic renewal of depth information speeds up the process, but there is still need for manual editing.</p>	
Keywords	depth contour, depth model, sounding

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Syvyystiedon uusimisen nykytila	4
2.1	Syvyystiedon uusimisprosessi	4
2.2	Syvyyskäyrien piirtäminen	4
2.3	Syvyyslukujen valinta	6
3	Syvyyskäyrien luonti uudella merikarttatuotantojärjestelmällä	8
3.1	Uusi merikarttatuotantojärjestelmä	8
3.2	Syvyysmallipintojen muokkaus	8
3.2.1	Matalien laajennus	9
3.2.2	Rolling Coin -menetelmä	10
3.2.3	Navigointiturvallinen iteratiivinen Laplace-interpolointi	12
3.3	Syvyyskäyrien muokkaus	14
3.4	Syvyyslukujen valinta	14
4	Työn suorittaminen	16
4.1	Testialueet ja aineisto	16
4.1.1	Sisävesien testialue	16
4.1.2	Ulkomeren testialue	16
4.2	Menetelmät ja työn kulku	17
5	Vertailutulokset	19
5.1	Syvyysmallipinnan muokkaus	19
5.2	Syvyyskäyrien muokkaus	25
5.3	Syvyyslukujen valinta	29
6	Yhteenveto	32
	Lähteet	35
	Liitteet	
	Liite 1. Ohje syvyyskäyrien luontiin ja syvyyslukujen valintaan	

Lyhenteet ja käsitteet

AHTI	Liikenne- ja viestintävirastossa käyttöönotettava uusi merikarttatuotantojärjestelmä.
IHO	International Hydrographic Organization. Kansainvälinen merikartoitusjärjestö.
TRAFICOM	Liikenne- ja viestintävirasto.

1 Johdanto

Merikartta on navigoinnin kannalta tärkein apuväline liikuttaessa vesillä. Merikartoista saa tietoa mm. alueen syvyyksistä ja väyläalueista ja merikartan avulla voi tutkia turvallisia reittejä vesillä liikkumiseen. Ilman ajantasaista merikarttaa ei turvallista vesillä liikkumista voidakaan pitää taattuna. Merikartoilla tietoa pohjan syvyydestä ja topografiasta kuvataan syvyyskäyrien ja syvyyslukujen välityksellä.

Suomessa merikartoituksen järjestämisestä vastaa Liikenne- ja viestintävirasto Traficom. Traficom on liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla toimiva virasto, joka hoitaa liikenteen ja sähköisen viestinnän viranomaistehtäviä [1]. Traficom aloitti toimintansa 1.1.2019, kun virastoon yhdistyivät Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, Viestintävirasto sekä osia Liikennevirastosta [2].

Traficomien merikartoitus julkaisee Suomen meri- ja järviolueilta vesilläliikkujien tarpeisiin painettuja ja elektronisia merikarttoja. Merikartat voidaan ryhmitellä viiteen eri ryhmään suunnitellun käyttötarkoituksensa perusteella taulukon 1 mukaisesti. Merikarttoja julkaistaan pienimittakaavaisista mittakaavaltaan 1:250 000 olevista yleiskartoista aina tarkimpiin 1:5 000 mittakaavan erikoiskarttoihin asti [3]. Suuremmissa mittakaavassa olevassa kartassa esitetään yksityiskohtaisempaa tietoa kuin pienempimittakaavaisessa kartassa.

Painetut yleiskartat ovat mittakaavaltaan 1:250 000 tai 1:100 000, ja ne on tarkoitettu avomeripurjehdukseen ja reittisuunnitteluun. Vastaavat elektroniset merikartat on julkaistu general- ja coastal- mittakaavatasoilla. [4.]

Rannikkokartat ovat mittakaavaltaan 1:50 000 ja vastaavat järviolueiden sisävesikartat 1:40 000, ja ne on tarkoitettu rannikko- ja saaristonavigointiin. Elektronisina merikarttoina rannikkokarttoja vastaavat approach-tason kartat. [4.]

Satamakartat ovat mittakaavaltaan 1:10 000-1:25 000, ja niiden avulla on helpompi liikkua satamissa. Vastaavat elektroniset kartat ovat harbour-tasoisia. Satamakarttojen erikoiskarttojen mittakaavat ovat 1:5 000-1:10 000 ja vastaavat elektroniset kartat berthing-tasoisia. [4.]

Merikarttasarjat ovat rannikolta mittakaavaltaan 1:50 000 ja sisävesiltä 1:10 000-1:40 000 ja ne on tarkoitettu veneilykäyttöön. Niiden suurennosten mittakaavat ovat 1:5 000-1:25 000. Vastaavat elektroniset merikartat ovat approach- ja harbour-tasoisia [3].

Taulukko 1. Suomalaisen merikarttojen mittakaavat ja luokittelu sekä painettujen ja elektronisten merikarttojen vastaavuudet [4].

Painettu merikartta	Mittakaava	Elektroninen merikartta	Compilation scale
Satamakartta	1:10 000–1:25 000	harbour	1:8000–1:12 000
spesiaali	1:5000–1:25 000	berthing	1:4000–1:8000
Rannikkokartta	1: 50 000	approach	1:25 000
spesiaali	1:10 000–1:30 000	harbour	1:12 000
Yleiskartta	1:500 000	-	-
	1:250 000	general	1:180 000
	1:100 000	coastal	1:90 000
Sisävesi- ja veneilykartta	1:40 000–1:50 000	-	-
spesiaali	1:10 000–1:20 000	-	-
Merikarttasarja	1:20 000–1:50 000	approach	1:22 000
spesiaali	1:5000–1:25 000	harbour	1:12 000

Syvyystiedot, kuten syvyyskäyrät ja syvyysluvut, luodaan merikartoille syvyystiedon uusimisprosessissa. Syvyystiedot uusitaan mittausten osalta kaikille mittakaavoille, joilta valmistetaan karttoja kyseiseltä alueelta. Toistaiseksi syvyyskäyrät digitoidaan manuaalisesti merenmittauksista tehtyjen syvyysvyöhykkeitä eri värein kuvaavien GeoTIFF-kuvien avulla ja syvyyspisteet valitaan yksitellen esivalituista syvyyspiste-ehdotuksista. Näillä menetelmillä syvyystietojen uusiminen on sekä hyvin työlästä että aikaa vievää, ja se vaatii paljon henkilöresursseja. Siksi syvyystietojen uusimiseen etsitäänkin helpotusta automaattisista menetelmistä.

Syvyystietojen tuottamisen automatisointia on tutkittu aikaisemmin Liikennevirastossa syvyyskäyrien luonnin ja syvyyslukujen valitsemisen osalta. Huolimatta Heiskasen [5] syvyyskäyrien automatisointia käsitelleestä tutkimuksesta ja Niemeläisen [6] syvyyslukujen automaattista valintaa koskevasta tutkimuksesta, syvyystietojen uusimista on edelleen tehty manuaalisin menetelmin.

Nyt Traficomissa ollaan ottamassa käyttöön uutta merikarttatuotantojärjestelmää, jossa syvyysmalli toimii syvyystietojen uusimisen lähtökohtana. Uudella järjestelmällä on tarkoitus käyttää automatiikkaa apuna syvyyskäyrien luomisessa ja syvyyslukujen valinnassa. Filppula [7] on pro gradu -tutkielmassaan tutkinut syvyysmallin pehennysmenetelmiä, jotka ovat käytössä uudessa käyttöön otettavassa merikarttatuotantojärjestelmässä.

Tämä insinöörityö tehtiin Traficomia edeltäneen Liikenneviraston Merikartoituspalvelut -yksikön toimeksiannosta, ja sen tarkoituksena on tutkia ja löytää menetelmät, joilla Traficomien Merikartoitusprosessissa käyttöön otettavan uuden merikarttatietojärjestelmän (Ahti) automaattiset menetelmät ovat hyödynnettävissä merenmittausaineistojen prosessoinnissa merikartalla kuvattaviksi syvyystietokohteiksi. Tämän työn lähtökohtana oli Filppulan pro gradu -tutkielma [7], jossa tutkittiin syvyysmallipintojen muokkaamista automaattisesti tuotettujen syvyyskäyrien muodostamiseksi. Insinöörityön tavoitteena on löytää Ahti-järjestelmästä parhaat yleistysmenetelmät ja parametrit täystiheästä merenmittausaineistosta tuotetulle syvyysmallille niin, että lopputuloksena saadaan luotua kartografisesti tyydyttävät ja merenkulun kannalta turvalliset syvyyskäyrät ja syvyyspisteet merikartalle. Tavoitteena on myös virtaviivaistaa syvyystietojen uusimisprosessia käyttämällä automatiikkaa mahdollisimman paljon hyödyksi ja vähentämällä siten manuaalisen työn määrää.

Tämän insinöörityön ensisijaisena tutkimuskohteena on syvyyskäyrien tuottamisen automatisointi. Syvyyslukujen osalta tässä työssä esitellään eri menetelmiä niiden valitsemiseen uudella merikarttatuotantojärjestelmällä. Työn lopputuloksena on tarkoitus löytää menetelmät ja parametrit sekä syvyysmallin muokkaamiseen sopivasti yleistävien automaattisesti tuotettujen syvyyskäyrien luomiseksi eri mittakaavojen kartoille että syvyyskäyrien muokkaamiseen laadukkaiksi. Työn tuloksena syntyy lisäksi ohje syvyyskäyrien luomiseen ja syvyyslukujen valintaan Ahti-järjestelmällä. Ohje tulee insinöörityön liitteeksi.

2 Syvyystiedon uusimisen nykytila

2.1 Syvyystiedon uusimisprosessi

Syvyystiedon uusimisprosessissa muodostetaan ja tallennetaan merikarttatietokantaan merikarttatuotteiden valmistusta varten tarvittavat syvyys- ja kartoitustiedot, kuten mm. syvyyskäyrät ja syvyysluvut. Prosessin tavoitteena on välittää vesilläliikkuville tietoa vesistöjen pohjatopografiasta painettujen ja elektronisten merikarttatuotteiden välityksellä turvallisen navigoinnin tueksi. [8.]

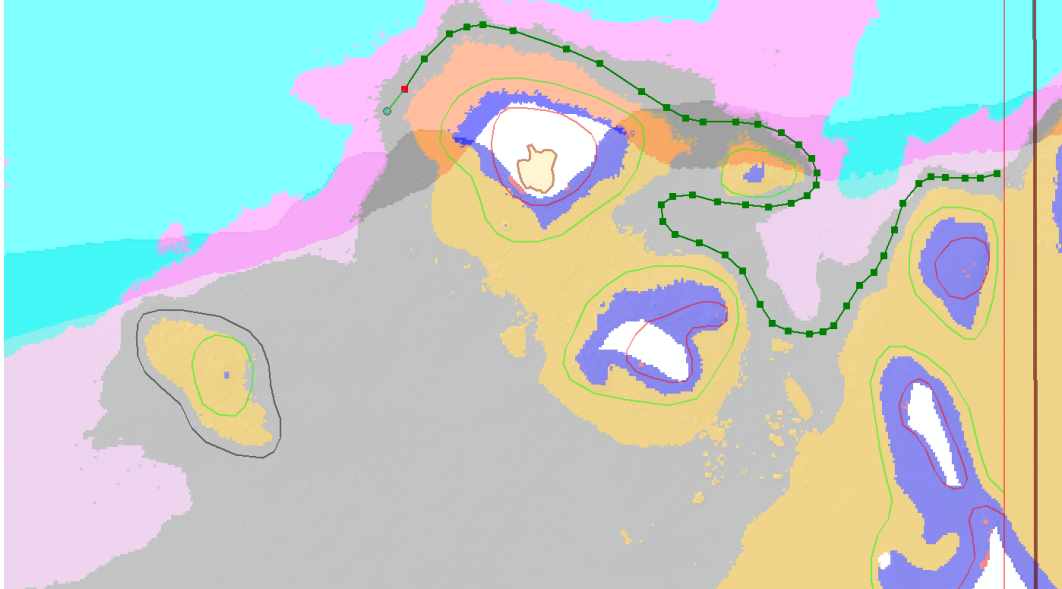
Lähtötietoina syvyystiedon uusimisessa käytetään Liikenneviraston merenmittausrekistereihin tallennettuja merenmittaustietoja. Laajamittaisissa syvyystiedon uusimistöissä uudistetaan syvyystiedot yleensä laajemmasta kokonaisuudesta, kuten esimerkiksi tietyn vesialueen tai väylän alueelta. [8.]

Syvyystiedot uusitaan eri mittakaavatasoille sen mukaan, mitä tuotteita mittausten alueelle osuu. Työt aloitetaan suurempimittakaavaisesta tuotteesta ja edetään pienempi-mittakaavaisen päin. Näin tehdään, jotta eri mittakaavatasojen tuotteiden välillä ei olisi ristiriitaa eikä pienempi-mittakaavaisesta tuotteesta löytyisi yksityiskohtaisempaa tietoa kuin tarkemmasta tuotteesta. Painettujen ja elektronisten merikarttojen valmistuksessa käytetään samoja tietokantaan tallennettuja syvyystietoja, jolloin painettujen ja elektronisten karttatuotteiden tietosisällöt ovat yhdenmukaisia. [9.]

2.2 Syvyyskäyrien piirtäminen

Syvyyskäyrät piirretään manuaalisesti digitoimalla käyttäen apuna tiff-kuvia, jotka ovat merenmittauksista tehtyjä väriyöhykemalleja. Syvyyskäyrillä kuvataan pohjan syvyyttä tietyllä kohdalla, mutta ne piirretään hieman todellista syvemmälle navigointiturvallisuuden ja merikartoilla esitettävien syvyyslukujen pyöristämissääntöjen vuoksi. Käyrien piirtämisessä yleistäminen tehdään aina turvallisempaan suuntaan ottaen huomioon myös väyläalueet ja varmistetut alueet. Sen lisäksi että syvyyskäyrien tulee olla navigoinnin kannalta turvallisia, pitää niiden myös luoda syvyysalueet loogisesti eivätkä käyrät saa ristetä itseään tai toisia syvyyskäyriä. Kartan mittakaavasta riippuen tehdään 3, 6, 10, 15, 20, 50, 100 ja 200 metrin syvyyttä kuvaavat syvyyskäyrät. Esimerkiksi 1:250 000 mittakaavan kartalle ei merialueilla tehdä 3 ja 6 metrin käyriä. [10.]

Pienempimittakaavaiselle kartalle syvyyskäyriä digitoitaessa käytetään apuna aiemmin suuremmalle mittakaavalle digitoituja syvyyskäyriä. Pienemmälle mittakaavalle käyriä yleistetään digitoimalla ne suuremman mittakaavan käyrien syvemmälle puolelle. Syvyyskäyrien manuaalista digitointia on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Syvyyskäyrien manuaalista digitointia tiff-kuvaa apuna käyttäen. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Eri mittakaavoille syvyyskäyriä piirrettäessä käytetään eri suositusdigitointimittakaavaa, jotta yleistämisen taso pysyisi jotakuinkin samanlaisena riippumatta syvyystiedon uudesta. Yleistämisessä vähemmän merkittäviä tai liian pieneksi supistuvia kohteita jätetään pois ja merkittäviä kohteita liioitellaan selkeästi. Taulukossa 2 on esitetty eri mittakaavojen karttojen suositusdigitointimittakaavat.

Taulukko 2. Suositusdigitointimittakaavat käyrien digitointiin eri mittakaavoille.

Mittakaavan nimi	Mittakaava	Suositusdigitointimittakaava
Berthing	1:5 000-1:10 000	
Harbour	1:20 000-1:25 000	1:3 000/1:4 000
Approach	1:40 000-1:50 000	1:4 000/1:5 000
Coastal	1:100 000	1:20 000
General	1:250 000	1:40 000

Vaikka syvyyskäyrien piirtämisessä on suosituksena käyttää tiettyä digitointimittakaavaa ja esimerkiksi yhdistää toisiaan lähellä olevat matalikot saman syvyyskäyrän sisään, tulee kartoista aina hieman erinäköisiä riippuen sen tekijästä. Jokaisella syvyystiedon uusijalla onkin niin sanottu oma käsiala käyrien piirtämisessä, eikä ole olemassa yhtä ja ainoaa oikeata vaihtoehtoa käyrän piirtämiseksi. Toinen tekee tarkempaa ja yksityiskohtaisempaa jälkeä, kun taas toinen saattaa yleistää suurpiirteisemmin ja tehdä karkeampaa jälkeä. Kuitenkin on pidettävä huolta siitä, että käyrät ovat turvallisia niin, ettei niiden syvemmälle puolelle jää koskaan käyrän kuvaamaa syvyyttä matalampia kohtia.

2.3 Syvyyslukujen valinta

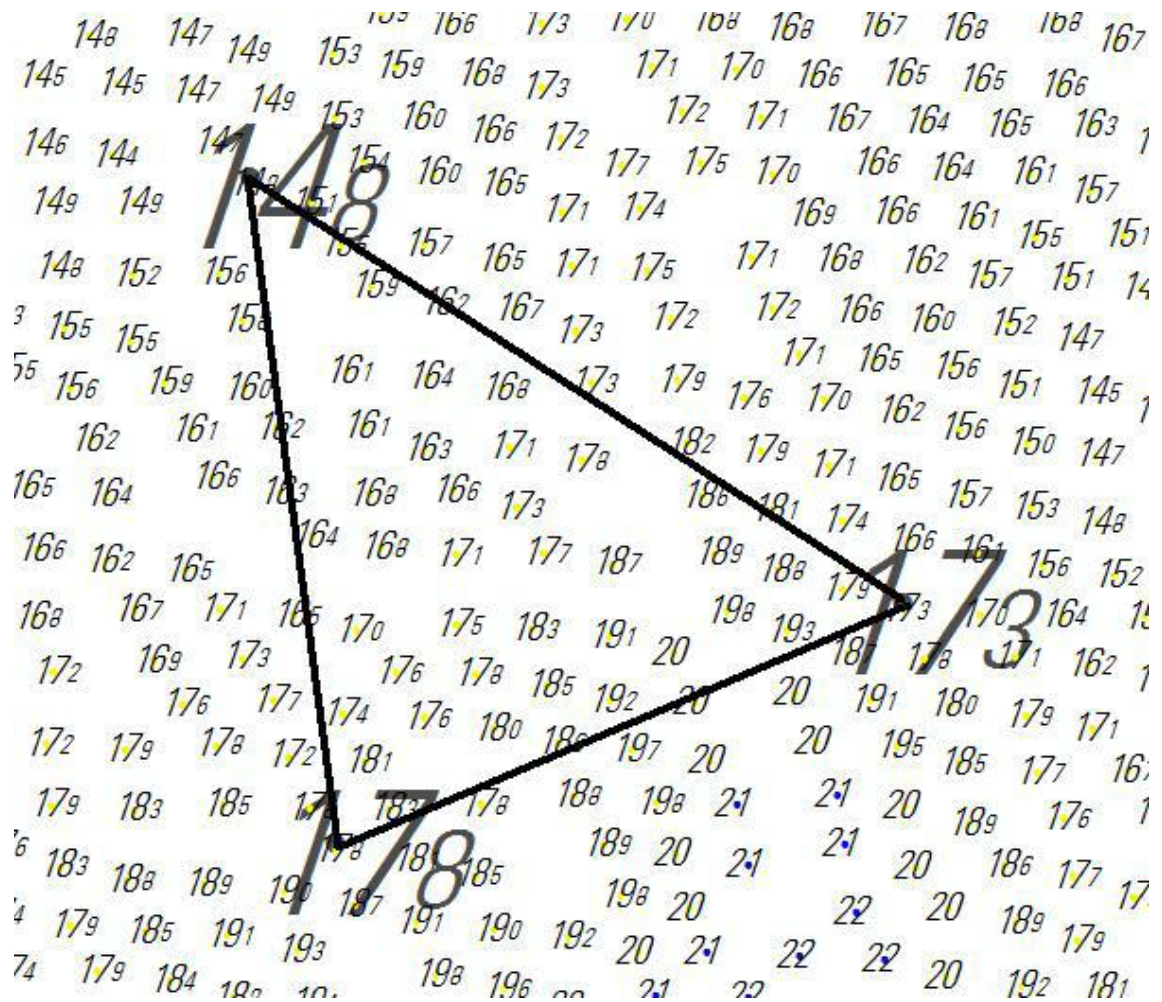
Syvyyskäyrien editoinnin jälkeen kartalle valitaan syvyysluvut. Syvyysluvut valitaan tiheästä esivalittujen pisteiden joukosta manuaalisin menetelmin. Syvyyslukujen valinta on tarkkaa ja aikaa vievää työtä, ja sitä voikin pitää työläimpänä vaiheena syvyystietojen uusimisessa.

Merikartalla oleva syvyysluku esittää merenpohjan syvyyttä kyseisellä kohdalla. Syvyysluvut esitetään metrimääräisinä positiivisinä lukuina [6]. Toistaiseksi alle 20 metrin luvut on esitetty yhden desimaalin tarkkuudella ja syvemmät ilman desimaaleja.

Syvyyslukujen valintaan vaikuttaa moni asia. Aikaisemmin piirretyt syvyyskäyrät vaikuttavat lukujen valintaan. Syvyyslukua ei tulisi valita suoraan käyrän päältä eikä sitä kannata valita aivan syvyyskäyrän vierestä, ellei se ole välttämätöntä. Jokaiselta käyrän rajaamalta syvyysalueelta tulisi pääsääntöisesti valita syvyysluku, mutta joissain tapauksissa riittää, että syvyysluvun sijaan kartalla esitetään kivi. Kiven ajatellaan varoittavan merenkulkijaa tehokkaammin kuin matala syvyysluku. [10.]

Syvyysluvuilla pyritään esittämään merenpohjan pinnanmuotoja. Merikartalla on tärkeää esittää matalimmat syvyydet, mitä alueelta löytyy. Ohjeena on valita aina matalikon matalin syvyysluku ja pyrkiä valitsemaan myös syvänteen syvin luku. Matalilla alueilla syvyyslukuja esitetään tiheämmin kuin syvissä vesissä ja suuremman mittakaavan kartalla tiheämmin kuin pienemmän mittakaavan kartalla. Syvyyslukujen avulla myös nähdään helposti, kummalla puolella syvyyskäyrää on matalaa ja kummalla syvää.

Syvyysluvut tulee valita esivalittujen syvyyspiste-ehdotusten joukosta niin, että vierekäisten valittujen lukujen väliin ei jää matalampaa pistettä kuin matalampi valituista luvuista. Myöskään kolmen lähimmän valitun syvyysluvun muodostaman kuvitteellisen kolmion sisään ei saa jäädä matalampaa pistettä kuin matalin valituista kolmion kärkipisteistä. [10.] Kuvassa 2 on esitetty oikein valittuja syvyyslukuja.



Kuva 2. Valittujen syvyyslukujen muodostaman kolmion sisään ei jää matalampaa pistettä kuin 14,8. Kuva: [6]

Syvyyspisteitä valitessa myös syvyyskäyriä tulee ajatella syvyyslukuina. Valitun syvyysluvun ja syvyyskäyrän väliin ei saa jäädä matalampaa pistettä kuin matalampi syvyysluvun ja syvyyskäyrän arvoista.

3 Syvyyskäyrien luonti uudella merikarttatuotantojärjestelmällä

3.1 Uusi merikarttatuotantojärjestelmä

Traficommin merikartoituksessa ollaan ottamassa käyttöön uutta merikarttatuotantojärjestelmää, jonka myötä syvyystiedon uusimisen menetelmiin tulee muutoksia. Uusi järjestelmä on CARIS HPD (Hydrographic Production Database), joka on saanut Traficomissa nimekseen Ahti. Tarkoituksena on, että Ahdilla saadaan automatisoitua mm. syvyyskäyrien luontia ja syvyyslukujen valintaa merikartoille ja näin sujuvoitettua syvyystiedon uusimista.

Uudella merikarttatuotantojärjestelmällä syvyyskäyrät pyritään luomaan ja syvyysluvut valitsemaan automaattisesti suoraan syvyysmallista. Syvyysmalli on merenpohjaa kuvaava pintamalli. Uudessa järjestelmässä käytettävät syvyysmallit ovat tasaväliseen ruudukkoon perustuvia grid-malleja, ja ne on tuotettu matalia suosivalla menetelmällä. Syvyysmallin solut saavat syvyysarvokseen matalia suosivalla menetelmällä tuotettaessa matalimman kyseisen solun alueelle osuvan mittaushavainnon arvon.

3.2 Syvyysmallipintojen muokkaus

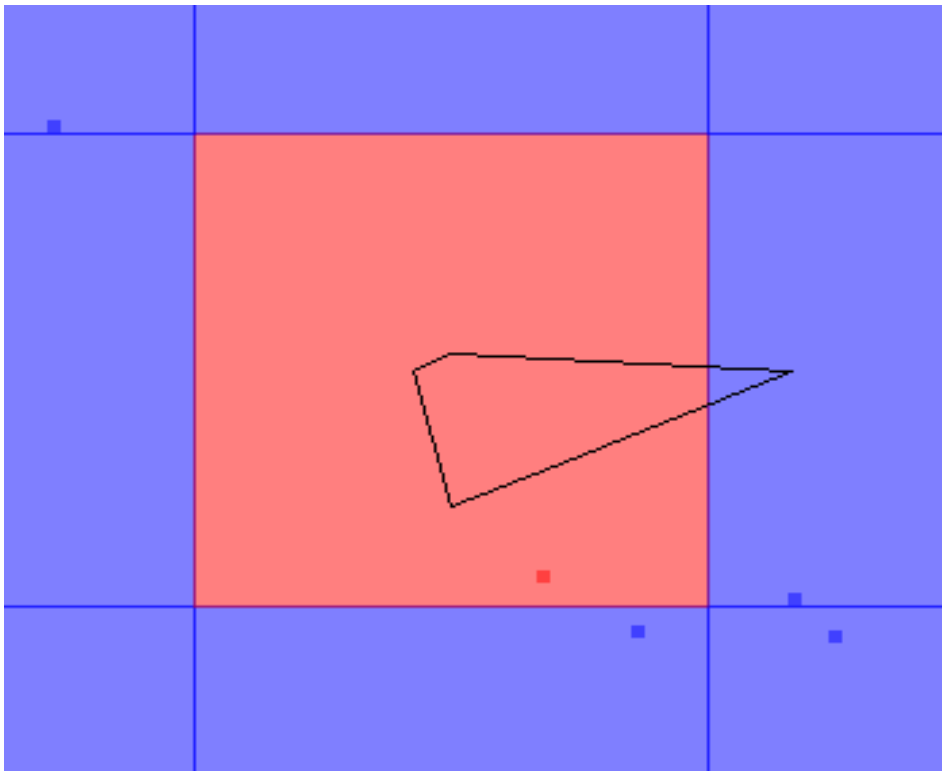
Suoraan muokkaamattomasta syvyysmallipinnasta automaattisesti luodut käyrät eivät sellaisenaan vielä ole laadukkaita käytettäväksi merikartoilla. Ne ovat liian yksityiskohtaisia muodostaen mm. pieniä syvänteitä ja vierekkäisiä pieniä matalikkoja, eivätkä ne siis ole selkeästi luettavia eri mittakaavojen kartoilla. Syvyyskäyriä vaaditaan hyvää kartografista laatua eli selkeää luettavuutta eri mittakaavoilla. Turhat pienet syvänteet tulisi yleistää pois, ja lähellä toisiaan olevat pienet matalikot tulisi sisällyttää yhteisen syvyyskäyrän sisään.

Syvyysmallipintaa tulee muokata, jotta siitä saisi tuotettua automaattisesti sopivasti yleistäviä syvyyskäyriä. Syvyysmallipintaa pehmentämällä sen sisältämää korkeataajuista kohinaa tasoitetaan, jolloin siitä saadaan häivytettyä yksityiskohtia. Pehmentämisessä syvyysmallipinnassa esiintyvä piikkisyys ja epätasaisuus vähenee ja sen seurauksena syvyysmallista automaattisesti luotujen syvyyskäyrien laatu paranee. Syvyysmallipintoja pehmennetään vain turvalliseen suuntaan eli syvyyskäyriä madaltamalla. Näin toimimalla varmistetaan syvyysmallien pysyminen navigointiturvallisina. [7.]

Ahti-järjestelmällä syvyysmallipintoja voidaan pehmentää Rolling Coin -menetelmällä ja iteratiivisella Laplace-interpoloinnilla, joita Filppula [7] on tutkimuksessaan tutkinut. Ennen varsinaista haluttuun yleistystasoon tähtäävää syvyysmallipinnan pehennystä pitää syvyysmallia muokata matalien laajenuksella, jotta automaattisesti luodut syvyyskäyrät kiertävät kokonaan matalan syvyysarvon omaavan syvyysmallin solun.

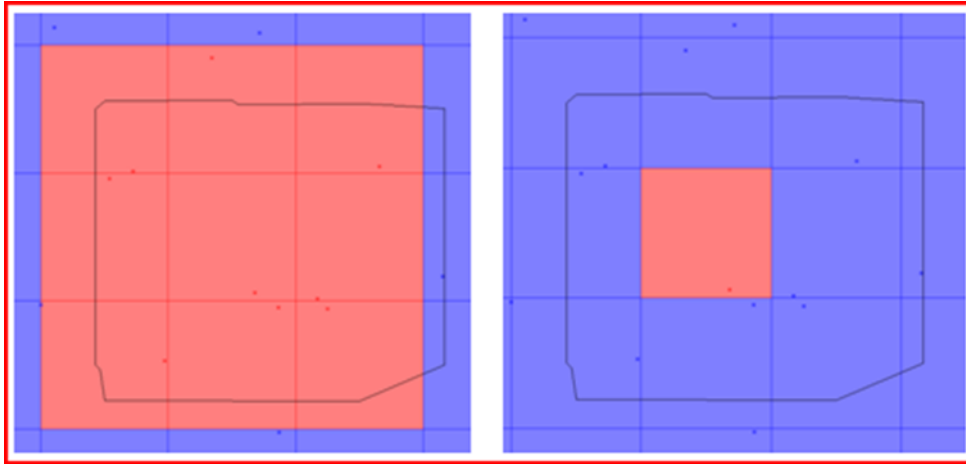
3.2.1 Matalien laajennus

Ennen syvyysmallipinnan pehmentämistä sitä pitää muokata laajentamalla matalia soluja. Näin pitää tehdä, koska automaattisesti syvyysmallista luodut syvyyskäyrät piirtyvät niin, että luotu käyrä ei kierrä kokonaan matalaa solua vaan pelkästään solun keskipisteen. Matalia suosivalla menetelmällä tuotetussa mallissa on kuitenkin ehdottoman tärkeää ajatella koko solu matalimman siellä olevan pisteen syvyiseksi, koska matalimman pisteen todellinen sijainti voi olla missä päin solua tahansa. Tästä johtuen navigointiturvallisen syvyyskäyrän tulee kiertää koko matala solu. Kuvasta 3 nähdään, miten automaattisesti luotu syvyyskäyrä muodostuu matalan solun keskipisteen ympärille.



Kuva 3. Syvyyskäyrä ei ole turvallinen, koska se ei kierrä koko matalaa solua vaan sen keskipisteen. Pieni punainen piste on koko punaisen matalan solun syvyysarvon määräävä syvyyspiste, eikä luotu käyrä kierrä sitä. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Matalan solun syvyys laajennetaan koskemaan kaikkia sitä ympäröiviä lähimpiä soluja, jolloin luotava käyrä tulee kiertämään alkuperäisen matalan solun. Tällöin luotava syvyyskäyrä ei leikkaa matalaa solua ja on siten navigoinnin kannalta turvallinen. Kuvasta 4 nähdään matalan laajentuminen ympäröiviin soluihin ja se, että todellinen matala solu on kokonaan käyrän ympäröimä.



Kuva 4. Vasemmalla olevasta kuvasta nähdään, että matala on laajentunut ympäröiviin soluihin ja oikealla olevasta nähdään, että syvyyskäyrä kiertää kokonaan todellisen matalan solun. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Matalien laajentaminen ei muuta matalinta arvoa, vaan pelkästään laajentaa matalimman arvon koskemaan viereisiä soluja.

3.2.2 Rolling Coin -menetelmä

Rolling Coin -menetelmässä syvyysmallipintaa pehmenetään 2-ulotteisen naapurustomatriisin avulla niin, että matriisin määrittämän naapuruston solujen matalin syvyys laajennetaan koskemaan koko naapuruston soluja. Ahti-järjestelmässä Rolling Coin -menetelmän naapurustomatriisit approksimoivat muodoltaan ympyrää, ja niiden voidaankin kuvitella olevan lantteja. Naapurustomatriisin alkiot ovat arvoltaan 1 tai 0. Kuvassa 5 on esimerkki Rolling Coin -menetelmän naapurustomatriisista. [7.]

				1	1	1	1	1	1	1				
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
				1	1	1	1	1	1	1				

Kuva 5. Esimerkki Rolling Coin -menetelmän ympärää approksimoivasta naapurustomatriisista eli lantista. Matriisin alkioit voivat saada arvon 1 tai 0 ja kuvan harmaat alkioit ovat arvoltaan 0. Kuva: [11]

Menetelmä toimii niin, että pehmennettävästä syvyysmallista tallennetaan 2-ulotteiseen lähdetaulukkoon solujen syvyysarvot, joita ei muokata missään vaiheessa. Toiseen samankokoiseen taulukkoon tallennetaan pehmennyksen välivaiheet ja pehmennyksen lopulliset tulokset. Tämän kohdetaulukon solujen arvot on ennen pehmennystä alustettu korkeaan arvoon, esimerkiksi 10 000 metriin. [7.]

Seuraavaksi kaikki lähdetaulukon solut käydään läpi ja yksittäisen solun lantin määrittämisestä naapurustosta etsitään matalin syvyysarvo Z_{\max} . Löytynyttä matalinta syvyysarvoa verrataan vastaavan lantin määrittämän naapuruston solujen arvoon kohdetaulukossa. Jos kohdetaulukossa olevan solun sen hetkinen syvyysarvo on matalampi

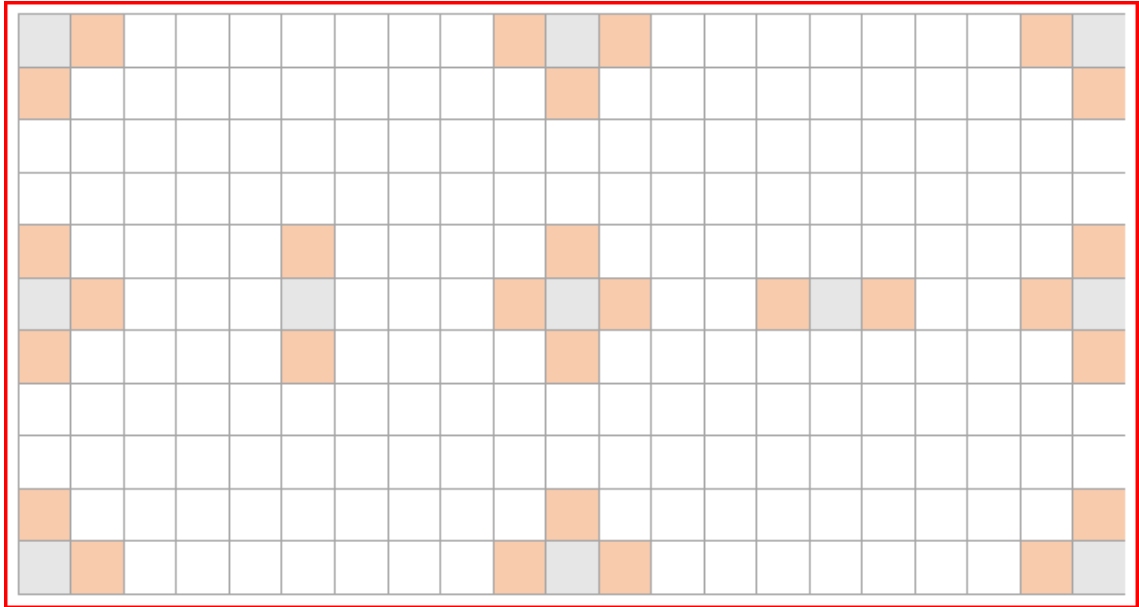
kuin Z_{\max} , niin se saa uudeksi arvokseen syvyyden Z_{\max} . Kohdetaulukon solun arvot voivat muuttua prosessin aikana moneen kertaan ja ne voivat ainoastaan syventyä alustetusta arvosta. Lopputuloksena prosessista saadaan kohdetaulukkoon pehmenetty syvyysmallipinta. Pehmennyksen tasoa säädellään naapurustomatriisin eli lantin säteen avulla. [7.]

Rolling Coin -menetelmä muokkaa syvyysmallipintaa vain madaltamalla sitä ja se onkin navigoinnin kannalta turvallinen, kunhan lähtöaineistona käytettävä malli on navigointiturvallinen. Menetelmä säilyttää matalien huiput ja yleistää kaikki lanttia pienemmät syvänteet pois. Lisäksi menetelmä säilyttää jyrkät pinnat ja pyrkii maksimoimaan navigoitavan alueen. [11.]

3.2.3 Navigointiturvallinen iteratiivinen Laplace-interpolointi

Navigointiturvallisessa iteratiivisessa Laplace-interpoloinnissa syvyysmallipintaa pehmenetään iteratiivisesti interpolointikierroksittain. Interpoloitavan solun syvyysarvo määräytyy sen luonnolliseen naapurustoon kuuluvien solujen painotettuna keskiarvona [12].

Rasterimuotoisten syvyysmallien voidaan ajatella koostuvan tasavälisistä pistejoukoista, ja tällöin tarkasteltavan solun luonnollinen naapurusto koostuu poikkeustapauksia lukuun ottamatta yleensä neljästä sitä lähimmästä solusta. Poikkeustapauksia ovat mm. syvyysmallin reunat ja naapurustoon osuvat tyhjää tarkoittavat No Data -arvot. Kun syvyysmalli on grid-malli, jonka solut ovat yhtä pitkiä sekä x- että y-suunnassa, tulee kaikkien interpoloitavan solun luonnolliseen naapurustoon kuuluvien solujen painokertoimeksi 1. Kuvassa 6 on esitetty kaikki mahdolliset rasterimuotoisten aineistojen naapurustot. [7.]



Kuva 6. Rasterimuotoisen aineiston Laplace –interpoloinnissa käytettävien naapurustojen vaihtoehdot. Interpoloitava solu on esitetty harmaalla ja käytetty naapurusto punaisella värillä. Kuva: [7]

Interpoloitavan solun luonnolliseen naapurustoon kuuluvien solujen painokertoimien laskemisen jälkeen saadaan sen syvyydelle interpoloitua syvyysarvio syvyysmallin ja painokerroinmatriisin konvoluutiona. Lopulliseksi syvyysarvoksi solulle valitaan joko interpoloitu- tai alkuperäinen syvyysarvo. Interpoloitu arvo valitaan siinä tapauksessa, että se on matalampi kuin alkuperäinen solun syvyysarvo. Muussa tapauksessa solun arvoksi jää alkuperäinen syvyysarvo. Syvyysmallipinnan pehmennyksen tasoa säädelään Laplace-interpoloinnissa iteraatiokierrosten määrällä. [7.]

Rolling Coin -menetelmän tapaan iteratiivinen Laplace-interpolointi on navigoinnin kannalta turvallinen menetelmä pehmentää syvyysmallipintaa, koska sekin muokkaa syvyysmallipintaa vain madaltamalla sitä. Myös Laplace-interpolointi säilyttää matalien huiput ja madaltaa syvänteitä. Eroavaisuutena Rolling Coin -menetelmään Laplace-interpoloinnissa jyrkät pinnat eivät säily yhtä hyvin, ja siitä aiheutuu haittaa mm. ruopatuilla väyläosuuksilla. [7.]

3.3 Syvyyskäyrien muokkaus

Pehmennetystä syvyysmallipinnasta automaattisesti luoduista syvyyskäyristä saadaan yleistämisen tasoltaan laadukkaita, kun pehennysmenetelmä ja käytetyt parametrit on saatu valittua hyvin. Syvyyskäyrät ovat kuitenkin muodoltaan hyvin rosoisia ja verteksit ovat niissä liian tiheässä. Kansainvälisen merikartoitusjärjestö IHO:n standardi S-57 [13] määrittelee elektronisten merikartta-aineistojen teknisen toteutuksen. Standardi muun muassa määrittää eri mittakaavan kartoilla sallitun verteksien vähimmäisetäisyyden toisistaan.

Automaattisesti luotuja syvyyskäyriä pitää vielä muokata, jotta niistä saadaan laadukkaita käytettäväksi merikartoilla. Muokkauksen lopputuloksena on tarkoitus saada sekä muodoltaan pehmeitä ja pehmeästi kaartuvia että verteksitiheydeltään vaatimusten mukaisia syvyyskäyriä. Lisäksi syvyyskäyrien tulee säilyä muokkauksen jälkeen edelleen navigoinnin kannalta turvallisina.

Ahti-järjestelmän syvyyskäyrien pehennystyökalulla voi muokata kaikkia luotuja syvyyskäyriä kerralla, tai halutessa vain erikseen valittuja syvyyskäyriä. Työkalun asetuksia säätämällä saadaan muokkauksen lopputuloksena syvyyskäyrät, joissa verteksitiheys on vaatimusten mukainen ja jotka ovat ulkoasunsakin puolesta laadukkaita käytettäväksi merikartoilla.

3.4 Syvyyslukujen valinta

Syvyysluvut valitaan Ahti-järjestelmässä suoraan syvyysmallipinnasta. Syvyysluvut valitaan alkuperäisestä muokkaamattomasta syvyysmallipinnasta, jolloin ne ilmaisevat todellisen mitatun syvyyden kyseisellä kohdalla. Ahti-järjestelmässä on useampi eri tapa, jolla syvyysluvut voi valita.

Syvyysluvut voi valita aikaisemmin luotujen sulkeutuvien syvyyskäyrien sisään automaattisesti. Syvyyskäyrien sisään voi valita matalimman tai syvimmän alueella olevan syvyysarvon sen mukaan, muodostaako käyrä matalikon vai syvänteen.

Syvyysluvut voi valita automaattisesti myös tasavälisesti halutun valintasäteen perusteella, jolloin valitut syvyysluvut kattavat koko syvyysmallin alueen valitulla tiheydellä.

Tasavälisessä syvyyslukujen valinnassa on mahdollista valita joko syvimät tai matalimmat syvyysluvut määrätyn etäisyyden välein.

Syvyysmallista voi valita syvyyslukuja myös manuaalisesti halutusta kohdasta valintaympyrän avulla. Valintaympyrää, jonka sisältä syvyysluku valitaan, voi muuttaa halutun kokoiseksi ja ympyrän sisältä voidaan tarpeen mukaan valita joko syvin tai matalin syvyysluku.

4 Työn suorittaminen

4.1 Testialueet ja aineisto

Työn suorittamiseen valittiin kaksi erilaista aluetta. Toinen alue oli ulkomereltä ja toinen sisävesiltä. Tarkoituksena oli, että alueet olisivat mahdollisimman erityyppiset pohjato-pografialtaan, jotta parhaiden menetelmien ja parametrien löytämistä syvyysmallipin-nan muokkaamiseen ja siitä luotujen käyrien käsittelyyn voisi tutkia todenmukaisilla vaihtelevilla alueilla. Valitut alueet valikoituivat työalueiksi myös siitä syystä, että niistä oli saatavilla Ahti-järjestelmän testaamista varten tuotetut csar-tiedostomuotoiset sy-vyysmallit.

Testiaineistona olleet syvyysmallit olivat matalia korostavia ns. shoal-bias -malleja eli jokainen solu oli saanut arvokseen matalimman solun alueelle osuneen pisteen sy-vyysarvon. Syvyysmallit olivat säännöllisiä tasavälisiä grid-malleja, eli solut olivat yhtä pitkiä sekä x-suunnassa että y-suunnassa. Sisävesien syvyysmalli oli solukooltaan 2 m * 2 m ja ulkomeren alueen malli 4 m * 4 m. Työn aikana ulkomeren syvyysmallia kar-keistamalla tehtiin myös 8 m * 8 m, 16 m * 16 m ja 32 m * 32 m solukoon syvyysmallit.

4.1.1 Sisävesien testialue

Sisävesiltä työtä varten saatiin syvyysmalli, joka osui sisävesiltä tuotettavan L-karttasarjan kartan L208 alueelle. Alueella oli paljon saaria ja kapeikkoja, ja syvimmil-lään alueella oli noin 84 metriä syvää. Alueelta tuotetaan 1:40 000 mittakaavan karttaa, ja alueelle osuu myös 1:20 000 mittakaavan erikoiskartta. Tässä tutkimuksessa aluetta käytettiin 1:40 000-1:5 000 mittakaavan töiden syvyyskäyrien automaattisen luomisen sekä syvyyslukujen automaattisen valinnan tutkimiseen.

4.1.2 Ulkomeren testialue

Ulkomeren testialue sijaitsi selkämerellä osuen merikarttojen 955 ja 956 alueille. Alu-eelle ei osunut saaria eikä rantaviivaa ja syvyudet alueella vaihtelivat noin 60 metristä reilusti yli 100 metriin. Tältä alueelta tuotetaan 1:250 000 mittakaavan karttaa. Tässä tutkimuksessa aluetta käytettiin 1:250 000-1:50 000 mittakaavan töiden syvyyskäyrien automaattisen luomisen tutkimiseen.

4.2 Menetelmät ja työn kulku

Työn suorittaminen eteni kokeilemalla ensin syvyysmallipinnan muokkaamiseen Ahti-järjestelmässä olemassa olevia menetelmiä. Tässä työssä tutkin matalien laajennukseen käytettävää työkalua ja Rolling Coin -menetelmää sekä iteratiivista Laplace-interpolointia syvyysmallin muokkaamiseen navigointiturvallisten automaattisesti tuotettujen syvyyskäyrien luomiseksi. Tarkoituksena oli ensin syvyysmallia muokkaamalla tuottaa syvyyskäyrät sopivalla yleistystasolla eri mittakaavoille ja sen jälkeen automaattisin menetelmin muokata luotuja käyriä kartografisesti laadukkaammiksi ja erilaiset vaatimukset täyttäväksi.

Rolling Coin -menetelmää testattiin eri solukoon malleille kolmella eri lantin säteellä. Rolling Coin -menetelmässä lantin säde annetaan solujen määrinä. Tässä työssä testauksessa käytettiin lantin säteen arvoina 10, 15 ja 20 solua. Selkeästi 10 solua pienemmillä arvoilla lantti ei enää approksimoisi ympyrää, ja yli 20 solun säteellä katsottiin järkevämmäksi karkeistaa syvyysmallia suurempaan solukokoon, koska lantin koon kasvaessa prosessointiaika kasvaa jyrkästi.

Laplace-interpolointia testattiin hakemalla sopivaa iteraatiokierrosten määrää, jolla syvyysmallia saisi muokattua niin, että siitä saisi tuotettua automaattisesti sopivasti yleistävät syvyyskäyrät. Sopivaa iteraatiokierrosten määrää etsittiin kokeilemalla ensin esimerkiksi 100 iteraatiokierroksella ja tarkastelemalla siitä luotuja käyriä. Tarkastelun perusteella voitiin kokeilla muuttaa iteraatiokierrosten määrää sopivan määrän löytämiseksi.

Lisäksi testattiin vielä yhdistelmää, jossa ensin muokattiin syvyysmallia Rolling Coin -menetelmällä ja sen jälkeen vielä Laplace-interpoloinnilla maltillisella iteraatiokierrosten määrällä. Iteraatiokierrosten määrä haluttiin pitää maltillisena, koska Laplace-interpolointi aiheuttaa jyrkkien pintojen loivenemista ja ruopattujen väyläosuuksien madaltumista [7]. Tässä valittiin enimmäismääräksi 10 iteraatiokierrosta. Tarkoituksena oli testata, saadaanko näin tuotettua vähemmän muokkausta vaativia syvyyskäyriä kuin pelkällä Rolling Coin -menetelmällä.

Menetelmien ja parametrien toimivuutta arvioin vertailemalla saatuja tuloksia itse digitoimiini syvyyskäyriin tai arvioimalla, miten itse kyseisessä tilanteessa ja kyseisellä mittakaavalla olisin käyrät piirtänyt. Yleistystason arvioinnissa käytin apuna hyväksi suosi-

tusdigitointimittakaavoja eri mittakaavojen kartoille ja omaa syvyystiedon uusimisen kokemukseen perustuvaa näkemystä hyvästä lopputuloksesta. Testialueilta ei ollut uusittu syvyysaineistoa uusien mittausten mukaisesti, joten luotuja käyriä ei voinut vertailla suoraan nykyisillä kartoilla oleviin syvyyskäyriin.

Kun sopivat menetelmät ja parametrit syvyysmallin muokkaamiseksi oli löydetty, alettiin kokeilla työkalua, jolla automaattisesti luotuja syvyyskäyriä voidaan muokata. Eri parametreja kokeilemalla etsittiin tapaa muokata käyristä kartografisesti ja teknisesti laadukkaita. Käyrien tulee mm. olla selkeästi luettavia, ja ne eivät saa ristetä itseään tai muita syvyyskäyriä. IHO:n standardi S-57 suosittaa, että käyrien verteksien minimivälimatka tulisi rajoittaa kartan mittakaavasta riippuen tiettyyn etäisyyteen elektronisilla merikartoilla [13]. Taulukossa 3 on esitetty verteksien minimietäisyydet eri mittakaavojen merikartoilla. Lisäksi syvyyskäyrien tulee ehdottomasti muokkauksen jälkeenkin pysyä navigointiturvallisina.

Taulukko 3. Verteksien suositeltavat minimietäisyydet eri mittakaavoilla. Etäisyys saadaan laskemalla 0,3mm * compilation scale. [13.]

Mittakaava	compilation scale	verteksien minimietäisyys
1:5 000-1:10 000	4 000	1,2 m
1:20 000-1:25 000	8 000	2,4 m
1:40 000-1:50 000	22 000	6,6 m
1:100 000	90 000	27 m
1:250 000	180 000	54 m

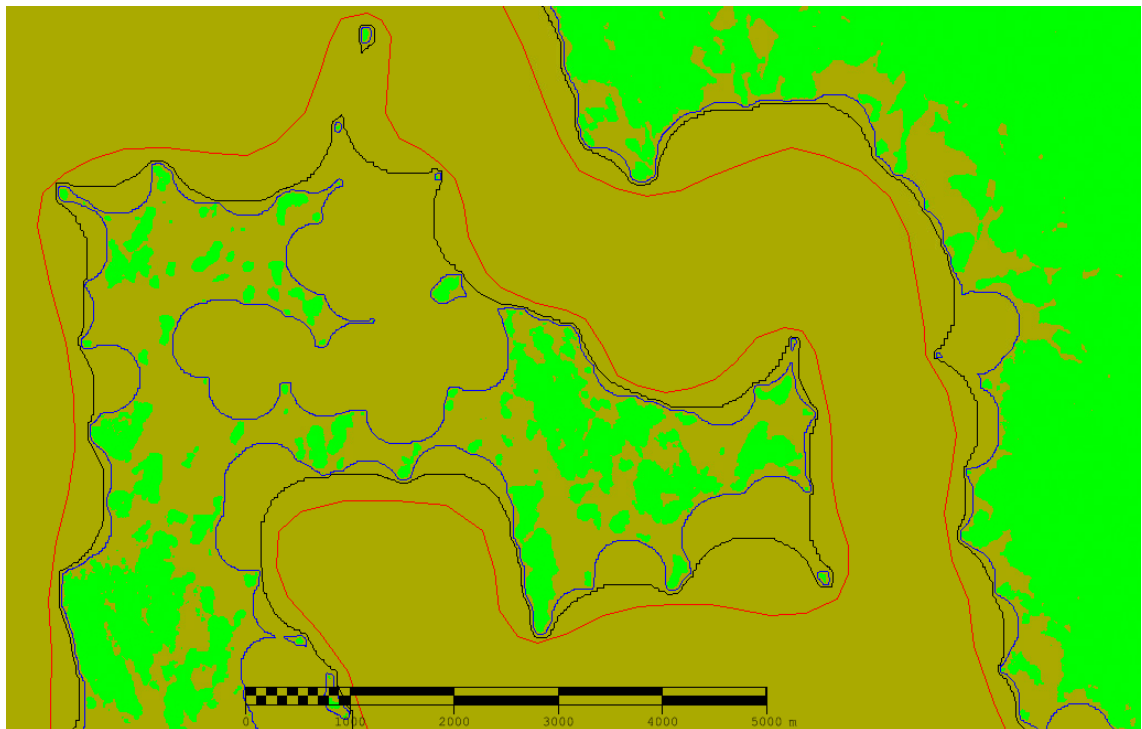
Sen jälkeen kun syvyyskäyrien muokkauksen parametrit oli valittu kullekin mittakaavatasolle, aloitettiin vielä syvyyslukujen automaattisen valinnan menetelmien kokeileminen. Tämän työn ensisijaisena tutkimuskohteena oli menetelmien ja parametrien löytäminen automaattista syvyyskäyrien tuottamista varten. Syvyyslukujen osalta esittelen tässä työssä uudessa järjestelmässä olevia valintamenetelmiä. Tämän työn liitteeksi tulee ohje syvyyskäyrien automaattista luontia ja syvyyslukujen valintaa varten [liite 1].

5 Vertailutulokset

5.1 Syvyysmallipinnan muokkaus

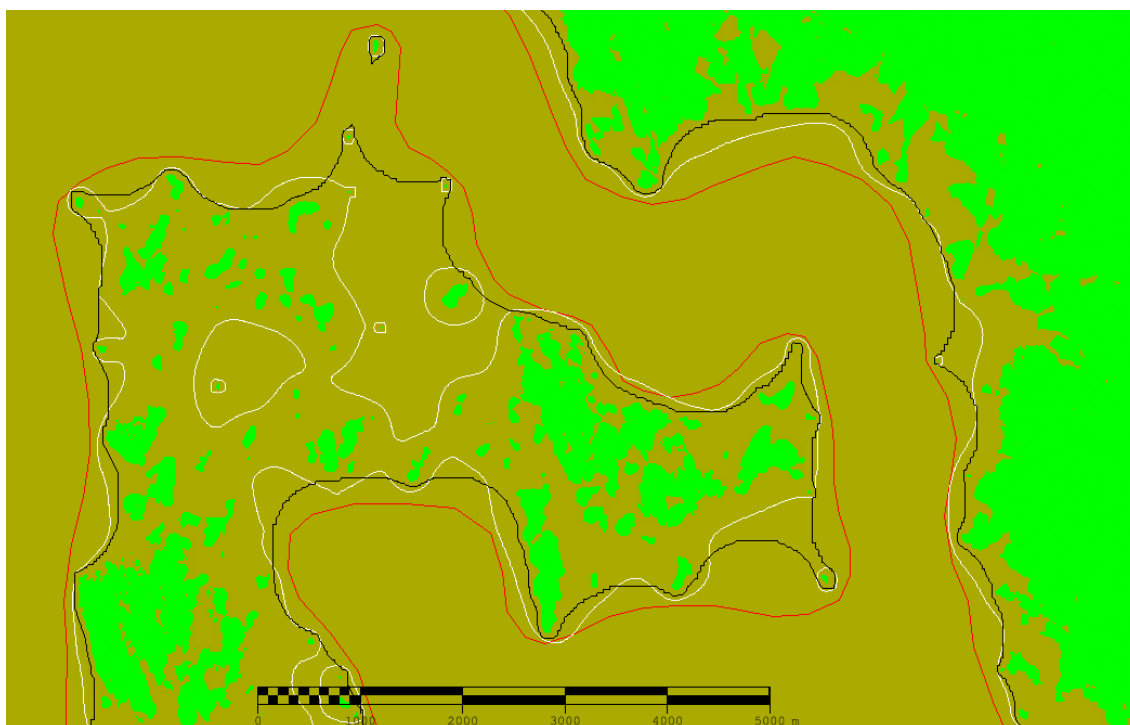
Testien tuloksena löydettiin sopivat syvyysmallien ruutukoot sekä menetelmät ja parametrit syvyysmallien pehmentämiseen automaattisten syvyyskäyrien tuottamiseksi eri mittakaavan merikartoille.

Testien tuloksena parhaaksi menetelmäksi syvyysmallin pehmentämiseen syvyyskäyrien luomiseksi 1:250 000 mittakaavan kartalle valikoitui Rolling Coin -menetelmä 20 solun säteen arvolla, syvyysmallin solukoon ollessa 32 m * 32 m. Kuvassa 7 on vertailtu eri parametreilla luotuja käyriä itse digitoituun vertailukäyrään.



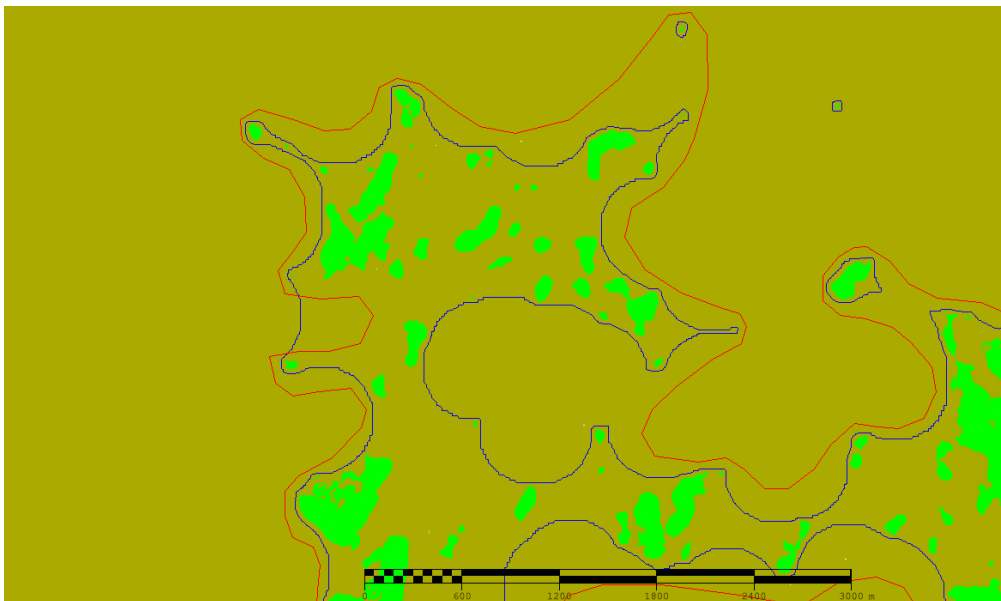
Kuva 7. Vertailua eri parametreilla luotujen syvyyskäyrien kesken 1:250 000 mittakaavan kartalle. Punainen käyrä on itse digitoitu vertailukäyrä, musta Rolling Coin 20 (solukoko 32 m) ja sininen Rolling Coin 20 (solukoko 16 m). Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Laplacian-menetelmällä 200 iteraatiokierroksella pehmenetystä syvyysmallista luodut syvyyskäyrät eivät olleet yhtä hyvin yleistäviä kuin Rolling coin-menetelmällä 20 solun säteellä pehmenetystä mallista luodut käyrät (kuva 8). Laplacian-menetelmällä iteraatiokierrosten määrää olisi pitänyt entisestään lisätä, jotta haluttu yleistyksen taso luoduille syvyyskäyrille olisi saavutettu. Tällöin syvyysmallin pehmentämiseen vaadittava aika olisi kasvanut moninkertaisesti suuremmaksi verrattuna Rolling coin -menetelmään. Lisäksi iteraatiokierrosten määrän kasvaessa syvyyskäyrät siirtyvät turhaan syvän veden puolelle rinteissä.



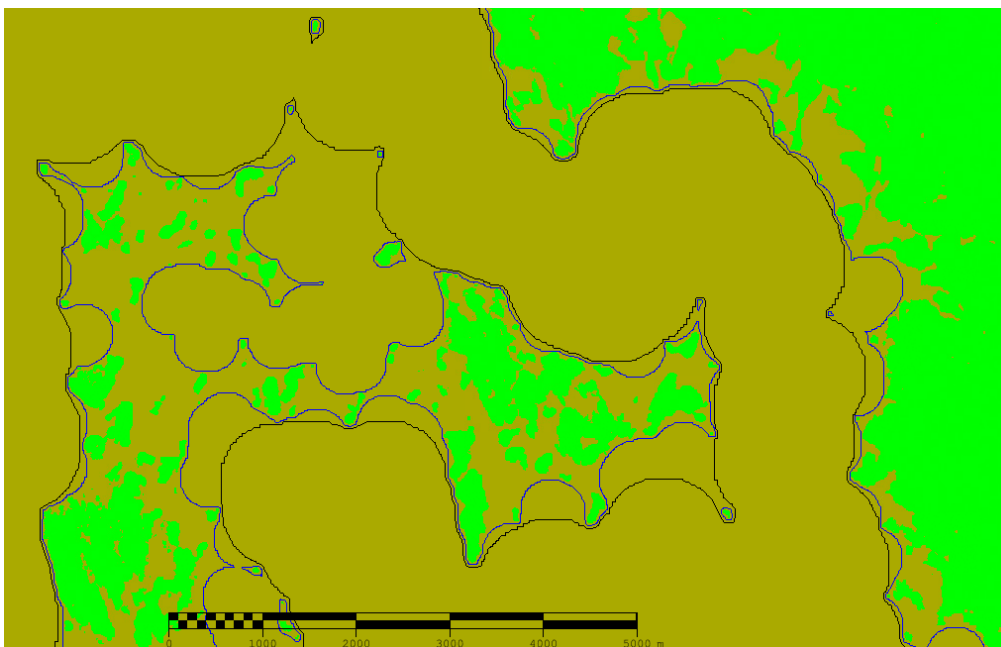
Kuva 8. Vertailussa itse digitoitu punainen käyrä, Rolling Coin 20 (solukoko 32m) musta käyrä ja Laplacian 200 valkoinen käyrä. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Testien perusteella parhaaksi menetelmäksi ja parametreiksi syvyysmallipinnan pehmentämiseen 1:100 000 mittakaavan kartoille valittiin Rolling coin -menetelmä 20 solun säteen arvolla syvyysmallin solukoon ollessa 16 m*16 m. Kuvassa 9 on esitetty valittua menetelmää ja parametreja käyttäen luotu syvyyskäyrä verrattuna itse manuaalisesti digitoituun käyrään.



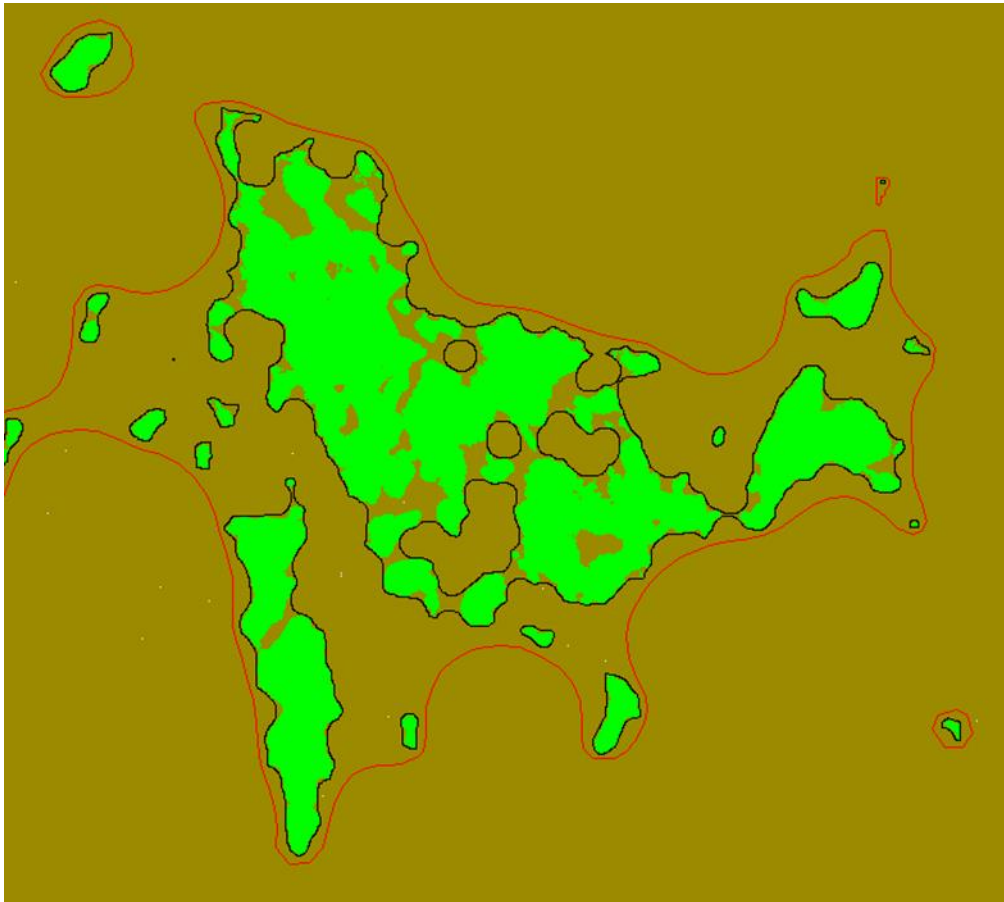
Kuva 9. Punainen käyrä on 1:100 000 mittakaavan kartalle itse digitoitu vertailukäyrä ja sininen Rolling Coin 20 (solukoko 16m) syvyyskäyrä. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Mittakaavan 1:100 000 kartoille tulevat käyrät kuvaavat pohjan muotoja jo huomattavasti tarkemmin kuin 1:250 000 mittakaavan karttojen käyrät. Kuvassa 10 on verrattu keskenään samalle alueelle luotuja eri mittakaavojen syvyyskäyriä.



Kuva 10. Vertailua 1:100 000 ja 1:250 000 mittakaavan kartoille luotujen syvyyskäyrien kesken. Musta käyrä 1:250 000 mittakaavan kartalle ja sininen 1:100 000 mittakaavan kartalle. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

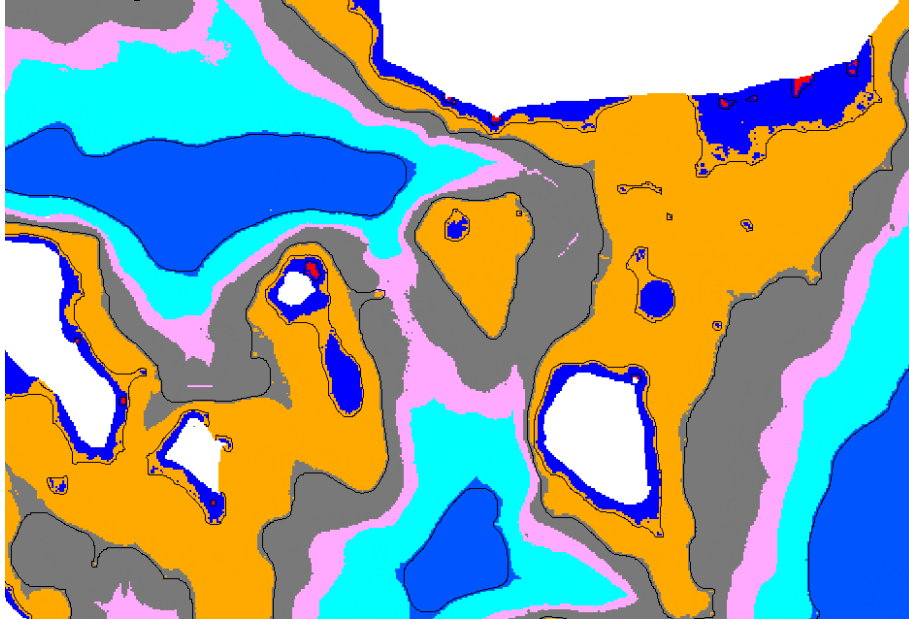
Mittakaavan 1:50 000 merikartoille tuotettavien syvyyskäyrien luomiseksi syvyysmallin pehmenysmenetelmäksi valikoitui Rolling Coin säteen arvolla 15 solua, kun syvyysmallin solukoko oli 4 m * 4 m. Kuvassa 11 on verrattu 1:50 000 mittakaavan syvyyskäyriä 1:100 000 mittakaavan syvyyskäyriin. Kuvasta huomataan, että suuremman mittakaavan kartalle tulee huomattavasti yksityiskohtaisemmin maastonmuotoja esittäviä syvyyskäyriä.



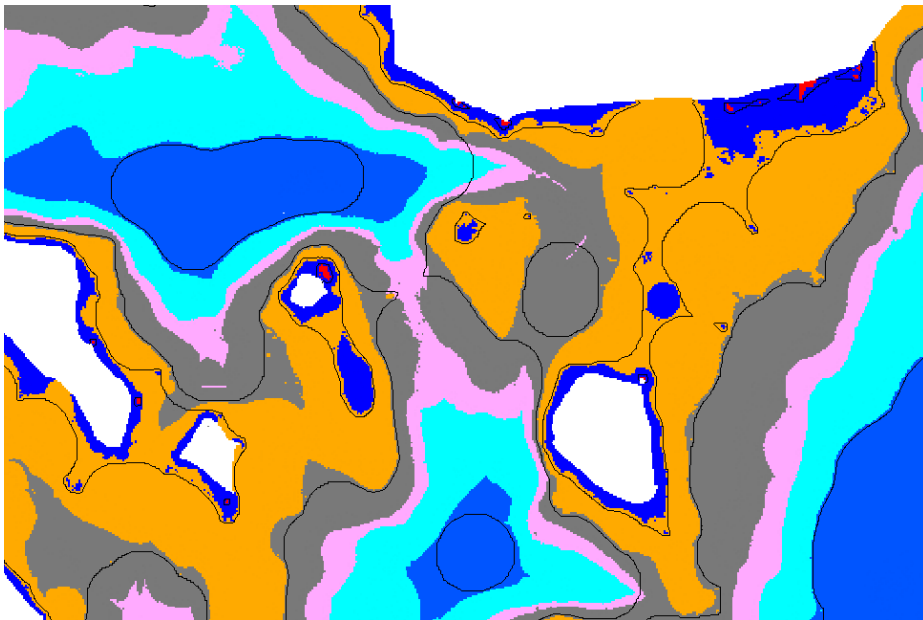
Kuva 11. Vertailussa mustalla olevat 1:50 000 mittakaavan kartan käyrät ja punaisella olevat 1:100 000 mittakaavan kartan käyrät. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Mittakaavaltaan 1:40 000 ja sitä tarkemmille kartoille testit tehtiin sisäveden alueen aineistolla. Syvyysmallin solukoko oli 2 m * 2 m, eikä sitä tarvinnut enää karkeistaa suurempaan solukokoon sopivan yleistämisen tason omaavien syvyyskäyrien tuottamiseksi.

Testien tuloksena sisävesien 1:40 000 mittakaavan kartoille luotavia syvyyskäyriä varten parhaaksi syvyysmallin pehmennessmenetelmäksi valikoitui Rolling Coin 15 solun säteen arvolla. Kuvissa 12 ja 13 on esitetty eri parametreilla pehmennessmenetelmästä luotuja syvyyskäyriä.

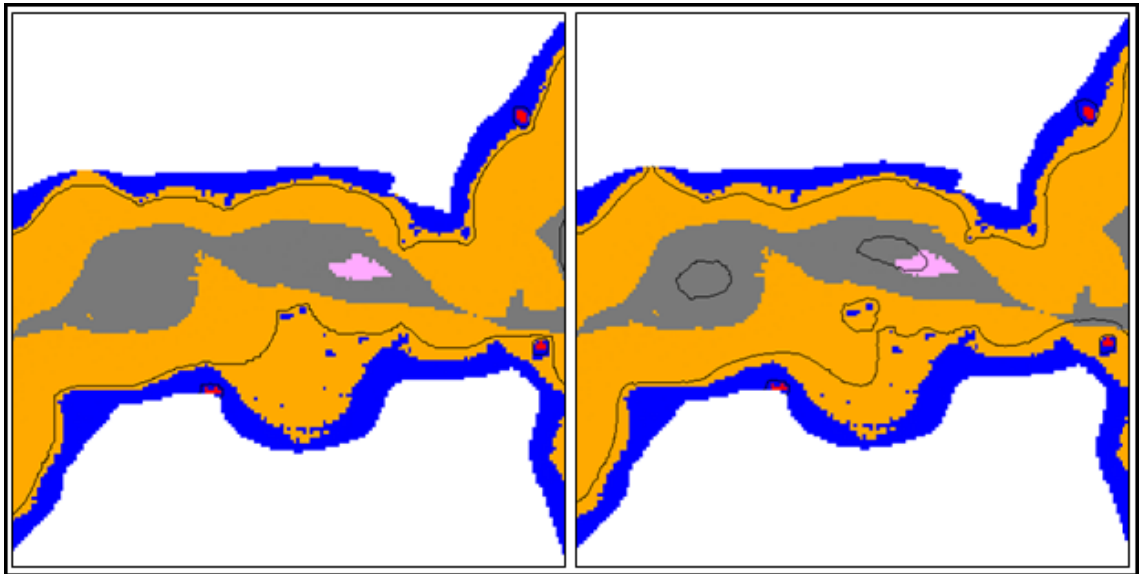


Kuva 12. Kuvan syvyyskäyrät on luotu Rolling Coin -menetelmällä 10 solun säteen arvolla pehmennessmenetelmästä mallista. Aineisto © Liikennevirasto 2018.



Kuva 13. Kuvan syvyyskäyrät on luotu Rolling Coin -menetelmällä 15 solun säteen arvolla pehmennessmenetelmästä mallista. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Kuvassa 14 on vertailtu Rolling Coin- ja Laplacian-menetelmillä pehmenneistä syvyysmalleista luotuja syvyyskäyriä toisiinsa. Kuvasta havaitaan, että vaikka Laplacian-menetelmässä on käytetty suurta määrää iteraatiokierroksia, se ei yleistä yhtä hyvin kuin Rolling coin 15 solun säteen arvolla. Laplacian-menetelmällä 200 iteraatiokierroksella muodostuu myös halkaisijaltaan turhan pieniä syvänteitä, joita ei Rolling coin -menetelmällä 15 solun säteen arvolla muodostu.



Kuva 14. Vasemmanpuoleisessa kuvassa käyrät on luotu Rolling coin -menetelmällä 15 solun säteen arvolla pehmenneistä syvyysmallista ja oikeanpuoleisessa kuvassa Laplacian-menetelmällä 200 iteraatiokierroksella pehmenneistä syvyysmallista. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Mittakaavaltaan 1:20 000 ja sitä suurempimittakaavaisille kartoille parhaaksi syvyysmallin pehennysmenetelmäksi syvyyskäyrien tuottamisen kannalta valikoitui Rolling Coin 10 solun säteen arvolla. Syvyyskäyristä tulee näin hieman yksityiskohtaisemmin pohjanmuotoja kuvaavia ja tarkempia kuin 1:40 000 mittakaavan kartoille luotavista syvyyskäyristä. Kuvissa 13 ja 14 on vertailtu Rolling Coin -menetelmällä 10 ja 15 solun säteen arvolla pehmenneistä syvyysmallipinnasta automaattisesti luotuja käyriä keskenään.

Yhteenvedona tulokset syvyysmallipintojen pehmennessparametreista ja syvyysmallien solukoista automaattisten syvyyskäyrien tuottamiseksi eri mittakaavojen kartoille on koottu taulukkoon 4.

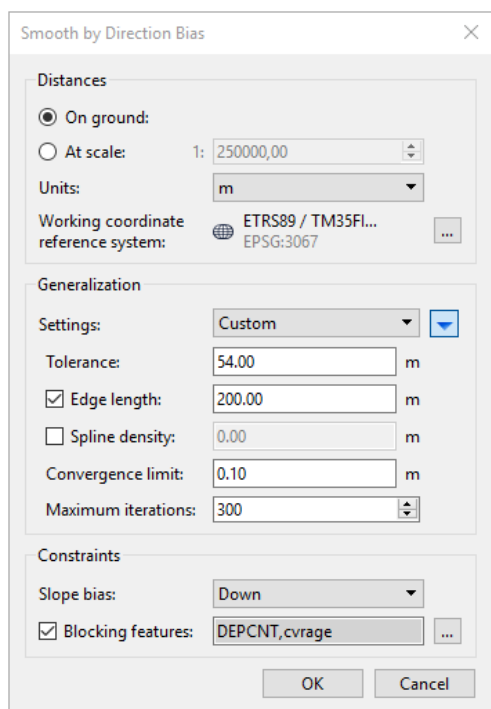
Taulukko 4. Parametrit syvyysmallien pehmentämiseen ja syvyysmallien solukoot automaattista syvyyskäyränluontia varten eri mittakaavojen kartoille.

Mittakaava	Rolling Coin -säde (solua)	Syvyysmallin solukoko (m)
1:250 000	20	32
1:100 000	20	16
1:50 000	15	4
1:40 000	15	2
1:20 000 -	10	2

5.2 Syvyyskäyrien muokkaus

Pehmennetyistä syvyysmallipinnoista automaattisesti luodut käyrät eivät vielä sellaisenaan ole kartografisesti riittävän laadukkaita käytettäväksi merikartoilla. Vaikka automaattisesti luodut syvyyskäyrät ovatkin syvyysmallipinnan sopivan pehmennessparametrien jälkeen turvallisia ja yleistyksen tasoltaan tyydyttäviä, vaativat ne vielä käsittelyä ollakseen kartografisesti ja teknisesti riittävän laadukkaita. Automaattisesti luodut käyrät ovat turhan yksityiskohtaisia ja muodoltaan rosoisia ja verteksit käyrissä ovat liian tiheässä. Testien tuloksena löydettiin sopivat parametrit käyrien muokkaamiseen eri mittakaavan kartoille tuleville syvyyskäyrille, jolloin käyrien luettavuus on hyvä ja verteksitiheys standardin S-57 [13] mukainen.

Automaattisen käyrienmuokkauksen valikossa Ahdissa oli viisi asetusta, joihin haettiin sopivia parametreja tyydyttävän lopputuloksen saamiseksi (kuva 15). Valikossa oli mahdollisuus valita erilaisia valmiita esiasetuksia, mutta tarkoituksenmukaisimmat lopputulokset eri mittakaavan kartoille tuleville syvyyskäyrille saatiin valitsemalla parametrit itse. Esivalittuja asetuksia oli kuitenkin osin hyvä käyttää apuna käyttökelpoisten parametrien hakemisessa.



Kuva 15. Valikossa asetetaan halutut arvot syvyyskäyrien muokkaamiseen.

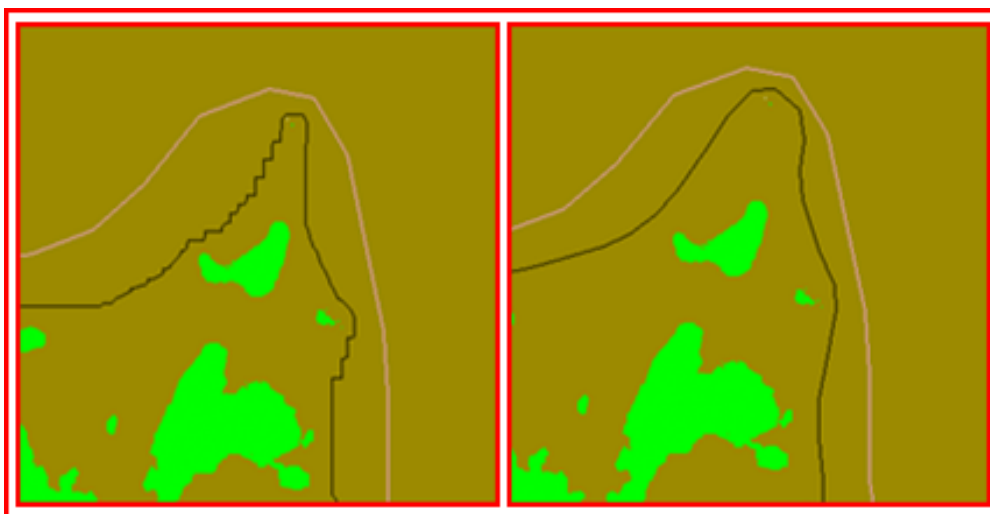
Tolerance-arvolla asetetaan minimietäisyys kahden peräkkäisen verteksin välille. Tolerance-arvo valittiin eri mittakaavan kartoille IHO:n standardin S-57 [13] suosittaman verteksin minimitiheyden mukaan (taulukko 3). Tolerance-arvo pyöristettiin ylöspäin lähimpään kokonaislukuun.

Edge length -arvolla asetetaan verteksin välinen maksimietäisyys. Edge length -arvo etsittiin eri mittakaavoille kokeilemalla eri arvoja ja vertailemalla niistä tuloksena saatuja käyriä toisiinsa sekä perinteisin menetelmin luotuihin syvyyskäyriin. Edge length -arvon kasvaessa suureksi syvyyskäyristä alkoi muodostua kulmikkaita, mikä ei ollut kartografian kannalta toivottavaa.

Spline density -arvolla sai asetettua halutun tavoite-etäisyyden käyrien verteksin välille, jolloin verteksejä olisi ollut käyrissä tasaisin välimatkoin. Testeissä todettiin verteksin tasaisen välimatkan olevan merkityksetön syvyyskäyrien laadun kannalta. Suorilla käyrän osuuksilla ei tarvita verteksejä yhtä tiheästi kuin kaarevilla osuuksilla, ja spline density -asetus päädyttiin ottamaan pois päältä käyrienmuokkaus asetuksista.

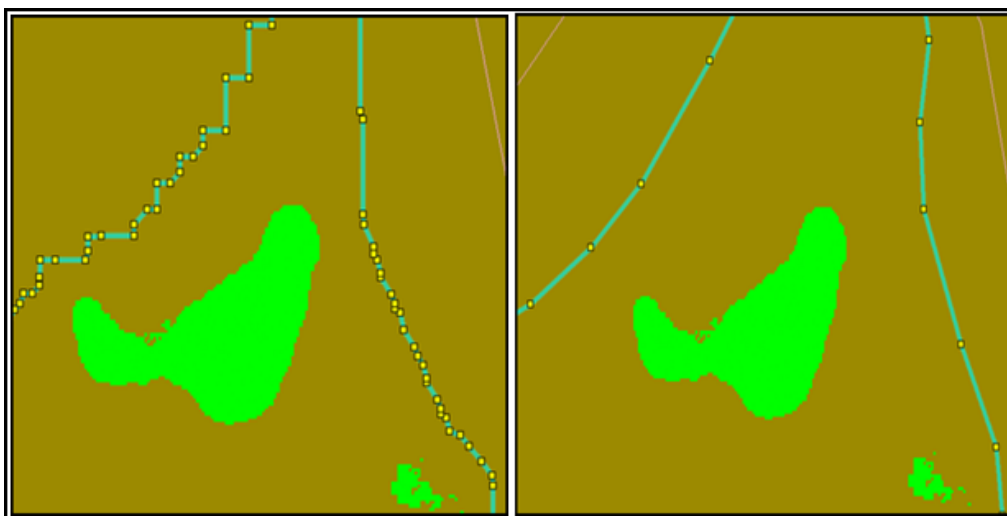
Convergence limit -arvolla ja Maximum iterations -arvolla voidaan vaikuttaa käyränpehmennyksen määrään. Käyrän pehmennys loppuu, kun muutos käyrän siirtymisessä on alle asetetun Convergence limit -arvon tai kun Maximum iterations -arvolla asetettu määrä iteraatioita tulee täyteen. Convergence limit- ja Maximum iterations -arvot päädyttiin testien tuloksena pitämään samoina kuin ne esivalituissa asetuksissa olivat, koska niitä muuttamalla ei saatu parannettua muokkauksen lopputuloksena syntyvien syvyyskäyrien laatua.

Kuvassa 16 on esitetty 1:250 000 mittakaavan kartalle luotu syvyyskäyrä ennen käyränmuokkausta ja muokkauksen jälkeen. Kuvasta huomataan, että syvyyskäyrä on muuttunut muodoltaan pehmeämmäksi.



Kuva 16. Syvyyskäyrä ennen muokkausta ja sen jälkeen. Muodoltaan rosoinen käyrä on sopivan muokkauksen jälkeen muodoltaan pehmeämpi. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Kuvasta 17 huomataan, miten verteksin määrä on muokkauksessa vähentynyt ja ne ovat sopivan harvassa.



Kuva 17. Verteksin määrä vähenee ja niiden välinen etäisyys asettuu sopivaksi automaattisen muokkauksen johdosta. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Testien tuloksena löydetty parametrit käyrien muokkaamiseen eri mittakaavan kartoille on esitetty taulukossa 5. Käyrien muokkauksen tuloksena saadaan kartografisesti tyydyttävät ja teknisesti laadukkaat syvyyskäyrät.

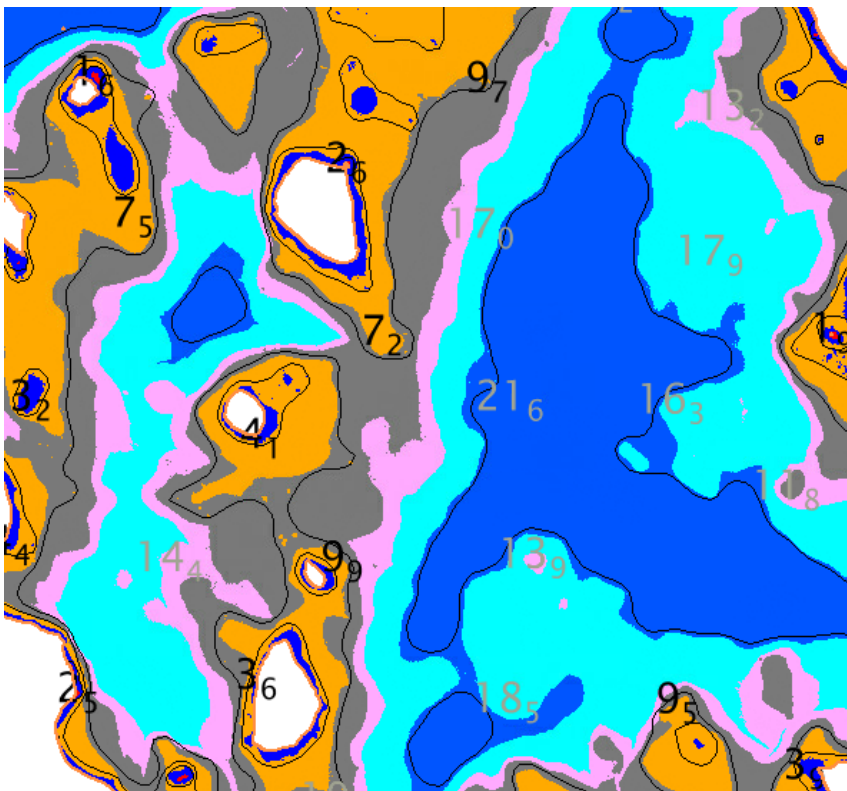
Taulukko 5. Parametrit käyrien muokkaamiseen eri mittakaavoilla.

Mittakaava	Tolerance [m]	Edge length [m]	Convergence limit [m]	Maximum iterations
1:250 000	54	200	0,10	300
1:100 000	27	100	0,10	300
1:50 000	7	20	0,10	300
1:40 000	7	20	0,10	300
1:20 000 -	3	15	0,10	300

5.3 Syvyyslukujen valinta

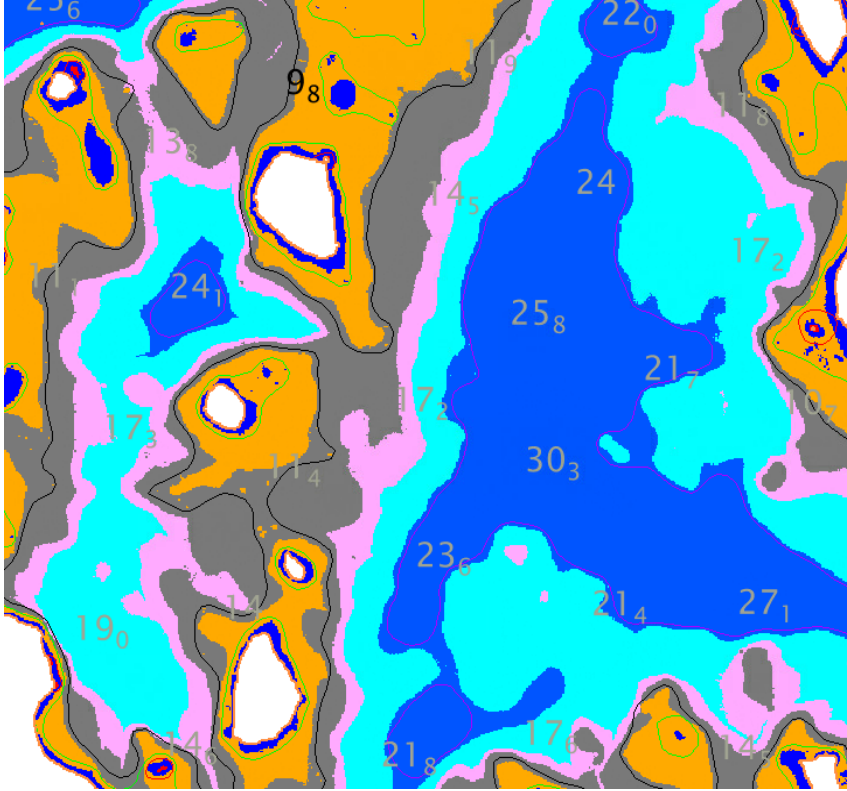
Tässä työssä testattiin eri menetelmiä syvyyslukujen valintaan uudella merikarttatuotantojärjestelmällä. Eri menetelmiä ja niitä käyttämällä valittuja syvyyslukuja tarkastellaan tässä osiossa. Työn liitteenä olevassa ohjeessa [liite 1] on esitetty, miten eri menetelmiä käytetään syvyyslukujen valintaan.

Kuvassa 18 nähdään tulos syvyyslukujen tasavälisestä valinnasta, kun syvyysmallista on valittu matalimpia lukuja määrätyin etäisyyksin. Kuvasta havaitaan, että kaikkiin syvänteisiin ei tule valituksi lukuja. Syvänteisiin valikoituneet luvut sijaitsevat aivan syvyyskäyrien vieressä, missä on matalinta ja syvimmät kohdat jäävät ilman lukua. Myös käyrien rajaamia matalikkoja jää ilman syvyyslukua, kun viereisen matalikon matalampi syvyysluku on valittu ja se sijaitsee tarpeeksi lähellä.



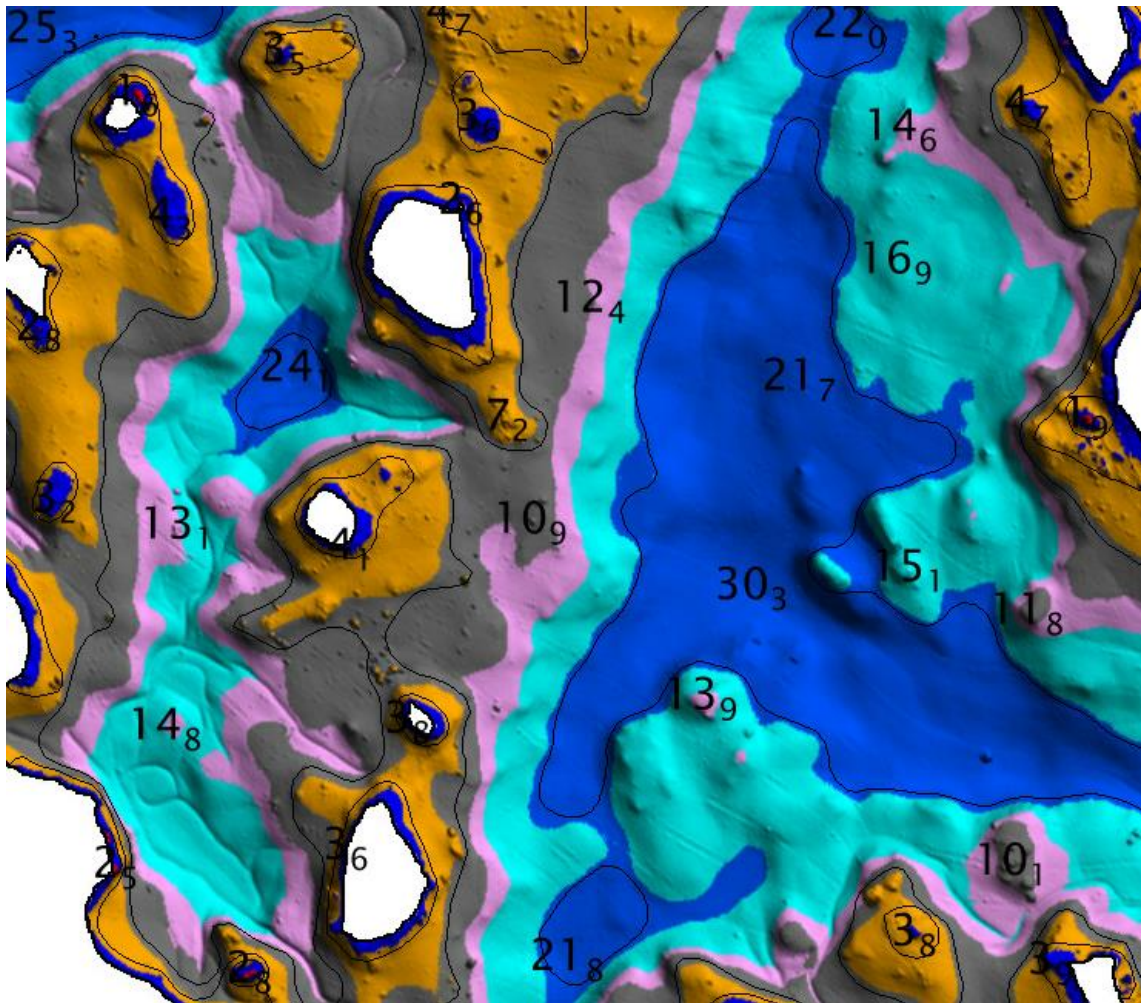
Kuva 18. Tasavälisesti valittuja matalimpia syvyyslukuja. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Kuvassa 19 on valittu syvimät luvut tasavälisin etäisyyksin. Nyt syvänteisiin tulee valituiksi syvyysluvat, mutta matalikot jäävät ilman valittua syvyyslukua. Ongelmana näin valituissa syvyyslukuissa on myös se, että valittujen lukujen väliin jää helposti matalampia lukuja kuin kumpikaan valituista syvyyslukuista, eikä niin saisi käydä.



Kuva 19. Tasavälisesti valittuja syvimpiä syvyyslukuja. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

Syvyyslukuja voi syvyyskäyrien luonnin jälkeen valita automaattisesti niin, että matalikon rajaavan käyrän sisältä valitaan matalin luku ja syvänteen sisältä syvin luku. Syvyyslukuja voi valita myös haluttuihin kohtiin Ahdin quick creator -toiminnolla manuaalisesti, jolloin halutulta alueelta valitaan syvin tai matalin luku valintaympyrän sisältä. Eri valintamenetelmiä yhdistämällä saadaan valittua kattavasti edustavia syvyyslukuja (kuva 20).



Kuva 20. Syvyysluvut valittu eri valintamenetelmiä yhdistäen. Aineisto © Liikennevirasto 2018.

6 Yhteenveto

Testien tuloksena löydettiin menetelmät ja parametrit sekä syvyysmallipintojen muokkaamiseen automaattisesti luotujen syvyyskäyrien tuottamiseksi eri mittakaavan kartoille, että automaattisesti luotujen käyrien muokkaamiseen laadukkaiksi. Työn lopputuloksena syntyi myös ohje syvyyskäyrien luontia ja syvyyslukujen valintaa varten uudella käyttöön otettavalla merikarttatuotantojärjestelmällä Ahdilla [liite 1].

Parametrit syvyysmallipintojen muokkaamiseen sopivan yleistystason saamiseksi automaattisesti luoduille syvyyskäyrille löytyi helpommin Rolling Coin -menetelmälle kuin iteratiiviselle Laplace-interpoloinnille. Rolling Coin -menetelmän lantin sopivaa kokoa oli helpompi etsiä kuin Laplace-interpoloinnin sopivaa iteraatiokierrosten määrää. Laplace-interpoloinnin iteraatiokierrosten määrä olisi noussut hyvin suureksi, jos sillä olisi haluttu saada Rolling Coin -menetelmää käyttäen luotujen syvyyskäyrien yleistystaso. Laplace-interpoloinnin vaatima aika syvyysmallipinnan muokkaamiseen nousi pitkäksi iteraatiokierrosten määrän kasvaessa suureksi. Syvyysmallipinnan muokkaaminen vastaavan yleistystason syvyyskäyrien tuottamiseksi oli huomattavasti hitaampaa Laplace-interpoloinnilla kuin Rolling Coin -menetelmällä. Testeissä Rolling coin -menetelmä valikoituikin käyttökelpoisimmaksi menetelmäksi syvyysmallipintojen muokkaamiseen automaattisen syvyyskäyränluonnin kannalta.

Tässä työssä kokeiltiin myös, saadaanko Rolling Coin -menetelmän ja Laplace-interpoloinnin yhdistelmällä pehmenetystä syvyysmallipinnasta luotua laadukkaampia syvyyskäyriä kuin pelkästään Rolling Coin -menetelmällä. Menetelmiä yhdistämällä ei saatu lisäarvoa automaattiseen käyränluontiin.

Pehmenetyistä syvyysmallipinnoista automaattisesti luodut syvyyskäyrät eivät vielä sellaisenaan ole valmiita käytettäväksi merikartoilla. Ne vaativat muokkausta, jotta verteksitiheys saadaan käyrissä riittävän suureksi ja jotta syvyyskäyristä saadaan kartografiselta laadultaan parempia. Työn tuloksena löydetyillä parametreilla syvyyskäyrät saadaankin muokattua eri mittakaavan kartoille laadukkaiksi.

Täysin automaattisesti ei kuitenkaan vielä saada valmista lopputulosta syvyyskäyrien luonnissa merikartoille, vaan jäljelle jää vielä manuaalista syvyyskäyrien editointia. Esimerkiksi jotkut pienet matalikon ympäröivät syvyyskäyrät saattavat olla liian pieniä annetuilla parametreilla muokattavaksi, ja ohjelma antaa ilmoituksen siitä, että käyrää

ei voitu muokata. Myös tilanteessa, jossa käyrä muokkauksen seurauksena leikkaisi toista käyrää, antaa ohjelma ilmoituksen, ettei käyrää voitu muokata. Manuaalista editointia saatetaan tarvita myös syvyysmallin reunoilla, joissa data loppuu, koska sinne voi muodostua automaattisessa käyränluonnissa muokkausta vaativia yksityiskohtia.

Työstä saaduilla tuloksilla saadaan muokattua syvyysmallipintaa ja siitä luotuja syvyyskäyriä niin, että tuloksena syntyy kartografisesti ja teknisesti hyvät syvyyskäyrät eri mittakaavan merikartoille. Saatuja tuloksia ei kuitenkaan voida pitää ainoina käyttökelpoisina parametreina. Luotujen syvyyskäyrien sopivan yleistystason arviointi perustui omaan näkemykseeni, ja erityyppisillä alueilla oli välillä vaikea päättää, mikä oli sopivimmin yleistävä vertailtavista käyristä. Myös käyrien muokkauksessa oli lähes mahdollista etsiä tarkat parhaat parametrit. Insinööriyön tuloksena löydetyillä menetelmillä ja parametreilla pääsee kuitenkin mielestäni hyvin alkuun syvyyskäyrien automaattisessa luomisessa Ahdilla. Käytännön työn myötä parametrit tulevat todennäköisesti tarkentumaan ja muuttumaan käyttökelpoisemmiksi.

Insinööriyössä kokeiltiin myös eri menetelmiä syvyyslukujen valintaan. Eri valintamenetelmiä yhdessä käyttämällä on mahdollista saada valittua hyvin merikartoilla toimivat syvyysluvut. Syvyyslukuja valitessa pitää kuitenkin olla tarkkana, ettei valittujen lukujen väliin jää niitä matalampia lukuja.

Tässä työssä syvyyslukujen osalta tarkasteltiin vain erilaisia Ahdissa käytössä olevia menetelmiä syvyyslukujen valintaan. Parhaimpien menetelmien ja parametrien etsiminen merikartoilla esitettävien syvyyslukujen valitsemiseksi Ahdilla jäi tämän työn rajauksen ulkopuolelle. Yhtenä jatkotutkimuksen aiheena voisikin olla tarkempi merikartoilla esitettävien syvyyslukujen automaattiseen valintaan Ahdilla kohdistuva tutkimus. Toisena mahdollisena jatkotutkimuskohteena voisi olla yleispätevämmän ohjeen kehittäminen eri mittakaavojen aineistojen tuottamiseksi tässä työssä saatujen tulosten kautta. Tässä työssä parametrit ja mallien solukoot eri mittakaavoille valikoituivat yksittäin omaan näkemykseeni perustuen, eikä niillä ole yhteistä kaavaa eri mittakaavojen kesken. Yksittäisten tulosten kautta voitaisiinkin mahdollisesti kehittää laskukaava, johon esimerkiksi syötettäisiin kartan mittakaava ja laskukaavasta saataisiin käytettävä syvyysmallin solukoko ja parametrit.

Automaattisesti luodut syvyyskäyrät ja automaattisesti valitut syvyysluvut tulevat varmasti nopeuttamaan syvyystietojen uusimista jatkossa. Automaattisilla menetelmillä

luotujen syvyyskäyrien yleistystaso saadaan vakioitua tekijästä riippumattomaksi. Automaattisesti luodut syvyyskäyrät eivät välttämättä täysin vastaa ulkoasultaan perinteisesti manuaalisesti luotuja käyriä, eikä niiden mielestäni pidäkään vastata. Riittää, kun syvyyskäyrät ovat navigoinnin kannalta turvallisia ja selkeästi luettavia sekä teknisesti laadukkaita.

Lähteet

- 1 Laki Liikenne- ja viestintävirastosta 23.11.2018/935
- 2 Tietoa meistä. 2019. Verkkoaineisto. Traficom. <www.traficom.fi/fi/traficom/tietoa-meista>. 18.2.2019. Luettu 4.3.2019.
- 3 Merikartat 2019. 2019. Verkkoaineisto. Traficom. <www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/Merikartat_2019.pdf>. Luettu 4.3.2019
- 4 Merikarttaohjelma. 2011. Liikenneviraston merikartoituksen sisäinen raportti. Liikennevirasto, Helsinki.
- 5 Heiskanen, Tuomas. 2008. Merikarttojen syvyyskäyrien tuottamisen automatisointi – turvallisen navigointikäytön ehdoilla. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu.
- 6 Niemeläinen, Mari. 2012. Automaattinen syvyyslukujen valinta Fledermaus-ohjelmalla. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 7 Filppula, Topi. 2018. Syvyysmallipintojen muokkaus automaattisessa syvyyskäyränmäärityksessä: tarkastelussa Rolling Coin ja Laplace-interpolointi. Pro gradu -tutkielma. Helsingin Yliopisto.
- 8 Syvyystiedon uusiminen Prosessikortti. Liikenneviraston merikartoituksen sisäinen raportti. Liikennevirasto, Helsinki.
- 9 Merikarttojen syvyystietojen uusimisohjelma 2016-2021. Liikenneviraston merikartoituksen sisäinen raportti. Liikennevirasto, Helsinki.
- 10 Syvyystiedon uusimisen pelisäännöt. Liikenneviraston merikartoituksen sisäinen ohje. Liikennevirasto, Helsinki.
- 11 Filppula, Topi. Syvyysmallit ja käyränmäärityksen uudet menetelmät. Liikenneviraston merikartoituksen sisäinen raportti. Liikennevirasto, Helsinki.
- 12 Peters, R., H. Ledoux & M. Meijers. 2014. A Voronoi-based approach to generating depth-contours for hydrographic charts. *Marine Geodesy* 37 : 2, 145-166.
- 13 IHO (2000). S-57, IHO Transfer standard for digital hydrographic data. International Hydrographic Organization Special Publication 57 (Edition 3.1). International Hydrographic Bureau, Monaco.

Ohje syvyyskäyrien luontiin ja syvyyslukujen valintaan

Syvyysmallipinnan muokkaus

Matalien laajennus

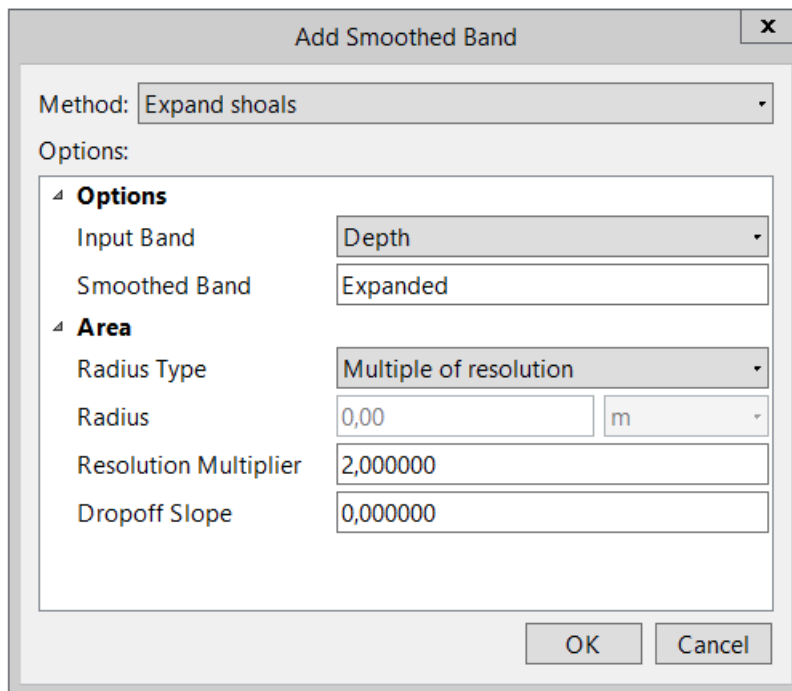
Matalien laajennus lähimpiin ympäröiviin soluihin tehdään, jotta syvyyskäyrät saadaan automaattisesti luotua turvallisiksi. Matalien laajennuksen jälkeen automaattisesti luodut syvyyskäyrät kiertävät koko matalan solun eikä syvyyskäyrät leikkaa matalan solun kulmien päältä.

Valitse *Layers*-ikkunasta syvyysmalli aktiiviseksi

Avaa ylärivin valikosta *Tools – Bands – Smooth Elevations*

- *Method: Expand shoals*
- *Input Band:* valitse alkuperäinen muokkaamaton syvyysmallipinta
- *Smoothed Band:* anna muokkauksen tuloksena syntyvälle syvyysmallipinnalle nimi
- *Radius Type: Multiple of resolution*
- *Resolution Multiplier: 2*
- *Dropoff Slope: 0*

Näillä asetuksilla matalat laajenevat lähimpiin ympäröiviin soluihin.



Paina OK.

Mallin pehmentäminen Rolling Coin -menetelmällä

Syvyysmallipintoja pehmennetään syvyysmallipintojen yksityiskohtien häivyttämiseksi. Pehmentäminen tehdään navigointiturvallisuuden takia aina turvalliseen suuntaa syvyyksiä madaltamalla. Pehmennetyistä syvyysmallipinnoista automaattisesti luodut syvyyskäyrät ovat yleistettyjä ja pehmentämättömästä syvyysmallipinnasta automaattisesti luotuja käyriä laadukkaampia.

Valitse *Layers* välilehdeltä syvyysmalli aktiiviseksi

Avaa ylärivin valikosta *Tools – Bands – Smooth Elevations*

- *Method: Rolling Coin*
- *Input Band:* valitse edellä luotu syvyysmallipinta, jossa matalat on laajennettu
- *Smoothed Band:* anna muokkauksen tuloksena syntyvälle syvyysmallipinnalle nimi
- *Resolution Multiplier:* anna Rolling Coin -menetelmän säde

Rolling Coin -menetelmän sateen arvo valitaan työn mittakaavan mukaan ja apuna voi käyttää alla olevaa taulukkoa. Käytännössä lantin halkaisijaksi maastossa tulee $(2r-1) \cdot$ mallin solukoko.

Mittakaava	Rolling Coin säde (solua)	Syvyysmallin solukoko (m)
Berthing	10	2
Harbour	10	2
Approach (sisävedet)	15	2
Approach (merialueet)	15	4
Coastal	20	16
General	20	32

The image shows a software dialog box titled "Add Smoothed Band". It contains the following settings:

- Method: Rolling coin
- Options:
 - Input Band: Expanded
 - Smoothed Band: Rolling Coin 15
 - Area:
 - Resolution Multiplier: 15,000000

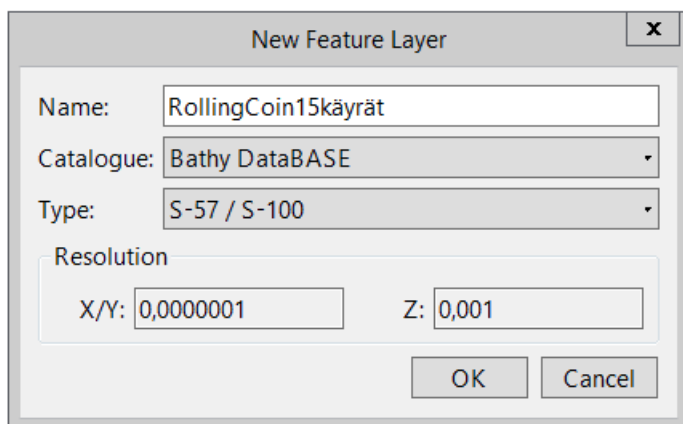
Buttons for "OK" and "Cancel" are located at the bottom right of the dialog.

Paina OK.

Syvyyskäyrien automaattinen luonti

Luo uusi *Feature Layer* syvyyskäyriä ja syvyyslukuja varten: *file – new feature layer*

Anna uudelle layerille nimi. Varmista, että Catalogue = "Bathy DataBASE" ja Type = "S-57 / S-100, kuten alla olevassa kuvassa.



The image shows a dialog box titled "New Feature Layer". It has a close button (X) in the top right corner. The fields are as follows:

- Name: RollingCoin15käyrät
- Catalogue: Bathy DataBASE
- Type: S-57 / S-100
- Resolution section:
 - X/Y: 0,0000001
 - Z: 0,001

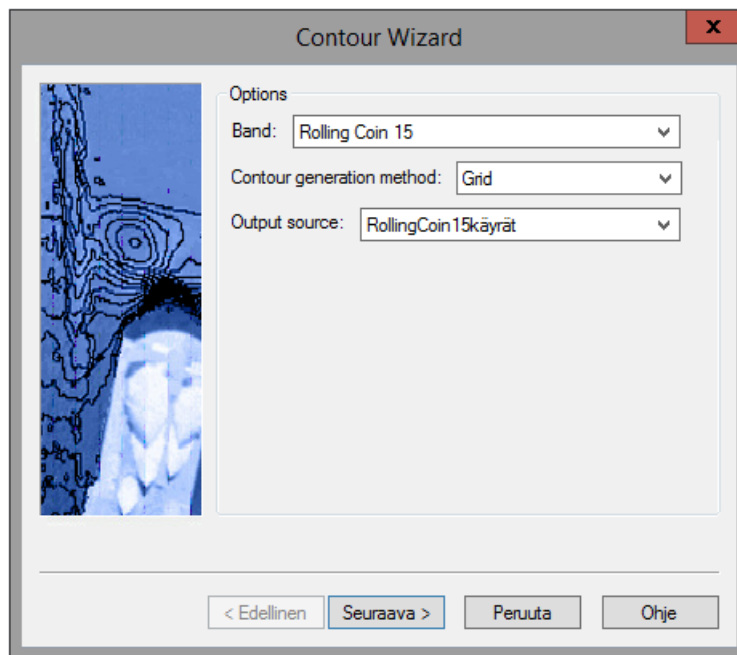
At the bottom, there are two buttons: "OK" and "Cancel".

Paina OK.

Valitse syvyysmalli aktiiviseksi *Layers*-ikkunasta

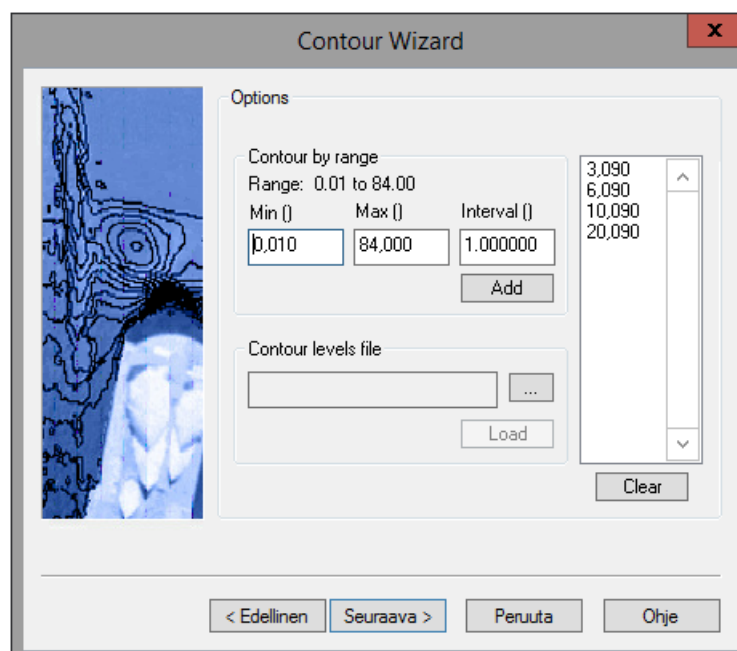
Avaa yläpalkista *Tools – Features – Contouring*

- *Band*: valitse edellä Rolling Coin -menetelmällä muokattu syvyysmallipinta, josta syvyyskäyrät luodaan
- *Contour generation method*: Grid
- *Output source*: valitse edellä luotu layer, johon käyrät luodaan



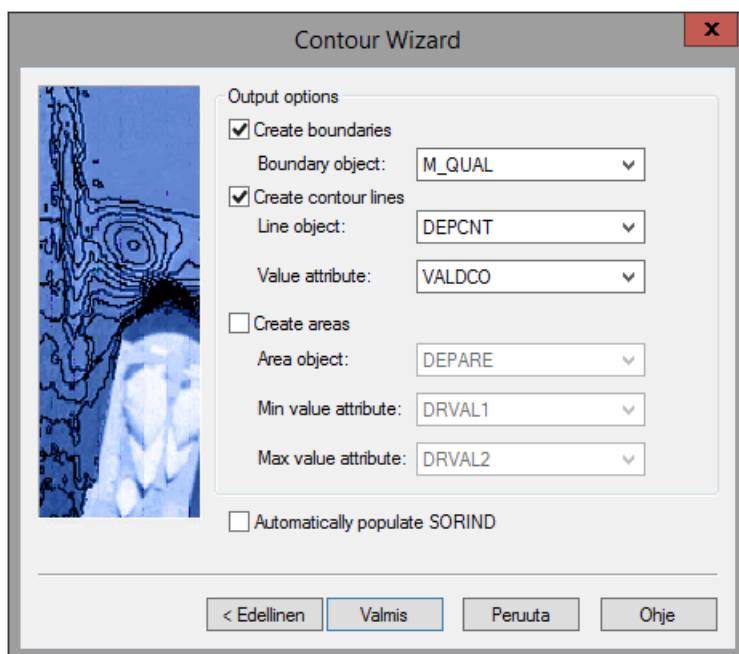
Paina *Seuraava*.

Klikkaa hiiren oikealla tyhjän kentän kohdalla ja valitse *insert*. Syötä kenttään luotavien syvyyskäyrien syvyysarvot.



Paina *Seuraava*.

Valitse valinnat sen mukaan, mitä tässä vaiheessa haluat tehdä. Syvyysalueet voi luoda tässä vaiheessa tai vasta myöhemmin, kun käyrät on käsitelty valmiiksi. Syvyyskäyrien lisäksi tässä vaiheessa kannattaa valita *Create boundaries*.



Paina *Valmis*.

Kun syvyyskäyrät on luotu, tallenna valitsemalla *Layers*-ikkunasta aktiiviseksi taso johon syvyyskäyrät luotiin ja yläpalkista *File – Save*.

Käyrien editointi

Alkuperäinen syvyysmallipinta kannattaa visualisoida värikartan avulla näyttämään syvyysvyöhykkeet eri väreillä käyrien editoinnin avuksi. Värikartan voi valita tai luoda itse valitsemalla *Layers*-ikkunasta syvyysmalli aktiiviseksi ja valitsemalla *Properties*-ikkunan *Colour Map*-alasetovalikosta haluttu vaihtoehto. Kun syvyysmallipinta on visualisoitu syvyysvyöhykkeittäin, on helppo editoida syvyyskäyrät ja tarkastella niiden pysyvän navigointiturvallisina.

Myös syvyyskäyrät voi halutessaan visualisoida syvyysarvon mukaan. Valitse aktiiviseksi *Layer*, jossa syvyyskäyrät ovat ja valitse *Properties*-ikkunan *Contours*-kohdasta haluamasi *Colour Range* tai luo itse uusi.

Käyrien valmistelu

Valitse kaikki käyrät ja valitse *Edit – Lines – Merge matching*

Edelleen kaikki valittuna valitse *Edit – Edges – Merge*

Ylläoleva yhdistää ne käyrät, jotka voidaan yhdistää (koskettavat toisiaan ja attribuutit ovat identtiset) sekä poistaa yhdistettyjen käyrien keskelle mahdollisesti jääneet Nodet. Nodet estävät käyrien pehmennyksen, sillä ne eivät siirry käyrien pehennystyökalulla.

Poistetaan käyrissä mahdollisesti esiintyvät ylimääräiset verteksitihentymät, jotka muuten vaikuttavat käyrien pehmennyksen tuloksiin.

Edelleen kaikki käyrät valittuna valitse *Edit – Simplify/Smooth – Simplify*

- Täppä pois *Smooth*-kohdasta (ei käytetä pehennystä)
- Valitse sopiva menetelmä (esim. Douglas-peucker pienellä (solukoko/5) toleranssilla)

Käydään vielä läpi käyrien päät syvyysmallidatan reunoilla sekä erittäin lyhyet käyrät ja muokataan ne kuntoon. Tämä vaikuttaa myös käyrien pehmennyksen lopputulokseen.

Käyrien pehennys

Automaattisesti luodut käyrät ovat liian yksityiskohtaisia. Niissä on verteksit liian tiheässä ja ne ovat muodoltaan hyvin rosoisia. Sen takia automaattisesti luotuja käyriä pitää vielä käsitellä niiden laadun parantamiseksi.

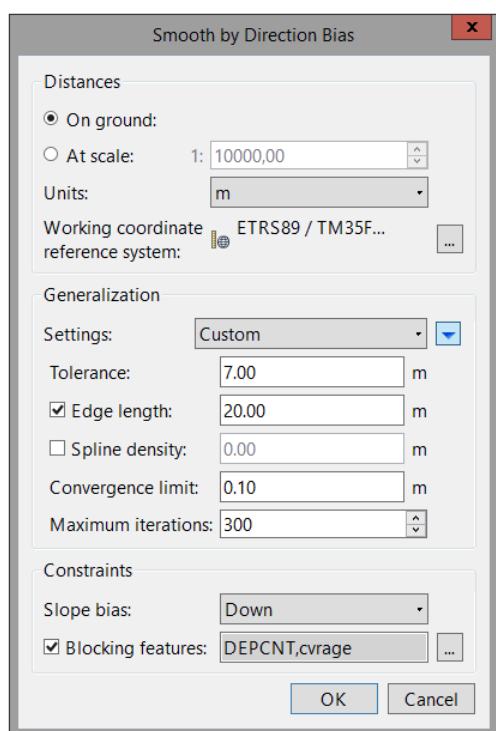
Valitse kaikki käyrät ja avaa ylävalikosta *Edit – Contours – Smooth contours*

Aseta dialogiin valinnat ja parametrit

- *Distances: on ground*
- *Units: m*
- *Working coordinate reference system: esim. ETRS89/TM35FIN (EPSG:3067)*

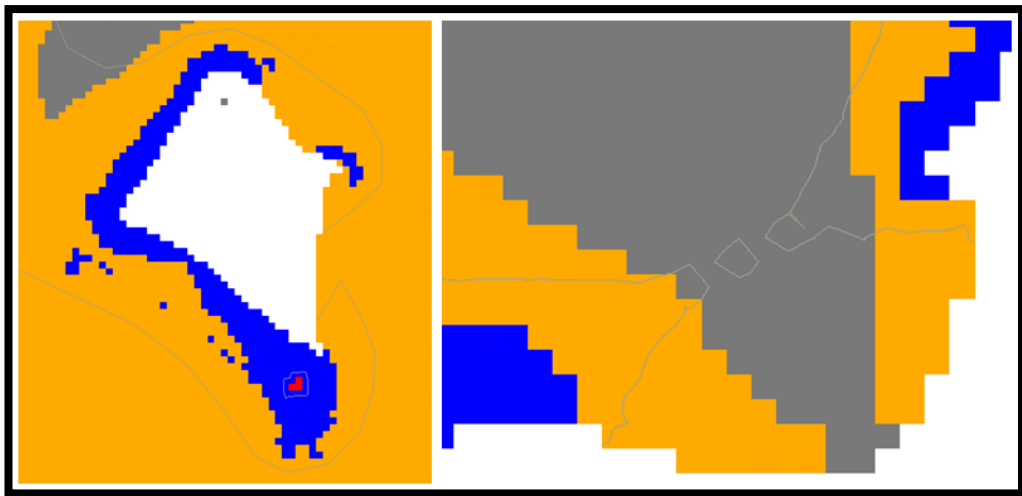
Generalization -kohdassa paina sinistä nuolta valikossa, niin pääset asettamaan parametreja käyrien pehmennystä varten. Ota *Spline density* -täppä pois päältä ja aseta muut arvot työn mittakaavan mukaan alla olevan taulukon mukaisesti.

Mittakaava	Tolerance	Edge length	Convergence limit	Maximum iterations
Berthing	3	15	0,10	300
Harbour	3	15	0,10	300
Approach	7	20	0,10	300
Coastal	27	100	0,10	300
General	54	200	0,10	300



Kun käyrien pehmennys on valmis, Output ikkunaan tulee tieto siitä, kuinka monet käyrät olivat liian pieniä käytetyillä parametreilla pehmennettäviksi ja kuinka moni käyrä olisi pehmennettäessä ristennyt muita käyriä. Tutki nämä tapaukset ja editoi ne erikseen.

Editoi tarvittaessa käyriä vielä lisää. Etenkin aineiston reuna-alueille, johon mittaukset loppuvat, saattaa muodostua käsittelyä vaativia yksityiskohtia. Automaattisessa käyränluonnissa saattaa syntyä myös turhia pieniä syvyyskäyriä, jotka pitää poistaa. Myös syvyysmallin reuna-alueille voi muodostua lyhyitä turhia käyräpätkiä, joita voi poistaa. Esimerkkejä muokkausta vaativista yksityiskohdissa on esitetty alla olevassa kuvassa. Todellisia pieniä matalaa rajaavia käyriä ei kuitenkaan saa poistaa. Käyrien pehmenyksen jälkeen kannattaa tarkastaa, että ne ovat pysyneet turvallisina ja kiertävät matalat syvän veden puolelta.



Kuvassa vasemmalla aineiston reunaan muodostunut terävä muokkausta vaativa yksityiskohta ja oikealla Rolling Coin -menetelmällä kapeikkoon työntyvät käsittelyä vaativat syvyyskäyrän kärjet sekä pieni poistettava käyrä.

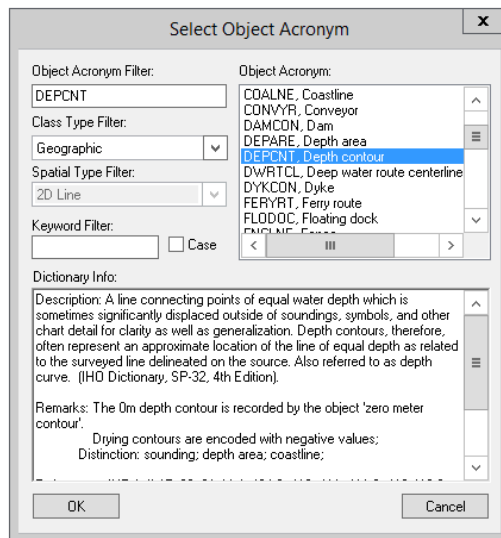
Olemassa olevan käyrän editointi

Valitse aktiiviseksi käyrä jota haluat editoida ja aloita editointi valitsemalla työkalupalkista *Edit Features*. Verteksit tulevat näkyviin. Verteksejä voi poistaa, lisätä tai siirtää ja voit uudelleen digitoida käyrää valittujen verteksin välillä. Käyriä voi myös yhdistää toisiinsa siirtämällä verteksin kiinni toiseen verteksiin. Voit valita halutun toimenpiteen klikkaamalla editointitilassa käyrää hiiren oikealla ja valitsemalla *edit line*. Voit myös pehmentää yksittäistä käyrää valitsemalla sen aktiiviseksi ja ylävalikosta *Edit – contours – smooth contours*. Voi poistaa valitun käyrän klikkaamalla sitä *Selection* -ikkunassa hiiren oikealla ja valitsemalla *delete*.

Uuden käyrän digitointi

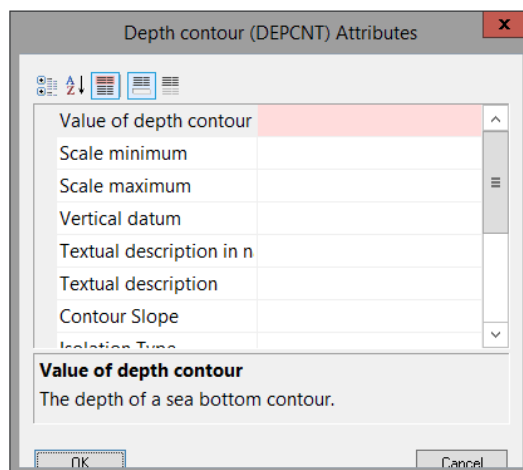
Valitse työkalupalkista *New Line Feature*

Valitse dialogiin *Object acronym: DEPCNT, Depth contour*



Paina OK.

Digitoi käyrä. Anna lopuksi käyrän syvyysarvo avautuneen attribuuttitaulukon kohtaan *Value of depth contour*.



Paina OK.

Syvyyslukujen valinta

Valitse syvyysluvut syvyyskäyrien luonnin jälkeen. Syvyysluvut valitaan suoraan syvyysmallipinnasta ja lukujen valintaan on erilaisia menetelmiä. Syvyysluvut pitää valita aina alkuperäisestä pehmentämättömästä syvyysmallipinnasta. Syvyysluvut valitaan samalle tasolle mihin syvyyskäyrätkin on luotu.

Tasavälinen syvyyslukujen valinta

Valitse syvyysmalli aktiiviseksi *Layers*-ikkunasta.

Avaa ylävalikosta Tools – Features – Sounding selection

- *Band*: valitse tähän alkuperäinen pehmentämätön syvyysmallipinta
- *Clipping layer*: (No clipping)
- *Output source*: valitse tähän *layer* johon luvut valitaan

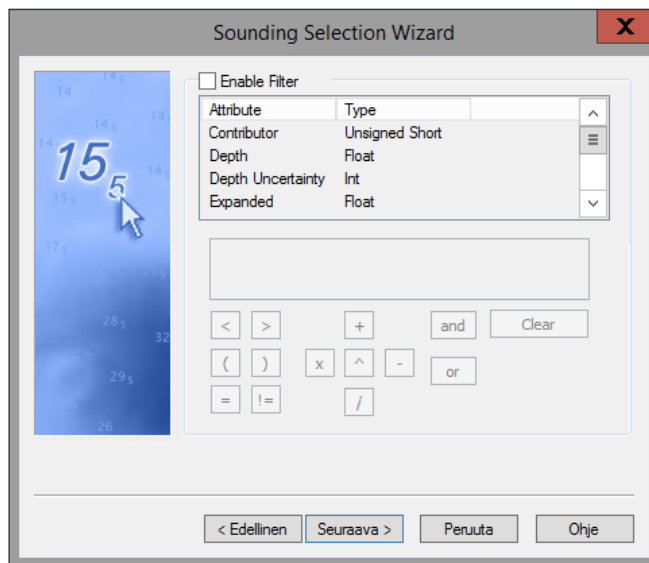


Paina *Seuraava*.

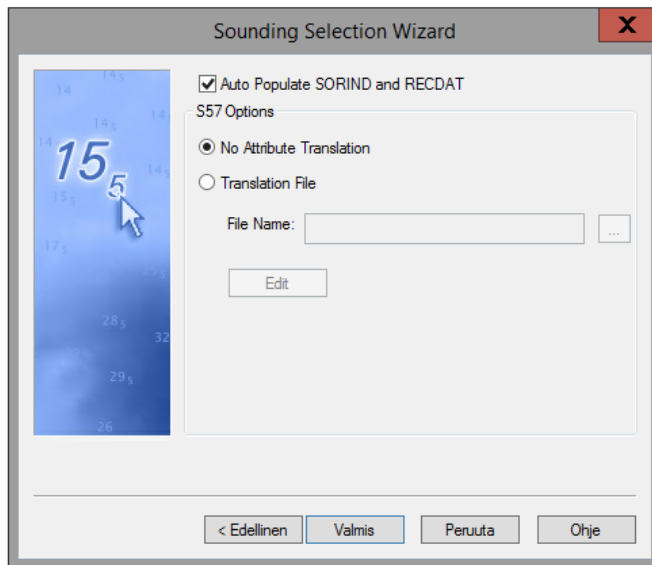
Määritä valitaanko matalimpia vai syvimpiä lukuja säteen etäisyydeltä ja syötä haluttu valintasäde.



Paina Seuraava.



Paina Seuraava.



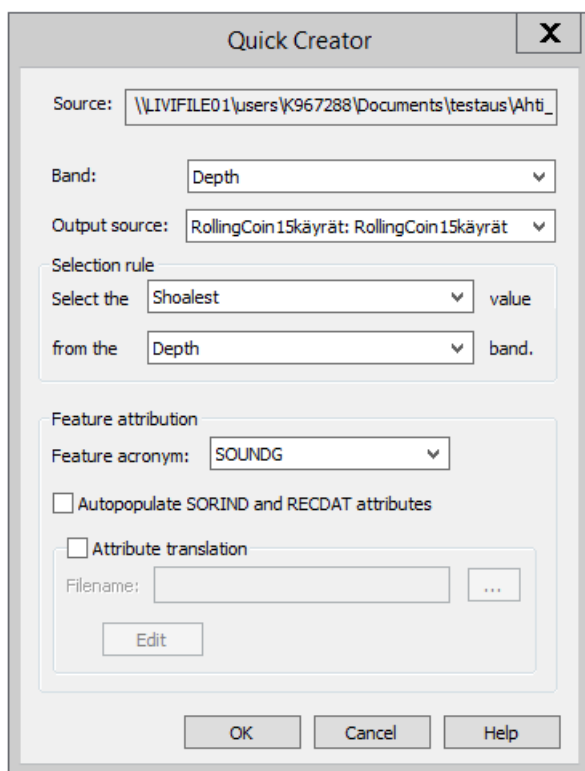
Paina *Valmis*.

Syvyyslukujen valinta yksitellen

Valitse syvyysmalli aktiiviseksi *Layers*-ikkunasta.

Avaa ylävalikosta *Tools – Features – Quick creator*

- *Band*: valitse alkuperäinen muokkaamaton syvyysmallipinta
- *Output source*: valitse *layer* johon syvyyspisteet valitaan
- *Selection rule*: määritä valitaanko matalimpia vai syvimpiä lukuja ja valitse alkuperäinen muokkaamaton syvyysmallipinta
- *Feature acronym*: *SOUNDG*



Paina *OK*.

Nyt voit klikkailla syvyysmallia ja *Quick creator* valitsee syvyyslukuja mallista. Voit säätää ympyrän sädettä jonka sisältä luku valitaan pitämällä *control*-näppäin pohjassa ja liikuttamalla hiiren rullaa.

Lopeta syvyyslukujen valinta painamalla *End*-näppäintä.

Syvyyslukujen valinta käyrien sisään

Valitse taso johon syvyyskäyrät on luotu aktiiviseksi.

Valitse sulkeutuvat käyrät, joiden sisään syvyysluvut luodaan.

Avaa ylävalikosta *Tools – Features – Create features Inside Contours – Selection*

- *Source*: valitse syvyysmalli josta luvut valitaan
- *Band*: valitse alkuperäinen muokkaamaton syvyysmallipinta
- *Output source*: valitse *layer* johon luvut valitaan
- *Selection rule*: määritä valitaanko matalimmat vai syvimmät luvut käyrien sisältä ja valitse alkuperäinen muokkaamaton syvyysmallipinta
- *Feature acronym*: *SOUNDG*

Create Feature Inside Contour

Source: Ahti_L208

Band: Depth

Output source: RollingCoin15käyrät: RollingCoin15käyrät

Selection rule

Select the Shoalest value

from the Depth band.

Feature attribution

Feature acronym: SOUNDG

Autopopulate SORIND and RECDAT attributes

Attribute translation

Filename: ...

Edit

OK Cancel Help

Paina OK.