



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tuomas Kiviluoma

KASVILLISUUDEN VAIKUTUS
TIELIIKENNEMELUN LEVIÄMISEEN
POHJANMAALLA

Tekniikka
2016

ALKUSANAT

Aloitin opinnäytetyö aiheen etsimisen syyslomalla 2015. Minuun otettiin yhteyttä Pohjanmaan liitosta ja koin heidän tarjoamansa työtehtävän mielenkiintoiseksi ja haastavaksi. Sitä se totisesti myös oli, ja häärasin lopulta työn parissa kesään 2016 asti.

Haluan kiittää ohjaavaa opettajaani Vesa-Matti Honkasta, ympäristöasiantuntijaa Christine Bonnia sekä erityisesti työn ohjannutta kaavoitusinsinööriä Gustav Nygårdia, joka opasti minua paikkatieto-ohjelmiston käytössä sekä auttoi ymmärtämään monimutkaista mallinnusprosessia. Suurkiitos myös koulutuspäällikkö Riitta Niemelälle, joka järjesti minulle työtilan Vaasan ammattikorkeakoululla mallinnusten suorittamista varten.

Kiitän myös ystäviäni, vanhempiani sekä muita minua tämän työn aikana tukeneita ihmisiä. Ilman teidän apuanne en olisi tästä opinnäytetyöstä selvinnyt.

Vaasassa 12.5.2016

Tuomas Kiviluoma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tuomas Kiviluoma
Opinnäytetyön nimi	Kasvillisuuden vaikutus tieliikennemelun leviämiseen Pohjanmaalla
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	60
Ohjaaja	Vesa-Matti Honkanen

Tämä selvitys on tehty Pohjanmaan liiton toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli toteuttaa melumallinnus Pohjanmaan maakunnan tieliikenneverkostolle, jossa huomioidaan kasvillisuuden vaikutus melun leviämiseen. Tieliikennemelumallinnusta tullaan käyttämään osaselvityksenä laadittaessa suunnitelmaa Pohjanmaan maakunnan hiljaisista alueista.

Työ toteutettiin ArcGIS-paikkatieto-ohjelmistolla. Tieliikennemelumallia varten tehtiin kaksi eri analyysiä. Lähtökohdaksi mallinnettiin neljä eri äänitason tieliikennemelun leviämisyöhykettä. Tuloksena oli tieliikennemelun leviämismalli ilman melua ehkäisevän kasvillisuuden vaikutusta. Tieliikennemelun lisäksi mallinnettiin kasvillisuuden ehkäisevä vaikutus melun leviämiseen SPreAD-GIS-luokitusten ja CORINE2012-maanpeitedatan avulla. Yhdistämällä laaditut analyysit saatiin tulokseksi tieliikennemelumalli, joka otti huomioon myös kasvillisuuden vähentävän vaikutuksen melun leviämiseen.

Laadittu liikennemelumallinnus on osaselvitys Pohjanmaan liiton hiljaisten alueiden selvitystä varten, jota tullaan käyttämään Pohjanmaan vuoden 2040 maakuntakaavan suunnittelussa. Nyt laadittu melumalli huomioi kasvillisuuden vaikutuksen tieliikennemelun leviämiseen. Pelkän tieliikennemelun lineaarisesti huomioivaa analyysiä voitiin verrata uuteen kasvillisuuden vaikutukset selvittävään melumalliin. Lineaariseen meluvyöhykemalliin verrattuna löydettiin 49 % enemmän potentiaalisia hiljaisia alueita kun käytettiin kasvillisuuden huomioivaa menetelmää. Analyysin tarkkuutta voitaisiin tehostaa huomioimalla myös topografian eli maanpinnan korkeusvaihtelun ja melusteiden vaikutus melun leviämisessä.

ABSTRACT

Author	Tuomas Kiviluoma
Title	Impact of Vegetation on Road Traffic Noise Propagation in Ostrobothnia
Year	2016
Language	Finnish
Pages	60
Name of Supervisor	Vesa-Matti Honkanen

This thesis was commissioned by the Regional Council of Ostrobothnia. The objective was to create a noise model for the road system of Ostrobothnia which takes into account the impact of vegetation. This thesis is part of Regional Council of Ostrobothnia's research in finding quiet areas. The noise model will be used as material for their research of quiet areas.

Two analyses conducted in the ArcGIS geographic information system were used to create the noise model. The first analysis consisted of creating four linear noise models at different noise levels which did not take the impact of vegetation into account. SPreAD-GIS classifications and CORINE2012 land cover data was used in the second analysis for creating a model of the impact of vegetation on noise propagation. Finally the results of the second analysis were subtracted from the noise models of the first analysis.

In the end we received four noise models which take into account the impact of vegetation on road traffic noise propagation. These new noise models could then be compared to the noise models of the first analysis, where the impact of vegetation was not taken into account. We found that by conducting the second analysis we could find a 49 % increase in potential quiet areas compared to the area found in the first analysis. The accuracy of the results could be enhanced by taking into account the impact of topography. This includes the elevation of ground surface and noise barriers which could affect noise propagation.

Keywords Road traffic noise, propagation, vegetation, impact

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄSITELUETTELO

1	JOHDANTO.....	11
2	POHJANMAAN MAAKUNTA	12
	2.1 Maisemarakenne	12
	2.2 Pohjanmaan liitto	14
	2.3 Maakuntakaava	14
3	LIIKENNEMELU YMPÄRISTÖHÄIRIÖNÄ	16
	3.1 Melulähteet	16
	3.2 Melun vaikutus ihmisiin ja eläimiin	17
	3.3 Hiljaiset alueet	20
4	MELULAINSÄÄDÄNTÖ	22
	4.1 Meluntorjunta.....	22
5	PAIKKATIETO MELUSELVITYKSISSÄ.....	24
	5.1 ArcGIS	24
	5.1.1 Spatial Analyst	25
	5.1.2 SPreAD-GIS.....	26
	5.2 Meluselvitykset.....	26
	5.2.1 Jönköpingin läänin häiriöttömien alueiden selvitys.....	27
	5.2.2 Uudenmaan liiton hiljaisten alueiden selvitys	28
6	TAPAUSELVITYS – POHJANMAAN LIIKENNEMELU	29
	6.1 Aineisto.....	29
	6.1.1 Peruskartta.....	29
	6.1.2 Raster Extent	30
	6.1.3 Tieverkosto.....	30
	6.1.4 Meluetaisytydet	32
	6.1.5 CORINE2012.....	35
	6.2 Meluvyöhykkeiden mallinnus.....	36

6.3 Meluvyöhykkeiden yhdistäminen	38
6.4 Kasvillisuuden meluhäviön mallinnus	41
6.5 Kasvillisuuden vaimentava vaikutus.....	47
6.6 Selvityksen tulokset	49
7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	56
LÄHTEET.....	57

KÄSITELUETTELO

dB	Äänen voimakkuutta kuvaava yksikkö desibeli. /1/
dBA / dB(A)	Desibelimäärä mitattuna A-taajuuspainotuksella, jota käytetään kun melua mitataan kuulemisen tai kuulovaurion kannalta. /2/
Digiroad	Liikenneviraston vastuulla oleva kansallinen tie- ja katutietojärjestelmä. /3/
Esri	ArcGIS-ohjelmiston kehittänyt yritys. /4/
GIS	Geographic Information System, eli paikkatietojärjestelmä. /4/
Hz	Taajuuden yksikkö hertsi.
KVL	Vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne, eli vuoden kaikkien päivien liikennemäärien summa jaettuna vuoden päivien lukumäärällä.
meluvyöhyke	Melumallinnuksesta saatu rasteritaso, joka kuvaa aluetta jossa melua esiintyy tietyssä äänenvoimakkuudessa.
ominaisuustieto	Kohteen ominaisuutta kuvaava tieto.

rasteri	Soluista tai pikseleistä koostuva matriisi, jossa jokaisella solulla on oma arvonsa. Soluarvo voidaan visualisoida esim. värinä. /5/
shape / .shp	Tiedostomuoto, johon voidaan tallentaa vektoridataa. /6/
skripti	ohjelmistokoodi
solu	Neliön muotoinen ruutu, jolla on sijainti tasolla. Soluun voidaan yhdistää paikkatietoa.
WMS	Web Map Service on kartta-aineiston jakeluprotokolla. /7/
äänimaisema	Äänellinen ympäristö, joka kuvaa sitä äänten kenttää, jossa kulloinkin ollaan. Esimerkiksi melu, luonto, musiikki, ihmisten ja teknologian äänet. /8, s. 6/

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Pohjanmaan kunnat.	s. 12
Kuvio 2. Pohjanmaan tieliikenneverkosto ja tietyypit.	s. 13
Kuvio 3. Kaavoitushierarkia Suomessa.	s. 14
Kuvio 4. ArcMap-ohjelman työtila.	s. 25
Kuvio 5. Maastokartta 1:10 000 ja yleiskartta 1:1 000 000.	s. 30
Kuvio 6. Tieaineiston ominaisuustietotaulukko.	s. 31
Kuvio 7. Meluetaäisyydet tieaineiston ominaisuustietotaulukossa.	s. 36
Kuvio 8. Euclidean Distance -työkalun testauksen tuloste.	s. 37
Kuvio 9. Meluvyöhykkeiden päällekkäisyyden korjaaminen.	s. 39
Kuvio 10. Pohjanmaan tieliikenneverkoston lineaariset meluvyöhykkeet.	s. 40
Kuvio 11. Meluvyöhykkeiden muodostamiseen käytetty vuokaavio.	s. 41
Kuvio 12. Kasvillisuuden meluhäviön mallinnuksen vuokaavio.	s. 42
Kuvio 13. Maanpeiteaineiston muokattu ominaisuustietotaulukko.	s. 44
Kuvio 14. Pohjanmaan SpreadType ja SpreadLoss -rasterit karttatasoina.	s. 41
Kuvio 15. Kasvillisuuden meluhäviötä kuvaava VegeLoss-rasteri.	s. 46
Kuvio 16. Kasvillisuuden vaikutuksen huomioiva melumalli.	s. 48
Kuvio 17. Lineaarinen 30 dB:n -melumalli sekä uudet meluvyöhykkeet.	s. 50
Kuvio 18. Melun käyttäytyminen kaupunkialueella.	s. 51
Kuvio 19. Melun käyttäytyminen peltoalueella.	s. 52
Kuvio 20. Melun käyttäytyminen rannikko- ja saaristoalueella.	s. 53
Kuvio 21. Melun käyttäytyminen vaihtelevan metsäisellä suoalueella.	s. 54
Kuvio 22. Melun käyttäytyminen metsäisellä alueella.	s. 55

Taulukko 1. Melulle altistuneiden suomalaisten lukumäärät vuonna 2005.	s. 17
Taulukko 2. Ympäristömelun aiheuttamat terveysvaikutukset.	s. 19
Taulukko 3. Tieaineiston puutteellisten liikennemäärien korvaavat arvot.	s. 32
Taulukko 4. Melutasovyöhykkeet aukean maaston olosuhteissa.	s. 33
Taulukko 5. Luokitukset melun leviämiselle 45 dBA-melutasolla.	s. 33
Taulukko 6. Luokitukset melun leviämiselle 40 dBA-melutasolla.	s. 34
Taulukko 7. Luokitukset melun leviämiselle 35 dBA-melutasolla.	s. 34
Taulukko 8. Luokitukset melun leviämiselle 30 dBA-melutasolla.	s. 34
Taulukko 9. CORINE2012-aineisto SPreAD-GIS-luokituksissa.	s. 35
Taulukko 10. Meluvyöhyke-rasterien muutetut melutasot.	s. 47
Taulukko 11. Melutasovyöhykkeet metsäisen maaston olosuhteissa.	s. 49

1 JOHDANTO

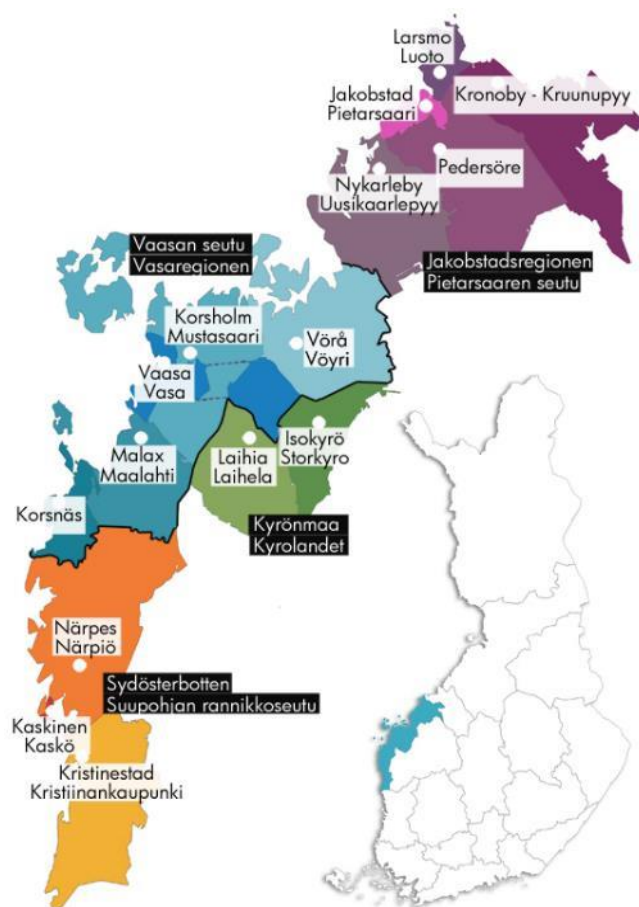
Pohjanmaan liitto tekee parhaillaan uutta kokonaismaakuntakaavaa. Tämä selvitys on toteutettu heidän toimeksiannostaan maakuntakaavaa 2040 varten. Yhtenä maakuntakaavan 2040 vaatimuksista oli selvittää ja rajata hiljaisten alueiden sijainnit maakunnassa. Sitä varten Pohjanmaan liitto jakoi tehtäväksi kaksi osaselvitystä. Tämä selvitys on yksi näistä osaselvityksistä, jonka tavoitteena on luoda aineisto joka kuvaa Pohjanmaan tieliikenteestä aiheutuvaa melua, jossa huomioidaan kasvillisuuden vaikutus melun leviämiseen. Toisessa osaselvityksessä luotiin luokitukset hiljaisille alueille ja melulähdetietojen avulla etsittiin ja rajattiin hiljaisia alueita. Kyseisessä osaselvityksessä käytettiin myös tämän osaselvityksen tuottamaa tieliikennemelun aineistoa.

Tässä selvityksessä luotiin ArcGIS-paikkatieto-ohjelmistolla neljä rasteritasoa, jotka kuvaavat tieliikenteestä aiheutuvaa melua, ja joka huomioivat kasvillisuuden vaikutuksen. Rasteritasot tehtiin 30 dB, 35 dB, 40 dB sekä 45 dB -melutasoille. Rasteritasot luotiin tekemällä kaksi erilaista paikkatietoanalyysiä. Ensimmäisessä analyysissä luotiin neljälle eri melutasolle rasterit, jotka kuvaavat tieliikenteen melua lineaarisesti ilman kasvillisuuden huomioimista. Toisessa analyysissä luotiin neljälle eri melutasolle rasterit, jotka huomioivat myös kasvillisuuden vaikutuksen melun leviämiseen. Lopuksi näiden kahden analyysin tuloksia verrattiin keskenään ja saatiin tulos, kuinka paljon enemmän potentiaalisia hiljaisia alueita voidaan löytää huomioimalla kasvillisuus analyysissä.

Kasvillisuuden vaikutuksen huomioivalla melumallinnuksella löydettiin 3 883 km² lisää alle 30 dB:n melutason potentiaalisia uusia hiljaisia alueita eli 49 % lineaarisen 30 dB:n meluvyöhykkeen pinta-alasta. Alle 35 dB:n melutason hiljaisia alueita löydettiin 2 826 km² lisää eli 48 % lineaarisen 35 dB:n meluvyöhykkeen pinta-alasta.

2 POHJANMAAN MAAKUNTA

Pohjanmaan maakunta sijaitsee Suomen länsirannikolla ja se koostuu 15:sta kunnasta. Kyseiset jäsenkunnat ovat Isokyrö, Kaskinen, Korsnäs, Kristiinankaupunki, Kruunupyy, Laihia, Luoto, Maalahti, Mustasaari, Närpiö, Pedersören kunta, Pietarsaari, Uusikaarlepyy, Vaasa ja Vöyri. /9/. Pohjanmaan pinta-alasta maa-alueetta on noin 7 752 km². /10/. Tilastokeskuksen tietojen mukaan helmikuussa 2016 Pohjanmaan maakunnassa asui yhteensä 181 554 asukasta. /11/



Kuvio 1. Pohjanmaan kunnat, Pohjanmaan liitto. /12/

2.1 Maisemarakenne

Pohjanmaan maisemarakenne on vaihe vaiheelta merestä noussutta maisemaa. Maiseman peruspiirteet muodostuvat vedenjakajien rajaamista jokilaaksoista, johon asutus, tiestö ja kulttuurimuoto suuntautuvat jokilaaksojen luonnollisten toi-

mintasuuntien mukaan. Yhdyskunnan rakenne on muodostunut usein nauhamaisesti jokivartta pitkin. /13, s. 23, 14, s. 28/

Pohjanmaan maisema ilmenee vyöhykkeisyytenä. Sisämaasta löytyy erämaaselännevyöhyke, joka on metsäistä selännettä ja vähemmän liikennöityä kuin rannikko. Sisämaan ja rannikon välistä löytyy agraarilaaksovyöhyke, jossa on viljelylakeuksia ja laajoja kulttuurimaisema-alueita. Laajat avonaiset viljelyalueet sekä lisääntynyt liikenne levittää melua pidemmälle alueelle. Rannikkovyöhyke on teollistunut, jossa pääliikenneväylästä ja muu struktuuri on rakennettu teollisuustuotannon tarpeiden mukaan ja on vahvasti liikennöity. /15, s. 15/. Tieverkosto kulkee pääasiassa samoja reittejä, kuin missä ne sijaitivat satoja vuosia sitten. Esimerkiksi Rantatie Vaasan ja Kristiinankaupungin välillä kulkee siellä, missä se on kulkenut jo keskiajalla. Vanhoja teitä on täydennetty uusilla teillä, jotka ovat liitetty vanhoihin. /16, s. 28/. Kuvio 2 sisältää suurimmat tieluokat ja niiden sijainnit Pohjanmaalla.



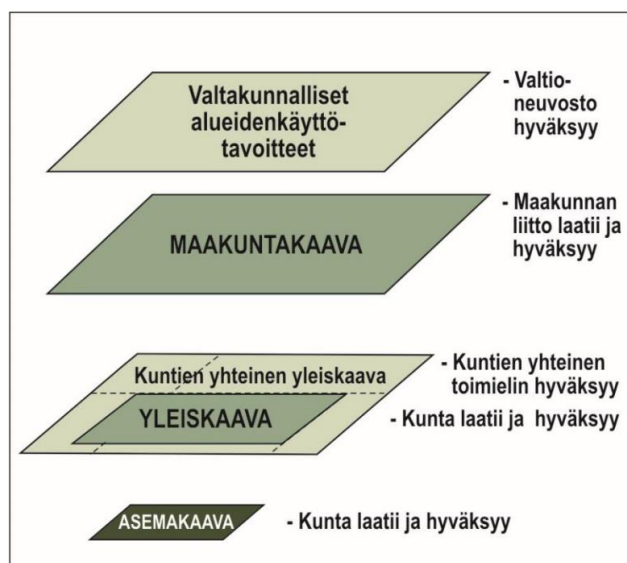
Kuvio 2. Pohjanmaan tieliikenneverkosto ja tietyyppit.

2.2 Pohjanmaan liitto

Suomessa on yhteensä 19 maakuntaa. Pohjanmaan maakunnan toimintoja ohjaa Pohjanmaan liitto. Jäsenkuntien valitsemalla maakuntavaltuustolla on organisaatiossa ylin demokraattinen päätösvalta. Maakuntavaltuusto valitsee maakuntahallituksen, joka ohjaa käytännön työtä. /17/. Pohjanmaan liiton pääasiallisiin tehtäviin kuuluvat maakunnan alueiden kehittäminen sekä maakuntakaavoitus. Niiden avulla myös hoidetaan maakunnan edunvalvontaa. /18/

2.3 Maakuntakaava

Suomen kaavoitusjärjestelmässä on kolme eri kaavatasoa. Maakuntaliitto laatii maakuntakaavan, joka on näistä kolmesta kaikista yleispiirteis in ja ohjaa yleiskaavan sekä asemakaavan suunnittelua. Maakuntakaavoituksessa tehdään aluevarauksia kansallisten ja seudullisten tarpeiden pohjalta, jotka ovat määritetty kehittämistarpeina ja strategioina. Kaavoituksen suunnittelulla yhteiskuntatoiminnat voidaan jäsentää ja järjestää optimoidusti sekä antaa elinkeinolle kehittämismahdollisuudet. Maakuntakaava koostuu kaavakartasta, siihen tehdyistä merkinnöistä ja määräyksistä sekä karttaselostuksesta, joka selventää ja täydentää kaavakarttaa. Maakuntakaavan sisältö tarkentuu yleis- ja asemakaavoissa. /19–20/. Kuviossa 3 nähdään periaate Suomessa käytetystä kaavoitushierarkiasta.



Kuvio 3. Kaavoitushierarkia Suomessa. /21, s. 6/

Voimassa olevan Pohjanmaan maakuntakaavan 2030 liiton maakuntavaltuusto on hyväksynyt vuonna 2008 ja se on vahvistettu ympäristöministeriössä vuonna 2010. Sitä on myöhemmin täydennetty kaupallisia palveluja kehittäväällä vaihekaavalla, jonka maakuntahallitus hyväksyi vuonna 2012 ja ympäristöministeriö vahvisti vuonna 2013. Maakuntakaavaa täydennettiin myös tuulivoimaa käsittelevällä vaihekaavalla, jonka maakuntavaltuusto hyväksyi vuonna 2014 ja ympäristöministeriö vahvisti vuonna 2015. /22/. Maankäyttö- ja rakennuslakiin tuli 1.2.2016 muutos, jonka mukaan ympäristöministeriö ei enää vahvista maakuntakaavoja. Nykyisin maakuntakaavan vahvistaa maakunnan liitto. /23/

Pohjanmaan liitto työstää parhaillaan uutta kokonaismaakuntakaavaa nimeltään maakuntakaava 2040. Heidän tavoitteena on saada uusi maakuntakaava hyväksytyksi vuonna 2018. Uusi kaava tulee korvaamaan Pohjanmaan maakuntakaavan 2030 sekä sen vaihemaakuntakaavat. Uuden kaavan laadintaa varten on tehty aikaisemmin bioenergiaan, logistiikkaan, tieverkkoon ja ampumaratoihin liittyvät selvitykset. /24/

3 LIIKENNEMELU YMPÄRISTÖHÄIRIÖNÄ

Ääni esiintyy ilmanpaineen vaihteluna ja etenee aaltoliikkeenä noin 340 m/s nopeudella. Ilmamolekyylit eivät liiku ääniaallon mukana vaan värähtelevät paikoillaan ääniliikkeen tahdissa, jonka seurauksena ääniaalto heikkenee ja muuttuu edetessään. Tästä syystä korvan tärykalvolle saapuva värähtely ilmenee erilaisena kuin äänilähteen värähtely. Mitä matalampi ääni ja pitempi aallonpituus, sitä paremmin ääni pystyy etenemään. Ihmisen korva pystyy havaitsemaan ilmanpaineen vaihtelun 16 – 16 000 Hz taajuudella. Ihmisen kuulohavainnon muutos on aina yhtä suuri kuin intensiteetti moninkertaistetaan. Tästä syystä äänenvoimakkuuden suurena käytetään desibeliä (dB), joka toimii logaritmisella asteikolla. Esimerkiksi äänenvoimakkuuden kasvu 8–10 dB koetaan äänenvoimakkuuden kaksinkertaistumisena. /1/

Melu on ääni, joka koetaan laadultaan häiritseväksi, epämiellyttäväksi tai muulla tavalla terveydelle ja hyvinvoinnille haitalliseksi. Joissain tapauksissa ääni voidaan tulkita eri tavoin riippuen sen vastaanottajasta. Esimerkiksi musiikki voi jollekin henkilölle olla melua, kun taas toiselle se on nautinnollista kuunneltavaa. Miellyttävä ääni tulkitaan kuitenkin meluksi, jos siitä aiheutuu kuulovaurioita. /25, s. 124, 26, s. 211/

Ihmisen elinympäristössä esiintyvää melua kutsutaan ympäristömeluksi. Ympäristömelu on työpaikkamelua laaja-alaisempaa, joka hankaloittaa sen haittavaikutusten tutkimista ja ehkäisyä. Esimerkiksi teollisuuslaitoksella työperäinen melualtistus voidaan rajata paikallisesti työskentelyn ajankohtaan ja tiedetään laitoksen työntekijöiden altistuvan sille. Liikenteestä aiheutuva ympäristömelualtistus on paikallisesti laajempaa, se voi ajallisesti vaikuttaa jopa 24 tuntia vuorokaudessa ja se koskee kaikkia melulle altistuneita väestöryhmiä. /27, s. 7–8/

3.1 Melulähteet

Yleisimpiä ympäristömelun lähteitä ovat liikenne, teollisuus, rakentaminen, ulkoilmatapahtumat sekä vapaa-ajan meluisat toiminnot, kuten ampuma- ja moottoriurheiluradat. /26, s. 211./ Tässä selvityksessä keskitytään tieliikenteen aiheutta-

man melun tarkasteluun, mutta liikennemeluksi lasketaan myös lento-, raide- ja vesiliikenne.

Tieliikenne on selkeästi yleisin ympäristömelun lähde Suomessa. Arviolta 800 000 – 900 000 suomalaista asuu alueilla, joissa keskiäänitaso L_{Aeq} on yli 55 dB. Noin 90 % melualueiden asukkaista asuvat maanteiden tai katujen melualueilla. /20, s. 11./ Eri melulähteille altistuneiden suomalaisten määrää havainnollistaa taulukko 1, josta voidaan nähdä tieliikennemelun suuri vaikutus verrattuna muihin ympäristömelulähteisiin.

Taulukko 1. Melulle altistuneiden suomalaisten lukumäärät vuonna 2005. /28, s. 11/

Melulähde	Melualueella asuvat	Altistumisraja
Maantiet	315 500 – 384 500	$L_{Aeq} > 55$ dB
Kadut	393 500 – 430 500	$L_{Aeq} > 55$ dB
Siviili-ilmailu	13 400 – 13 600	$L_{den} > 55$ dB
Sotilasilmailu	10 300 – 10 500	$L_{den} > 55$ dB
Rautatieliikenne	43 500 – 53 000	$L_{Aeq} > 55$ dB tai $L_{Aeq} > 50$ dB yöllä
Vesiliikenne ja satamat	100 – 500	$L_{Aeq} > 55$ dB
Teollisuus	4 000 – 6 000	$L_{Aeq} > 55$ dB tai $L_{Aeq} > 50$ dB yöllä
Siviiliampumaradat	2 000 – 4 000	$L_{AImax} > 65$ dB
Moottoriurheiluradat	2 000 – 3 000	$L_{Aeq} > 55$ dB
Yhteensä	782 000 – 908 000	

3.2 Melun vaikutus ihmisiin ja eläimiin

Kuulovaurio on yleisesti tunnettu melusta johtuva terveyshaitta, mutta on myös riittävästi tieteellistä näyttöä siitä, että melu koetaan häiritseväksi, aiheuttaa uni-häiriöitä, vaikeuttaa kuulemista, vaikeuttaa oppimista, kohottaa verenpainetta ja vaikuttaa verenkiertoelimistöön. Melun häiritsevyys muuttaa ihmisen toimintaa ja käyttäytymistä sekä lisää epämiellyttävyyden tunnetta ja hermostuneisuutta. /29, 7–18/

Melu ei aiheuta ainoastaan terveyshaittoja vaan se myös heikentää elinympäristön laatua ja viihtyvyyttä. Tämä ilmenee siinä, että ihmiset välttävät ulkona oleskelua meluisassa ympäristössä. Melun aiheuttamat ärsykkeet ja terveyshaitat vaikuttavat erityisesti meluherkkiin ihmisiin. He tottuvat meluun hitaammin, reagoivat siihen voimakkaammin ja kokevat melun uhkaavammaksi kuin ei-meluherkät ihmiset. Suomalaisen tutkimuksen mukaan meluherkkien osuus Suomen väestöstä on 38 %. /30, 13./ Ympäristömelun aiheuttamat terveysvaikutukset sekä niiden aiheuttamat muutokset ihmisen toiminnassa on esitetty taulukossa 2. Terveysvaikutukset ovat esitetty niiden yleisyyden mukaan. Suluissa merkityt elinvauriot ovat toiminnan vaurioista johtuvia. /27, s. 12/

Taulukko 2. Ympäristömelun aiheuttamat terveysvaikutukset. /27, s. 12/

Vaikutus	Kynnystaso L_{Aeq} dB	Elinvaurio	Toiminnan vaurio	Toiminnanvaikus	Haitat
Häiritsevyys	n. 45	-	-	koettu häiritsevyys	sairastuvuusris-ki, elämänlaadun heikkeneminen
Unen häiriöt	n. 30	-	mitattavat unen muutokset (EEG)	nukahtamisvaikeus, heräämiset, huonon unen laatu, väsymys	sairastuvuusris-ki, toimintakyvyn ja elämänlaadun aleneminen
Kognitiiviset vaikutukset	n. 40	-	aivotoimintamuutokset, kognitiiviset häiriöt	keskittymisen vaikeus, muisti-ongelmat	kielen kehityksen viive, oppimisvaikeudet, lukiongelmat, koulutusvaje, toimeentulon ongelmat, syrjäytyminen
Kuuleminen	n. 40 n. 25 (lapset)	-	äänen peitto	puhekuulon vaikeus, äänien erotelun ja paikantamisen vaikeus	kielen kehityksen viive, suoriutumisen, sosiaalisen vuorovaikutuksen ja elämänlaadun heikkeneminen, tapaturmariski
Puhuminen	n. 70	(äänihuu-li-vaurio)	puheäänien muutokset	käheys, äänen väsyminen	kurkunpään sairastuvuusris-ki, puheviestinnän, työkyvyn ja sosiaalisen vuorovaikutuksen heikkeneminen
Verenkiertoelimistö	n. 55	(verisuoni-muutokset)	verenpaineen nousu	sairauden tunne, fyysisen suorituskyvyn lasku	sairastuvuusris-ki, verisuonisai-raus- ja sydänin-farktiris-ki, li-sääntynyt hoidon tarve, työkyvyn heikkeneminen
Korva	n. 85	sisäkorva-vaurio	kuulomuutokset (audiometria)	kuulemisvaikeudet, tinnitus, ääniyliherkkyys	huonokuuloisuus, työkyvyn, sosiaalisen vuorovaikutuksen ja elämänlaadun heikkeneminen

Melun vaikutuksista eläinten käyttäytymiseen on hyvin vähän tietoa. Meluhäiriötä on vaikea erottaa muista eläimille haitallisista tekijöistä, kuten liikenteen ja teiden muista vaikutuksista. Melu haittaa niitä eläimiä, jotka käyttävät kuuloaistiaan ra-

vinnon hankinnassa. Eläimet voivat tottua jatkuvaan liikenteen jyrinään, jonka seurauksena ne tulevat liian varomattomaksi teitä ylittäessään. /26, s. 217–218, 31, s. 117/

Keski-Suomessa tehdyssä tutkimuksessa selvisi, että meluisat tienvarret ovat lintutiheydeltään noin 10 % pienempiä kuin yli 200 metrin etäisyydellä. Toisaalta jotkin lajit, kuten kirjosiippo, menestyvät paremmin tien lähellä kuin siitä kauempana. Linnut eivät häiriinny voimakkaasta melusta lentoasemien lähellä, sillä kiihtoradan ulkopuolinen avoin ympäristö tarjoaa niille runsaasti elintilaa ja ravintoa. /26, s. 217–218/

3.3 Hiljaiset alueet

Hiljaisuudelle on monta eri määritelmää. Sillä voidaan tarkoittaa todellista hiljaisuutta eli absoluuttista äänettömyyttä, jolloin ääniä tai melua ei esiinny. Hiljaisuudella voidaan myös tarkoittaa luonnon hiljaisuutta, joka voi vaihdella äänettömästä yli 100 dB(A)-melutason ukkosmyrskyyn. Hiljaisella alueella tarkoitetaan aluetta tai tilaa, jonne ihmisen aiheuttama melu ei kantaudu tai se on vähäistä ja jossa luonnon äänet ovat äänimaisemassa vallitsevassa asemassa. Kaukaa kuuluvan tieliikenteen huminaa voi peittää esimerkiksi tuulen kohina, puiden lehtien kahina, lintujen laulu, hyönteisten ininä ja laineiden liplatus. /32, s. 8–9/

Hiljaisuuden kokeminen riippuu äänen kuulijasta. Kuulijan miellyttäväksi kokema ääni voi olla toiselle kuulijalle epämieluisaa melua. Melututkimuksista on selvinnyt, että itse tuotetut tai oman perheen tuottamat melut kuten oman moottorisahan käyttö tai omien lasten leikeistä syntyvä melu on hyväksyttävämpää kuin naapureiden tuottama melu. Jo pelkästään hiljaisella alueella liikkuminen voi peittää luonnonääniä. Itse tuotettu melu kuten moottorikelkalla tai mönkijällä liikkuminen metsässä ei kuitenkaan todennäköisesti huononna koettua hiljaisuuden astetta, mutta siitä voi olla haittaa muille hiljaisen alueen käyttäjille. /32, s. 10/. Myöskään luonnon hiljaista aluetta ei välttämättä koeta hiljaiseksi. Esimerkiksi lokkien kirkuva ääni on luonnon hiljaisuutta, mutta se voidaan kokea epämiellyttäväksi ja hiljaisuutta rikkovaksi meluksi.

Hiljaiset alueet ovat tärkeitä loma-, matkailu- ja luontoelämysten kannalta sekä melusta kärsivien lintujen ja eläinlajien suojelussa. Samalla ne myös voivat edistää kulttuuriperinnön ja maisemien vaalimista sekä retkeily- ja virkistysalueiden suunnittelua. /33, s. 7/. Potentiaaliset hiljaiset alueet on tärkeä kartoittaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta niiden lähistöön ei ehditä luoda uusia melulähteitä ja että niitä voidaan jatkossakin suojata melulta.

Ensimmäinen kuntakohtainen hiljaisten alueiden selvitys Suomessa on tehty Hyvinkäällä vuonna 2001. /33, s. 7–8/. Maakunnallisia selvityksiä on tehty ainakin Satakunnassa 2004, Kainuussa 2005, Kymenlaaksossa 2006, Uudellamaalla ja Kanta-Hämeessä 2007, Päijät-Hämeessä ja Varsinais-Suomessa 2012, Keski-Suomessa 2013, Pirkanmaalla 2014 ja Pohjois-Pohjanmaalla 2015. /34, s. 4/. Hiljaisten alueiden osuutta maakunnan pinta-alasta on hankala verrata toisiin maakuntiin, sillä alueet ovat rajattu eri kriteereillä. Käytetyt kriteerit ja luokitukset hiljaisille alueille eri maakunnissa on eritelty tarkemmin Maria Niemen tekemässä osaselvityksessä Pohjanmaan liitolle.

4 MELULAINSÄÄDÄNTÖ

Ympäristönsuojelulaissa (YSL 86/2000) melu määritellään ihmisen toiminnasta aiheutuvaksi päästökseksi, joka aiheuttaa ympäristön pilaantumista. Lakiin sisältyy myös keskeiset meluntorjuntaa koskevat säännökset. Yleiset melutason ohjearvot sisätiloille sekä ulkoalueille on annettu valtioneuvoston päätöksessä melutason ohjearvoista (993/1992). /28, s. 13/

Ympäristömeludirektiivi (2002/49/EY) tuli voimaan 2002. Sen tavoitteena määrittää jäsenmaille yhteinen toimintamalli, jonka avulla ympäristömelulle altistumisen haittoja voitaisiin välttää, torjua ja vähentää. /28, s. 14/. Artikla 8 velvoittaa jäsenmaita laatimaan meluselvitys ja meluntorjunnan toimenpidesuunnitelman, joka sisältää myös veloitteen hiljaisten alueiden selvittämiseen ja säilyttämiseen. /35, 151 §/. Ympäristömeludirektiivi on sisällytetty ympäristönsuojelulakiin sekä valtioneuvoston asetukseen Euroopan yhteisön edellyttämistä meluselvityksistä ja meluntorjunnan toimintasuunnitelmista. Asetuksessa määritellään meluselvityksen sekä meluntorjunnan toimintasuunnitelman vaatimukset. /36/

Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) velvoittaa kaavaa laadittaessa ympäristövaikutusten selvittämisen, johon myös meluntorjunta kuuluu. Kaavoituksen ohjaamisella pyritään siihen, että alueidenkäytössä ehkäistään melusta aiheutuvia haittoja. Mikäli uusia asuinalueita tai melulle herkkiä toimintoja sijoitetaan melualueelle, niille pitää varmistaa riittävä meluntorjunta. /28, s. 13/

4.1 Meluntorjunta

Meluntorjuntalaki säädettiin vuonna 1987 ja se sisällytettiin myöhemmin ympäristönsuojelulakiin (86/2000), maankäyttö- ja rakennuslakiin (132/1999) sekä terveysuojelulakiin (763/1994). Valtioneuvosto säätöi asetuksen (801/2004) täyttämään Euroopan yhteisön vaatimat edellytykset meluselvityksistä ja meluntorjunnan toimintasuunnitelma. Valtioneuvosto asetti myös periaatepäätöksessään 31.5.2006 meluntorjunnalle tavoitteen, jonka mukaan vuoteen 2020 mennessä yli 55 dB:n päiväajan keskiäänitasolle altistuneiden määrä olisi vähintään 20 % pie-

nempi kuin vuonna 2003, jolloin arviolta kuudesosa suomalaisista kuului tähän ryhmään. /25, s. 130–131/

Valtioneuvoston periaatepäätöksen ja valtakunnallisen toimintaohjelman toteutusta meluntorjunnassa selvittäneen työryhmän raportissa kerrotaan, että tavoitetta ei saavuteta nykyisillä resursseilla ja panostuksilla. Tavoitteeseen ei myöskään päästä rakentamalla melusteita ja ehkäisemällä ainoastaan meluisimmista kohteista aiheutuvia päästöjä. Ainoa tapa saavuttaa meluntorjuntatavoite on vähentää melupäästöjä sekä kiinnittää huomiota maankäytön ja liikenteen suunnitteluun. /37, s. 49/

Ääni vaimenee edetessään ilman absorption seurauksena. Maanpeite vaikuttaa olennaisesti äänen etenemiseen. Se imeytyy pehmeisiin pintoihin, kuten vastasaneeseen lumeen, mutta kovat pinnat heijastavat ja yleensä voimistavat sitä. Ääni kulkee vedessä noin neljä kertaa nopeammin kuin ilmassa. Muita äänen vaimenemiseen vaikuttavia tekijöitä ovat ympäristön esteet, tuuli, ilmanpaine, ilman suhteellinen kosteus, äänen taajuus, ilman lämpötilajakauma sekä useat muut ulkoiset tekijät. /32, s. 126, 31, s. 122/

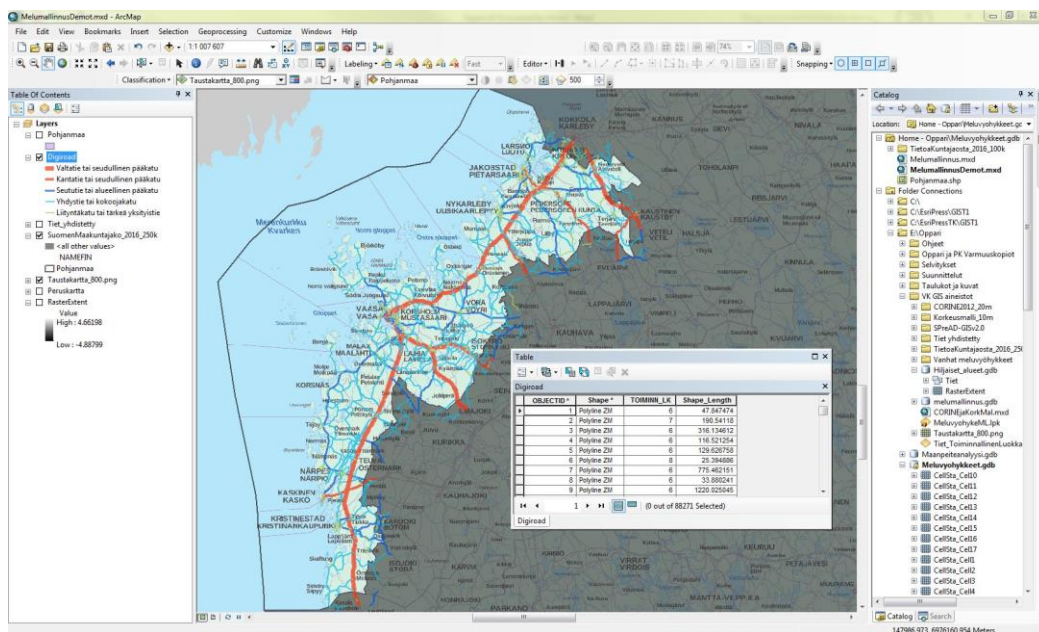
Liikenteen meluhaittoja voidaan ehkäistä ja vähentää liikenneverkon jäsentelyllä, raskaan liikenteen ohjauksella, nopeus- ja liikennesäätöillä sekä lisäämällä hiljaisia tienpäällysteiden ja vähämeluisten renkaiden käyttöä. Tieliikennemelun leviämistä voidaan myös estää rakentamalla melusteita. /28, s. 8–9/

5 PAIKKATIETO MELUSELVITYKSISSÄ

Paikkatieto on sijaintiin yhdistettyä tietoa. Paikkatietojärjestelmä eli GIS (Geographic Information System) on tietojärjestelmä, jonka avulla paikkatietoa voidaan hallita. Paikkatieto-ohjelman työkalujen avulla paikkatietoa voidaan käsitellä haluttuun muotoon ja siitä voidaan tehdä karttatulosteita. Paikkatiedon avulla voidaan esimerkiksi vähentää kustannuksia kuljetusten optimoinnilla, helpottaa päätöksentekoa yhdistämällä ja yksinkertaistamalla tietoa sekä helpottaa kommunikaatiota ja vuorovaikutusta visualisoimalla tietoa kartoille. Suurin osa virallisista yhteiskunnan hallussa olevasta tiedosta on paikkatietoa ja valtaosa on ilmaiseksi ladattavissa tietokannoissa. /4/

5.1 ArcGIS

ArcGIS on paikkatieto-ohjelmisto, jonka on kehittänyt yritys nimeltä ESRI. Tässä selvityksessä käytetään työasemakäyttöön tarkoitettua ArcGIS For Desktop -kokonaisuutta. Se sisältää useita paikkatietoanalyysiin käytettäviä ohjelmia, mutta me käytämme niistä pääasiassa yhtä ohjelmaa, ArcMap 10.3. Kyseinen ohjelma on ArcGIS työasemaympäristössä pääasiallisesti käytetty ohjelmistokomponentti, joka antaa paikkatietoaineistoille graafisen käyttöliittymän. Käyttöliittymään koostuu pääasiassa kolmesta osasta, jotka ovat karttanäkymä, työkalupalkit sekä sisällysluettelo (Table of Contents). Sisällysluettelosta voidaan avata aineistojen ominaisuustietotaulukko (Attribute Table), josta voidaan katsoa ja muokata aineiston ominaistietoja. /38, s. 6–8/. Esimerkki ArcMap-ohjelman työtilasta nähdään kuviossa 4. Ylälaidassa on työkalupalkit, vasemmassa laidassa sisällysluettelo, keskellä karttanäkymä ja ominaisuustietotaulukko sekä oikeassa laidassa katalogi, jonka avulla dataa voidaan tuoda työtilaan. Karttanäkymässä on näkyvillä taustakartta, maakuntajako sekä Pohjanmaan Digiroad-aineisto.



Kuvio 4. ArcMap-ohjelman työtila.

Työkalupalkkien lisäksi käytettävissä on myös ArcToolBox, joka sisältää erilaisia geoprosessointitoimintoja, joilla voidaan käsitellä, analysoida ja mallintaa paikkatietoaineistoja. ArcToolBox:ssa näkyvät kaikki paikkatieto-ohjelmistoon asennetut työkalupakit. Siihen on saatavilla myös valinnaisia laajennusosia, jotka vaativat lisenssin toimiakseen. Me käytämme mallinnukseen Spatial Analyst -lisäosaa, joka sisältää mallinnukseen tarvittavia työkaluja. /38, s. 11–12/

5.1.1 Spatial Analyst

Spatial Analyst -lisäosa on maksullisen lisenssin vaativa työkalupakki ArcGIS-ohjelmistoon. Se sisältää useita mallinnuksessamme käytettyjä työkaluja, kuten Euclidean Distance, Cell Statistics, Zonal Statistics ja Raster Calculator. Spatial Analyst -lisäosan toiminnot keskittyvät lähinnä rasterimuotoisten aineistojen käsittelyyn ja mallintamiseen. /38, s. 74/. Tässä selvityksessä käytetyt työkalut mainitaan niiden englannin kielisillä nimillä siinä muodossa, kuin mitä ne ovat ArcGIS-ohjelmistossa.

5.1.2 SPreAD-GIS

SPreAD (System for the Prediction of Acoustic Detectability) on kehitetty 36 vuotta sitten U.S. Forest Service:n (USFS) ja Environmental Protection Agency:n (EPA) toimesta. Sen avulla pystyttiin arvioimaan akustisia vaikutuksia virkistyskäyttöön luontoympäristössä. Sitä käytettiin erityisesti melun leviämisen mallintamiseen metsässä ja muissa luontaisissa ekosysteemeissä. SPreAD-järjestelmä on myös siitä hyvä, että sillä voidaan tutkia eri taajuuksien ääniä, eikä vain A-painotettuja melutasoja. /39, s. 7/

SPreAD-GIS tavoitteena oli luoda yksinkertainen, tarkka ja edullinen tapa arvioida ja mallintaa tieliikenteestä aiheutuvan melun vaimenemista kasvillisuuden vaikutuksesta. Projektissa päädyttiin SPreAD:in yhdistämiseen ArcGIS-ympäristöön. SPreAD-GIS on ArcMap-ohjelmaan liitettävä työkalupakki, joka sisältää viisi ArcGIS ModelBuilder:illa ja Python-skripteillä luotua työkalua. /39, s. 5–7/. Me emme tässä selvityksessä käytä itse SPreAD-GIS työkaluja, mutta hyödynnämme työkalun käyttämiä maastotyyppiluokituksia sekä SpreadLoss-arvoja.

5.2 Meluselvitykset

Meluselvityksiä tehdään pääasiassa muutaman neliökilometrin alueelle, esimerkiksi tutkittaessa tuotantolaitoksen aiheuttamaa melua tai paljon liikennöidylle moottori- tai valtatielle. Nämä selvitykset toteutetaan usein melumittauksilla ja ympäristömelun laskentaohjelmalla kuten DataKurstik:in kehittämällä Cadna A:lla. Laskentaohjelmiin on saatavilla pohjoismaisiin olosuhteisiin sopivia malleja mm. tie-, raideliikenne- ja teollisuusmelulle. Melumallinnuksen jälkeen valmis aineisto voidaan siirtää paikkatieto-ohjelmaan käsiteltäväksi. /40, s. 9/

Maakunnan kokoisella alueella tarkkojen melumittausten suorittaminen sekä yksityiskohtaisen ympäristömelun laskentaohjelman käyttö vaatisi hyvin paljon aikaa, resursseja ja prosessointitehoa tietokoneelta. Tästä syystä melumallinnus hoidetaan tässä selvityksessä ArcGIS-ohjelmistolla, jossa mallinnetaan tietyn melutason leviämistä tietyistä ja sen käytöstä riippuen. Tällä menetelmällä ei saada yksittäisille soluille tarkkaa melutasonarvoa, vaan yhtenäisiä meluvyöhykkeitä,

jotka kuvaavat 30–45 dB:n voimakkuuden melua. Mallinnuksessa aineistoa käsitellään myös 400 m² ruuduissa (soluissa), jonka vaikutuksesta tulokset eivät ole kovin tarkkoja. Tämä ei kuitenkaan haittaa, koska maakuntatasolla etsitään potentiaalisia hiljaisia alueita, joita voidaan mitata ja mallintaa tarkemmin yleis- ja asemakaavatasolla.

5.2.1 Jönköpöngin läänin häiriöttömien alueiden selvitys

Jönköpöngin lääni Ruotsissa loi häiriöttömien alueiden selvitystään (Ostörda området) varten toistettavissa olevan paikkatietomallin, jolla pystytään mallintamaan kasvillisuuden vaikutusta melun leviämiseen sekä selvittämään häiriöttömien alueiden sijainti läänin alueella. Uudella mallilla he pystyivät tunnistamaan paljon enemmän häiriöttömiä alueita kuin verrattuna heidän edelliseen malliin, joka oli mallinnettu ainoastaan melun leviämisen lineaaristen etäisyyksien perusteella. Ero syntyi siitä, että kasvillisuuden vaikutus melun leviämiseen pienentää melualueita, jonka seurauksena häiriöttömät alueet kasvavat. Selvitys onnistui hyvin läänin tasolla, mutta tarkempia selvityksiä tulee tehdä paikallis- tai kuntatasolla. /41, s. 29/

Tulosten paikkansapitävyyteen vaikuttavat häiriöttömien alueiden rajausperiaatteet, materiaalin saatavuus, suorituskyky ja aika. /41, s. 29/. Jönköpöngissä ei huomioitu topografisia olosuhteita melun leviämisen esteenä, koska heidän käyttämänsä kansallinen korkeusmalli sisältää rajoituksia ja on vaikeasti käsiteltävä koko läänin laajuudessa analyysissä, joka todettiin useilla testeillä. Korkeusmallin sisältämä tietomäärä olisi hyvin suuri koko läänin alueelta ja sen käyttäminen analyysissä vaatisi paljon aikaa ja resursseja. Topografian huomioiva analyysi on kuitenkin realistisesti mahdollista suorittaa paikallisella tasolla, esimerkiksi muutamien neliökilometrin alueella. /41, s. 20/

Uudessa mallissa, joka huomioi melun vaimentumisen kasvillisuuden seurauksena, löydettiin 22 % enemmän uusia häiriöttömiä alueita kuin aikaisemmassa selvityksessä. /41, s. 26/. Mallin toistettavuuden ansiosta sitä voidaan päivittää ja käyttää ympäristön seurantaan, aluesuunnitteluun ja arvokkaiden luontoalueiden suojeluun. /41, s. 9/

5.2.2 Uudenmaan liiton hiljaisten alueiden selvitys

Uudenmaan liitto Suomessa on laatinut selvityksen Uudenmaan maakunnan hiljaisista alueista yhteistyössä ympäristöministeriön ja WSP LT-konsultit Oy:n kanssa. Selvitys tehtiin Uudenmaan vaihemaakuntakaavaa varten. Siinä luotiin kriteerit hiljaisille alueille, testattiin niitä kahdella pilottialueella sekä tuotiin esille mahdollisia kaavamääräys- ja merkintätapoja. Hiljaiset alueet määritettiin paikkatiedon avulla puskuritekniikalla, eli niin sanotulla poissulkevalla menetelmällä, jossa kaikista melulähteistä luodaan puskurivyöhykkeet jotka kuvaavat aluetta jossa melu on suurempi kuin hiljaisten alueiden kriteerit sallivat. Kun kaikki puskurivyöhykkeet on mallinnettu niin jäljelle jää alueet, jotka täyttävät hiljaisille alueille asetetut kriteerit. /33, s. 3–13/. Hiljaisia alueita on etsitty samalla tekniikalla myös ainakin Pohjois-Savossa. Tässä Pohjanmaan liiton osaselvityksessä tullaan myös käyttämään puskuritekniikkaa, mutta puskurivyöhykkeitä mallintamalla huomioidaan myös kasvillisuuden vaikutus melun leviämiseen, joka pienentää lopullisten meluvyöhykkeiden pinta-alaa.

6 TAPAUSELVITYS – POHJANMAAN LIIKENNEMELU

Pohjanmaan tieliikenteen meluvyöhykkeiden selvittämiseksi tehtiin kaksi analyysiä. Ensimmäinen analyysi suoritettiin ArcMap-ohjelmaan ja siihen saatavilla olevalla Spatial Analyst -lisäosalla. Siinä mallinnettiin meluvyöhykkeet Pohjanmaan tieliikennemelun etenemistä lineaarisesti aukean maaston olosuhteissa. Toisessa analyysissä käytettiin ArcMap-ohjelman lisäksi SPreAD-GIS-luokituksia. Tässä analyysissä mallinnettiin CORINE2012-maanpeitedatan avulla, miten kasvillisuus vaimentaa tieliikennemelua. Lopuksi molempien analyysien tuloksia verrattiin keskenään. Tavoitteena oli myös huomioida meluvallien ja maanpinnan korkeuserojen vaikutus melun vaimenemiseen, mutta ne todettiin mahdottomaksi toteuttaa saatavilla olevilla ohjelmistoilla.

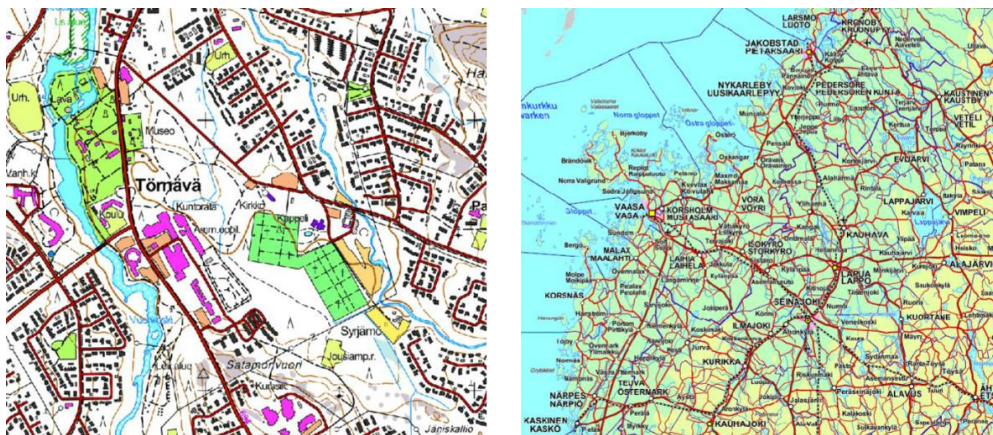
6.1 Aineisto

Analyysien suorittamista varten kerättiin tarpeellinen aineisto. Aineistot ladattiin pääasiassa Maanmittauslaitoksen sekä Liikenneviraston ilmaisten palvelujen kautta. Kaikki materiaali tallennettiin samaan geotietokantaan, Meluvyöhykkeet.gdb, jossa paikkatietodataa on helppoa käsitellä ja säilyttää. Aineistoa muokattiin osittain tämän selvityksen melumallinnukseen sopivaksi. Paikkatietodatan tuomiseen ja työskentelyyn käytettiin ETRS-TM35FIN-koordinaatistoa, joka kuvaa koko Suomen alueen yhdessä projektiokaistassa ja minimoi projektiovirheet. /42/

6.1.1 Peruskartta

Peruskartat on ladattu Maanmittauslaitoksen avointen kartta-aineistojen latauspalvelusta kapi.fi WMS-palvelimen kautta. Kyseisen latauspalvelun käyttäminen on hyvin hyödyllinen ratkaisu paikkatietotyöskentelyä varten, koska sen sisältämät kartat kattavat koko Suomen valtion alueen useissa eri mittakaavoissa. Tämän ansiosta paikkatieto-ohjelma osaa valita jokaiselle työskentelymittakaavalle sopivan kartan taustalle. Esimerkiksi 1:10 000 mittakaavassa on näkyvillä on maastokartta, joka havainnollistaa hyvin maastonmuodot ja rakennukset. 1:1 000 000 mittakaavassa on näkyvillä yleiskartta, josta nähdään selkeästi tieliikenneverkosto, paikkakunnat ja vesistöt.

Tässä selvityksessä suurin osa työajasta käytettiin yleiskarttatasolla analyysijä tehdessä. Maastokarttataso oli hyödyllinen analyysien tulosten tarkistamiseen. Maastokartan ja yleiskartan eron voi havaita kuviossa 5.



Kuvio 5. Maastokartta 1:10 000 ja yleiskartta 1:1 000 000, Maanmittauslaitos. /8/

6.1.2 Raster Extent

Raster Extent on rasteri, jota voidaan käyttää analyysin työympäristön rajaamiseen tietylle alueelle. Tämä nopeuttaa analyysin tekoa, sillä muussa tapauksessa analyysi tehtäisiin koko kartan alueelle. Tässä melumallinnuksessa rasteri oli suorakulmainen alue, joka kattoi koko Pohjanmaan maakunnan alueen. Kaavoitusinsinööri Gustav Nygård teki rasterin Create Random Raster -työkalulla solukoolla 20x20 m, joka on myös yhteensopiva CORINE2012-maanpeiteaineiston kanssa.

6.1.3 Tieverkosto

Pohjanmaan tieverkostoaineisto Digiroad on saatu Liikenneviraston latauspalvelusta. Se sisältää koko Pohjanmaan katuverkon tarkan sijainnin sekä melumallinnukseen tarvittavat ominaisuustiedot, kuten tien toiminnallisen luokan, nopeusrajoituksen ja KVL (vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne) arvon. /43/. Digiroadin ominaisuustiedot olivat alun perin erillisissä shape-tiedostoissa. Työskentelyn ja tiedonhallinnan helpottamiseksi kaavoitusinsinööri Gustav Nygård yhdisti tieverkoston ominaisuustiedot Tiet_yhdistetty.shp -tiedostoon. Myös liikennemäärien hieman eroava geometria korjattiin. Yhdistetty ominaisuustietotaulukko näkyy kuviossa 6.

FID	Shape *	TOIMINN_LK	Nopeusrajo	KVL_luokka	Shape_Leng
0	Polyline ZM	1	80	10000	2867.032104
1	Polyline ZM	1	80	250	1044.669258
2	Polyline ZM	1	80	1000	810.495116
3	Polyline ZM	1	80	2500	1000.228813
4	Polyline ZM	1	80	5000	873.705112
5	Polyline ZM	1	80	20000	14.849107
6	Polyline ZM	1	40	10000	1974.594864
7	Polyline ZM	1	50	10000	4931.045562
8	Polyline ZM	1	50	1000	124.9253
9	Polyline ZM	1	50	2500	163.224946
10	Polyline ZM	1	50	20000	512.286568
11	Polyline ZM	1	60	10000	1946.243732

Kuvio 6. Tieaineiston ominaisuustietotaulukko.

Tieverkkoaineistossa oli joitakin puuttuvia tietoja. Muutamista yhtenäisistä teistä puuttui liikennemäärää kuvaava keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL) arvo, joka arvioitiin siihen yhteydessä olevien teiden liikennemäärien perusteella. Jotkin tieaineistot olivat pätkittäin ympäri maakuntaa, jolloin liikennemäärät arviotiin tien toiminnallisen luokan perusteella. Arviointi toteutettiin taulukon 3 mukaisesti. Toiminnallisen luokan 5 puuttuvat liikennemääräarvot arvioitiin aluksi 500 KVL -arvolle, mutta osa teistä muutettiin jälkepäin 250 KVL -arvoon.

Taulukko 3. Tieaineiston puutteellisten liikennemäärien korvaavat arvot.

Tietyyppi	Toiminnallinen luokka	Liikennemäärä (KVL)
Valtatie tai seudullinen pääkatu	1	10 000
Kantatie tai seudullinen pääkatu	2	10 000
Seututie tai alueellinen pääkatu	3	5 000
Yhdystie tai koojakatu	4	1 000
Liitântäkatu tai tärkeä yksityistie	5	500 tai 250

Digiroad-aineiston kaikille teille ei ollut annettu nopeusrajoitusta, joten ne määritettiin 80 km/h arvoon. Tällä arviolla voidaan olla varmoja, ettei tiestä aiheutuva melu ole oletettua suurempaa. Melumallinnuksessa ei huomioitu toiminnallisia luokkia 6–8, koska niistä aiheutuva melu on ajoittaista ja hyvin vähäistä. Niihin kuuluvat mm. yksityistiet, mökkitiet ja kevyen liikenteen väylät.

6.1.4 Meluetäisyydet

Meluvyöhykkeiden määritykset perustuvat Kuopion yliopiston melulaboratorion mittaustuloksiin, jotka ilmaisevat kuinka pitkälle tieliikennemelu leviää eri liikennemäärillä ja nopeuksilla. Melun leviämisen etäisyys oli määritetty metreissä neljälle eri melutasolle, jotka olivat 30, 35, 40 ja 45 dBA. Tässä melumallinnuksessa käytämme aukean maaston mittaustuloksia, jotka näkyvät taulukossa 4. Taulukko

on otettu Uudenmaan liiton hiljaisten alueiden selvityksestä, jossa se on otsikoitu virheellisesti vaihtelevaksi maastoksi. /44, s. 13–14/

Taulukko 4. Melutasovyöhykkeet aukean maaston olosuhteissa, Uudenmaan liitto. /33, s. 14/

KVL	Melutasovyöhykkeet (metriä)							
	45 dBA		40 dBA		35 dBA		30 dBA	
	80 km/h	100 km/h	80 km/h	100 km/h	80 km/h	100 km/h	80 km/h	100 km/h
250	105		265		600		1210	
500	185		440		930		1780	
1000	315		700		1390		2550	
2500	600	830	1220	1650	2280	3000	4000	5100
5000	930	1250	1780	2350	3200	4100	5500	7000
10000		1850		3300		5700		9600
20000		2650		4600		7800		13200

Selvityksen aineistosta löytyivät meluetäisyydet 80 km/h ja 250–5 000 KVL sekä 100 km/h ja 2 500–20 000 KVL tiestölle. Digiroad-aineistossa löytyy ominaisuustietoja 20–70 km/h ja 120 km/h tieverkostolle, sekä myös 80 km/h teitä suurilla liikennemäärillä ja 100 km/h teitä pienillä liikennemäärillä. Tästä syystä tehtiin luokitukset tieliikenneaineistolle ja arvioita melulaboratorion mittauksien puuttuville tiedoille. Kaavoitusinsinööri Gustav Nygård laski arviot puuttuville meluetäisyyksille, jotka yhdistettiin uuteen luokitustaulukkoon. Uudet luokitukset löytyvät taulukoista 5–8, joissa arvioidut etäisyydet ovat lihavoituna.

Taulukko 5. Luokitukset melun leviämislle 45 dBA-melutasolla.

KVL	45 dBA			
	20 – 40 km/h	50 – 60 km/h	70 – 80 km/h	100 – 120 km/h
250	60	80	105	165
500	105	140	185	265
1000	175	235	315	420
2500	340	450	600	830
5000	525	700	930	1250
10000	795	1060	1415	1850
20000	1185	1585	2110	2650

Taulukko 6. Luokitukset melun leviämiselle 40 dBA-melutasolla.

40 dBA				
KVL	20 – 40 km/h	50 – 60 km/h	70 – 80 km/h	100 – 120 km/h
250	150	200	265	400
500	250	330	440	610
1000	395	525	700	920
2500	685	915	1220	1650
5000	1000	1335	1780	2350
10000	1425	1900	2535	3300
20000	2035	2715	3620	4600

Taulukko 7. Luokitukset melun leviämiselle 35 dBA-melutasolla.

35 dBA				
KVL	20 – 40 km/h	50 – 60 km/h	70 – 80 km/h	100 – 120 km/h
250	340	450	600	865
500	525	700	930	1250
1000	780	1045	1390	1790
2500	1285	1710	2280	3000
5000	1800	2400	3200	4100
10000	2465	3290	4385	5700
20000	3420	4560	6080	7800

Taulukko 8. Luokitukset melun leviämiselle 30 dBA-melutasolla.

30 dBA				
KVL	20 – 40 km/h	50 – 60 km/h	70 – 80 km/h	100 – 120 km/h
250	680	910	1210	1580
500	1000	1335	1780	2250
1000	1435	1915	2550	3160
2500	2250	3000	4000	5100
5000	3095	4125	5500	7000
10000	4150	5535	7380	9600
20000	5710	7615	10150	13200

6.1.5 CORINE2012

Meluvyöhykkeiden mallintamiseen, jotka huomioivat kasvillisuuden vaikutuksen tieliikennemelun leviämiseen käytettiin Suomen ympäristökeskuksen tuottamaa CORINE2012-maanpeitedata-aineistoa. Se kuvaa koko Suomen maankäyttöä ja maanpeitettä vuonna 2012. Aineisto on koottu rasterimuotoiseen paikkatietokantaan, jonka resoluutio on 20 m. Maanpeitetyypit ovat luokiteltu viiteen pääluokkaan, jotka ovat rakennetut alueet, maatalousalueet, metsät sekä avoimet kankaat ja kalliomaat sekä kosteikkoihin, soihin ja vesialueisiin. Pääluokat ovat toisella tasolla jaettu 15 alaluokkaan ja kolmannella tasolla 44 alaluokkaan. /44/

CORINE2012-aineisto jaettiin SPreAD-GIS mukaisiin maanpeiteluokituksiin. Ensimmäinen luokitus SPREADTYPE yhdistää maanpeitetyypit seitsemään pääluokkaan ja toinen luokitus SpreadLoss yhdistää pääluokat neljään eri luokkaan, jotka kuvaavat kasvillisuuden vaikutusta melun vaimentamiseen empiirisinä arvoina. SpreadLoss-arvot ovat samat, kuin Jönköpingin läänin käyttämät empiiriset arvot, jotka he olivat ottaneet SPreAD-GIS mallista. Luokitukset nähdään taulukossa 9. /41, s. 48–49/

Taulukko 9. CORINE2012-aineisto SPreAD-GIS-luokituksissa.

Land cover type (SPreAD-GIS)	Maanpeitetyyppi	SPREAD-TYPE	Value CORINE2012	Spread-Loss
Barren land	Avoin maasto	BAR	16, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 45	0
Coniferous forest	Havumetsä	CON	24, 25, 26, 27, 28, 29	501
Herbaceous or grassland	Niityt ja varvikot	HEB	18, 19, 20, 30, 31, 42	101
Hardwood or deciduous forest	Lehtimetsä tai kesävihanta	HWD	17, 22, 23	662
Shrubland	Pensaikko	SHB	21, 32, 33, 34, 35, 36, 40, 44	101
Urban or developed land	Urbaani tai teollisuusalue	URB	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15	0
Water	Vesialue	WAT	46, 47, 48	0

6.2 Meluvyöhykkeiden mallinnus

Tämän selvityksen tavoite oli muodostaa meluvyöhykkeet Pohjanmaan tieliikenteestä aiheutuvalle melulle. Sitä varten tarvittava aineisto tuotiin ArcMap-ohjelmaan. Työskentelyn ensimmäinen vaihe oli luoda neljä uutta ominaisuustietosaraketta Tiet_yhdistetty ominaisuustietotaulukkoon (Attribute Table), jotka nimettiin Meluet30dB, Meluet35dB, Meluet40dB ja Meluet45dB. Näihin ominaisuustietojen soluihin syötettiin manuaalisesti jokaisen tien nopeusrajoitusta (Nopeusrajo) ja KVL arvoa (KVL_luokka) vastaava melun leviämistäisyys kullekin melutasolle. Meluetäisyydet ovat taulukoiden 5–8 mukaisia. Ominaisuustietotaulukkoon on lisätty kaikki tarpeellinen tieto kuviossa 7.

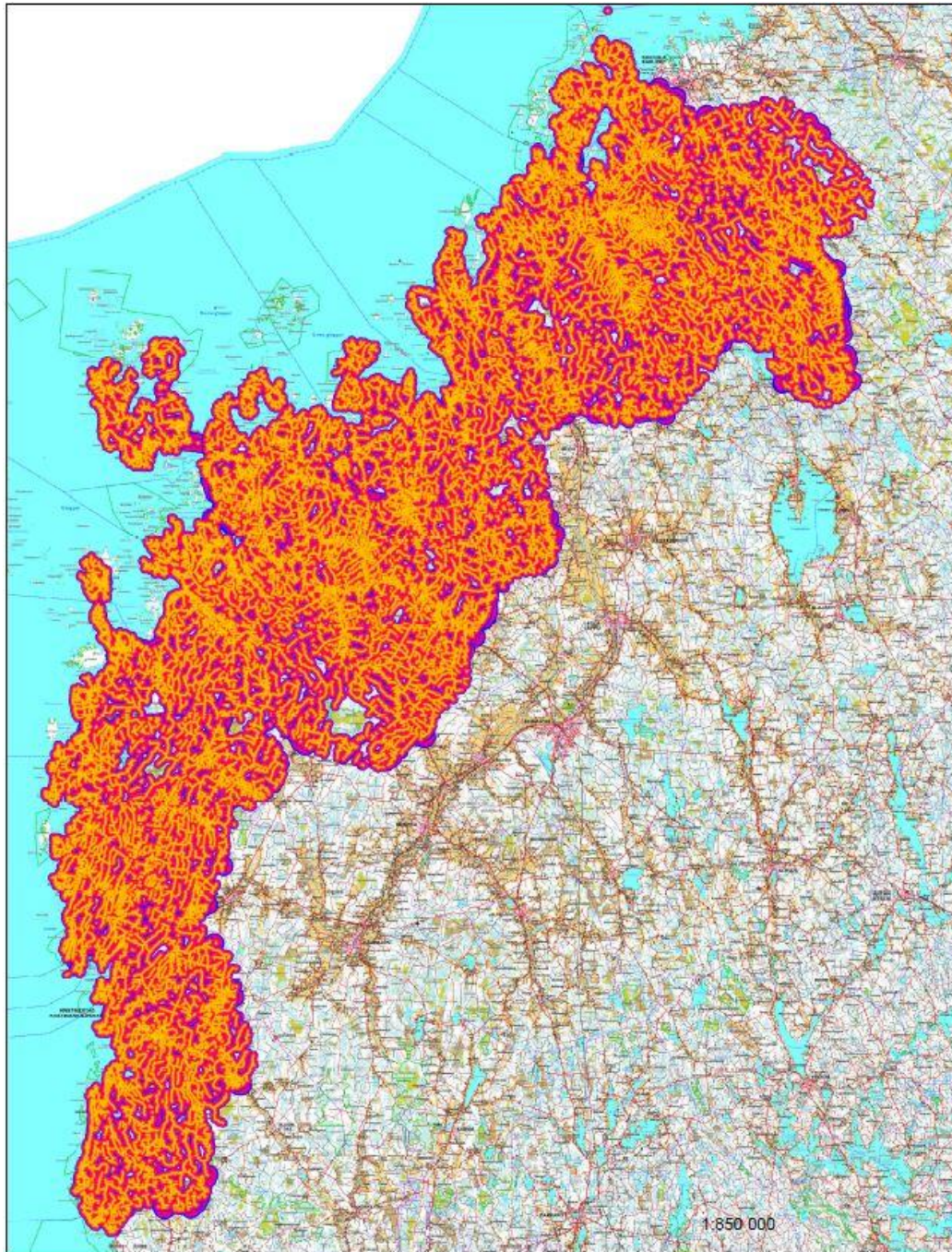
FID	Shape *	TOIMINN_LK	Nopeusrajo	KVL_luokka	Shape_Leng	Meluet30dB	Meluet35dB	Meluet40dB	Meluet45dB
0	Polyline ZM	1	80	10000	2867.032104	7380	4385	2535	1415
1	Polyline ZM	1	80	250	1044.669258	1210	600	265	105
2	Polyline ZM	1	80	1000	810.495116	2550	1390	700	315
3	Polyline ZM	1	80	2500	1000.228813	4000	2280	1220	600
4	Polyline ZM	1	80	5000	873.705112	5500	3200	1780	930
5	Polyline ZM	1	80	20000	14.849107	10150	6080	3620	2110
6	Polyline ZM	1	40	10000	1974.594864	4150	2465	1425	795
7	Polyline ZM	1	50	10000	4931.045562	5535	3290	1900	1060
8	Polyline ZM	1	50	1000	124.9253	1915	1045	525	235
9	Polyline ZM	1	50	2500	163.224946	3000	1710	915	450
10	Polyline ZM	1	50	20000	512.286568	7615	4560	2715	1585
11	Polyline ZM	1	60	10000	1946.243732	5535	3290	1900	1060
12	Polyline ZM	1	60	250	238.321913	910	450	200	80
13	Polyline ZM	1	60	1000	275.476257	1915	1045	525	235
14	Polyline ZM	1	60	2500	516.176499	3000	1710	915	450
15	Polyline ZM	1	60	5000	6051.333406	4125	2400	1335	700
16	Polyline ZM	1	60	10000	467.130885	5535	3290	1900	1060
17	Polyline ZM	1	60	20000	1057.577565	7615	4560	2715	1585
18	Polyline ZM	1	70	10000	143.156777	7380	4385	2535	1415

Kuvio 7. Meluetäisyydet tieaineiston ominaisuustietotaulukossa.

Meluvyöhykkeet mallinnettiin Euclidean Distance -työkalulla. Se piirtää annetun maksimietäisyyden matkalle puskurivyöhykkeitä kaikille paikkatieto-ohjelman karttatasossa valituille viivaosille, tässä tapauksessa teitä kuvaaville murtoviivoille (Polyline). Tämä muodostaa murtoviivan ympärille yhtenäisen puskurivyöhykkeen.

Työkalua testattiin puskurivyöhyke-mallinnuksella, johon hyödynnettiin Ruotsin Jönköpingin hiljaisten alueiden selvityksessä käytettyjä melun leviämisen etäisyyksiä toiminnallisten luokkien mukaisesti. /41, s. 18/. Ruotsissa käytetään teille

eri toiminnallisen luokan luokituksia kuin Suomessa, mutta tämän analyysin tarkoituksena oli ainoastaan testata työkalun toimivuutta. Tulosten solujen suuruudeksi määritettiin 20 metriä ja työtilaksi valittiin Raster Extent -rasteri. Testauksen tulos nähdään kuviossa 8.

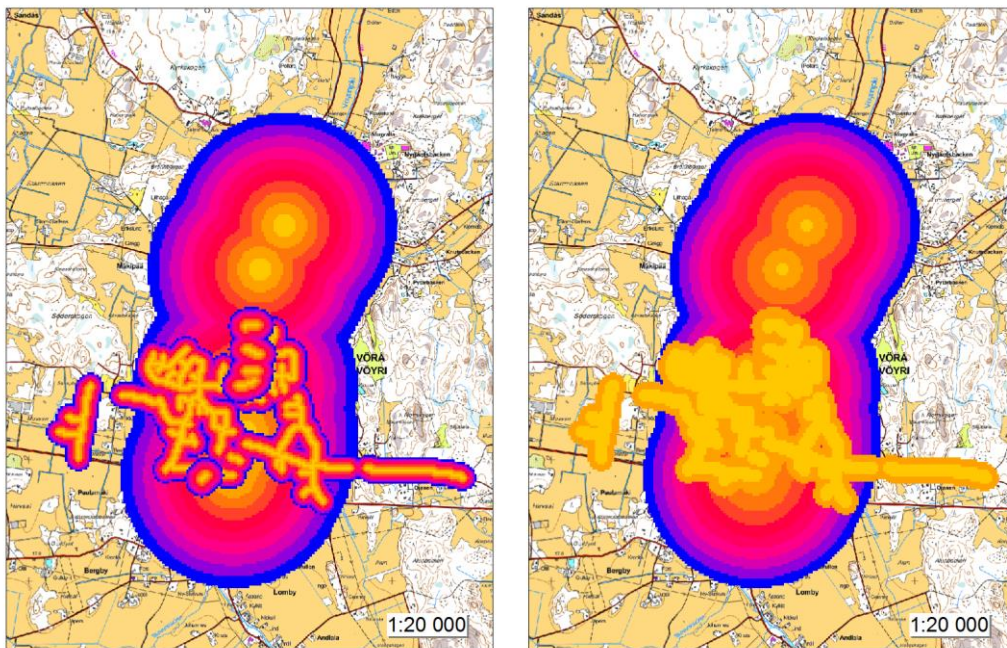


Kuvio 8. Euclidean Distance -työkalun testauksen tuloste.

Työkalun todettiin toimivan oletetulla tavalla, joten voitiin siirtyä suorittamaan varsinaista meluvyöhykkeiden mallinnusta. Mallinnusta jaettiin tekemällä yksi luokitus kerrallaan. Tämä helpottaa tiedonhallintaa paikkatieto-ohjelmassa sekä mahdollistaa aineiston osittaisen muokkauksen jälkeenpäin. Mikäli kaikki luokitukset tehtäisiin yhdelle rasteritasolle, niin koko rasteri pitäisi tehdä uudelleen jos esimerkiksi puskurivyöhykkeiden etäisyyksiä haluttaisiin muuttaa. Luokituksessa valittiin kaikki saman meluetäisyyden tiedot aina yhteen puskurivyöhyke-analyysiin ajan säästämiseksi. Tämä myös helpottaa puskurivyöhykkeiden yhdistämistä seuraavassa työvaiheessa.

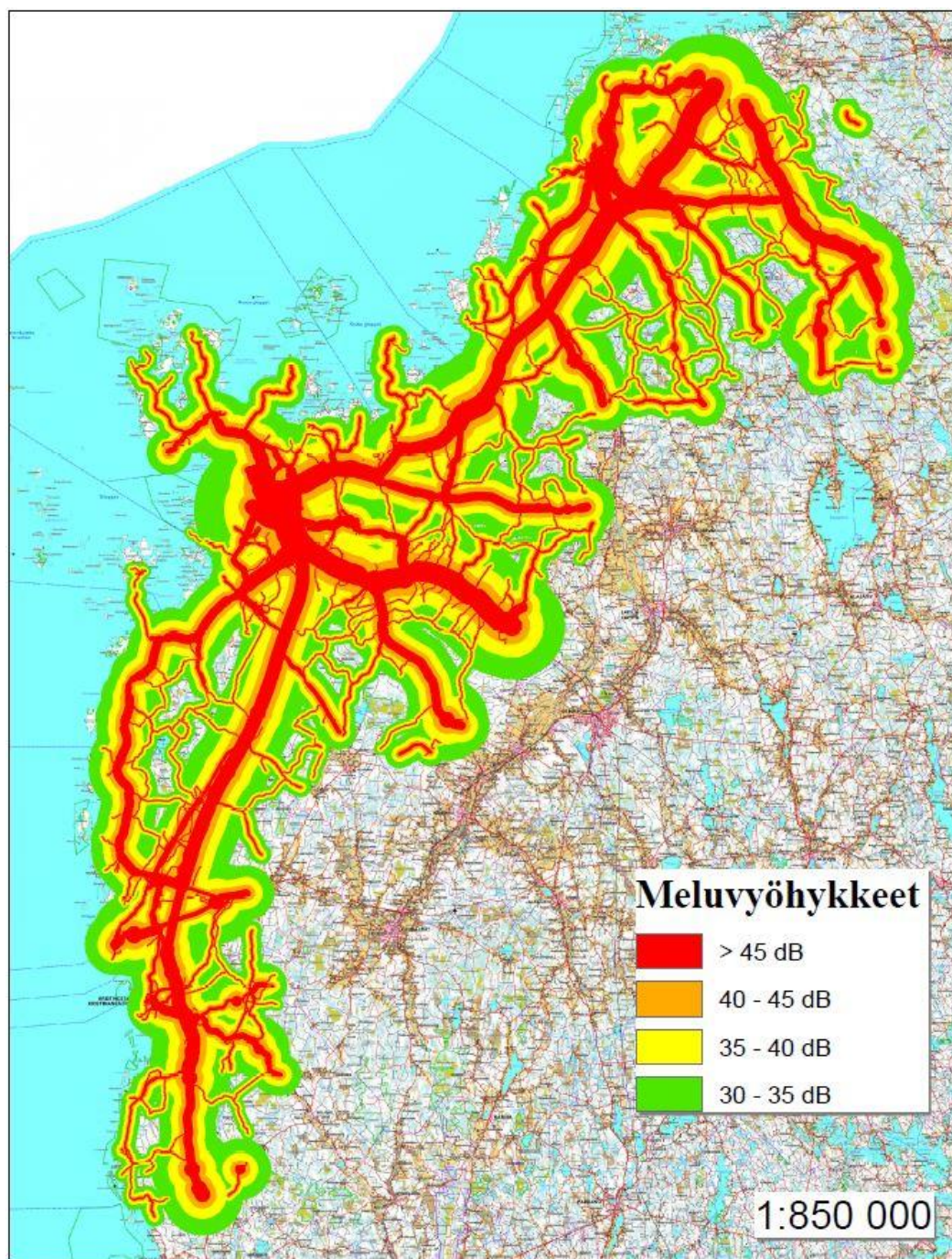
6.3 Meluvyöhykkeiden yhdistäminen

Tieaineiston ympärille muodostetuille meluvyöhykkeille tulee analyysin ensimmäisessä vaiheessa paljon päällekkäisyyksiä varsinkin alueille, jossa tieliikenneverkosto on tiheää ja melun leviämisen etäisyys on suuri. Tämä ongelma ratkaistiin Cell Statistics -työkalulla, jonka avulla jokaisesta karttatason solusta voidaan laskea halutulla ehdolla solua kuvaava arvo. Tässä melumallinnuksessa puskurivyöhykkeet kuvaavat etäisyyttä melulähteestä metreinä, joten melulähdettä läheisyydessä melutaso suurenee. Tästä syystä jokaiselle karttatason solulle laskettiin minimiarvo. Lopputuloksena saadaan työkalun käsitellyistä meluvyöhykkeistä yksi yhtenäinen meluvyöhykerasteri, jossa ei ole päällekkäisyyksiä. Päällekkäisten vyöhykkeiden yhdistäminen on visualisoitu kuviossa 9.



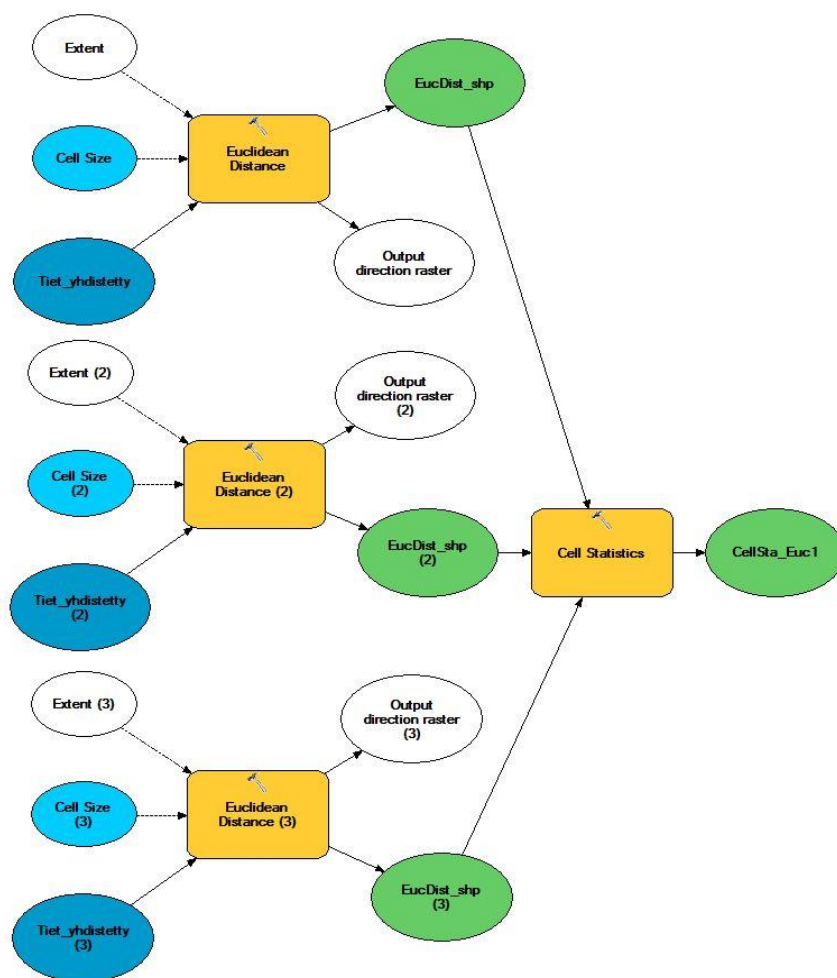
Kuvio 9. Meluvyöhykkeiden päällekkäisyyden korjaaminen.

Jokaiselle luokitukselle tehtiin ensiksi neljä eri meluvyöhykkeiden yhdistämistä melutasojen mukaisesti. Lopuksi kaikista luokituksista yhdistettiin oman melutason meluvyöhykkeet, josta saatiin valmiit neljä meluvyöhykettä kuvaamaan Pohjanmaan tieliikenneverkoston melua. Jokainen meluvyöhyke kuvaa 5 dB:n melutason vaikutusaluetta välillä 30–45 dB. Melun kantautumisen havainnollistamiseksi meluvyöhykkeet asetettiin järjestyksessä päällekkäin, jossa suurin alue eli 30 dB:n meluvyöhyke oli alimmaisena ja pienin alue eli 45 dB:n meluvyöhyke oli päällimmäisenä. Meluvyöhykkeille valittiin melutasoa kuvastava väri. 30 dB:n meluvyöhyke on vihreä, 35 dB:n meluvyöhyke on keltainen, 40 dB:n meluvyöhyke on oranssi ja 45 dB:n meluvyöhyke on punainen. Meluvyöhykkeet on aseteltu päällekkäin karttapohjalle kuviossa 10.



Kuvio 10. Pohjanmaan tieliikenneverkoston lineaariset meluvyöhykkeet.

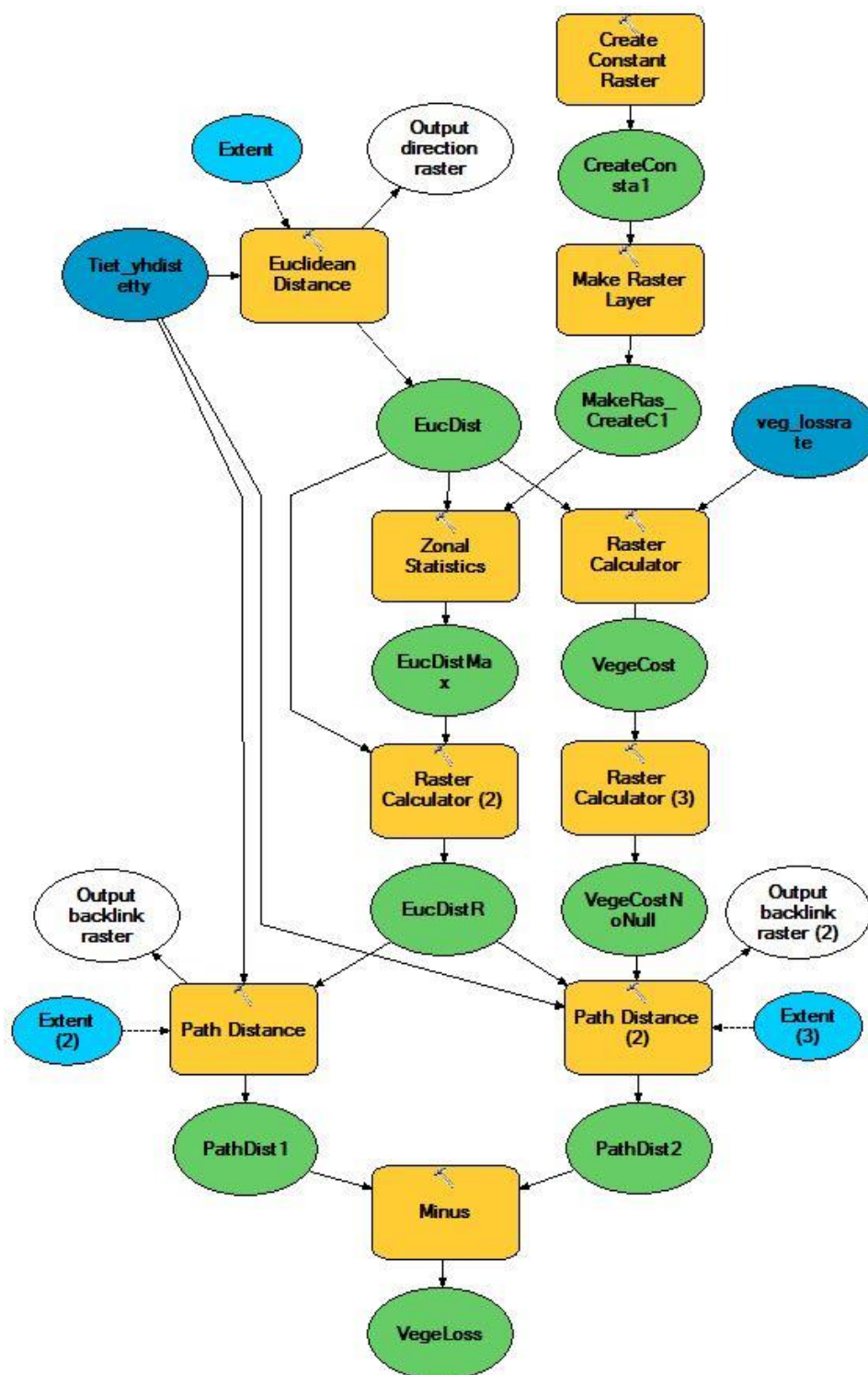
Meluvyöhykkeiden mallinnus on kokonaisuudessaan suoritettu ArcMap-ohjelmassa Model Builder -työkalulla luodun vuokaavion mukaisesti. Vuokaavio nähdään kuviossa 11.



Kuvio 11. Meluvyöhykkeiden muodostamiseen käytetty vuokaavio.

6.4 Kasvillisuuden meluhäviön mallinnus

Melumallinnuksen toisena vaiheena oli mallintaa meluvyöhykkeet, jotka huomioivat kasvillisuuden vaikutuksen tieliikennemelun leviämisessä. Jönköpingin lääni oli selvityksessään havainnollistanut analyysimeteiteaan vuokaaviolla, jonka avulla Pohjanmaan tieliikenneanalyysiä lähdettiin kokoamaan. Kyseistä vuokaaviota mukailten tehtiin uusi vuokaavio, joka kuvaa analyysin toteutusta tässä Pohjanmaan liiton selvityksessä. Työvaiheita kuvaava vuokaavio on esillä kuviossa 12.



Kuvio 12. Kasvillisuuden meluhäviön mallinnuksen vuokaavio. /41, liite 2/

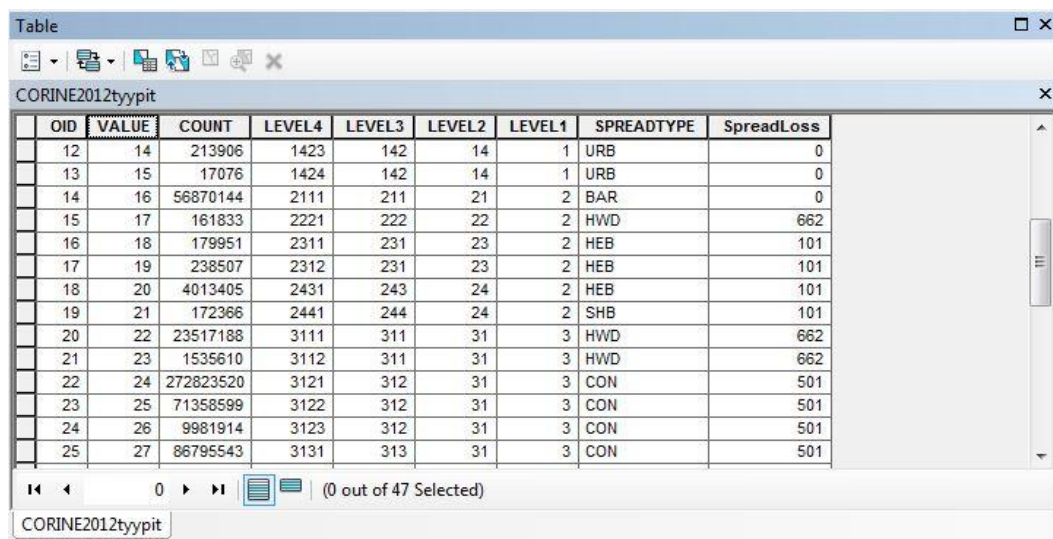
Melumallinnusta lähdettiin suorittamaan samankaltaisilla metodeilla, kuin mitä Jönköpingin läänissä oli käytetty aikaisemmin. Se aloitettiin mallintamalla puskurivyyöhykkeitä tieaineiston toiminnallisille luokille 1–5 Euclidean Distance -työkalulla ilman määritettyä maksimietäisyyttä, jonka seurauksena työkalu piirsi puskurivyyöhykkeitä koko Raster Extent -rasterin, eli Pohjanmaan maakunnan alueelle. Tulorasteri nimettiin EucDist-rasteriksi ja sitä käytettiin Zonal Statistics -työkalussa, joka laskee jokaiselle solulle koko tason suurimman arvon EucDistMax-rasteriin. Sisääntulorasterina käytettiin MakeRas_CreateC1-rasteria, joka oli tehty Create Constant Raster -työkalulla, joka asetti koko rasterin solujen arvoksi 1. EucDist- ja EucDistMax-rastereita käytettiin Raster Calculator -työkalussa, jossa uusi rasteri laskettiin seuraavalla funktiolla:

$$\text{Abs}(\text{"EucDist"} - \text{"EucDistMax"}) \quad (1)$$

Tuloksena saatiin EucDistR-rasteri, jota tarvitaan seuraavissa työkaluissa kuvaamaan pintatasoa. Seuraavaksi luotiin Path Distance -työkalulla rasteri, jota tarvitaan kasvillisuuden meluhäviön laskemiseen. Työkaluun syötettiin Tiet_Yhdistetty.shp-tiedosto, EucDistR-rasteri kuvaamaan pintatasoa sekä Raster Extent -rasteri työympäristön rajaamiseksi. Tuloksena saatiin PathDist1-rasteri, jota käytetään analyysissä hieman myöhemmin.

Mallinnusta jatkettiin muokkaamalla CORINE2012-aineistoa siten, että maanpeitetyyppit jaettiin SPreAD-GIS mukaisiin luokituksiin. Nämä luokitukset ovat mainittu kappaleessa 6.1.5, joka käsittelee CORINE2012-maanpeiteaineistoa. Kun luokitukset saatiin valmiiksi niin maanpeiteaineistolle luotiin uusi ominaisuustietosarake nimeltä SPREADTYPE. Luokitukset suoritettiin käyttämällä ominaisuustietotaulukon (Attribute Table) Select By Attributes -toimintoa, jonka jälkeen valitut solut nimettiin luokituksen mukaisesti Field Calculator -työkalulla. Tämän jälkeen tehtiin uusi ominaisuustietosarake nimeltä SpreadLoss, jonka tiedot täytettiin valitsemalla ominaisuustiedoista luokitus ja lisäämällä Field Calculator -työkalulla sitä vastaava SPreAD-GIS luokitusten mukainen empiirinen arvo. CORINE2012-aineiston valmis ominaisuustietotaulukko näkyy kuviossa 13. Spread-

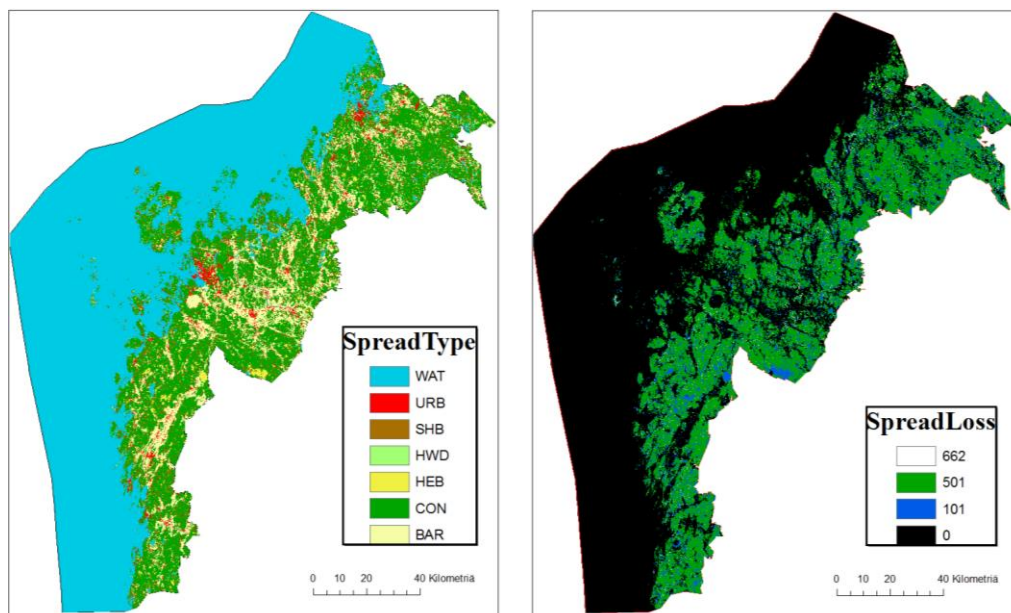
Loss-arvot siirrettiin selkeyden vuoksi uuteen veg_lossrate-rasteriin, joka tehtiin Lookup-työkalulla.



OID	VALUE	COUNT	LEVEL4	LEVEL3	LEVEL2	LEVEL1	SPREADTYPE	SpreadLoss
12	14	213906	1423	142	14	1	URB	0
13	15	17076	1424	142	14	1	URB	0
14	16	56870144	2111	211	21	2	BAR	0
15	17	161833	2221	222	22	2	HWD	662
16	18	179951	2311	231	23	2	HEB	101
17	19	238507	2312	231	23	2	HEB	101
18	20	4013405	2431	243	24	2	HEB	101
19	21	172366	2441	244	24	2	SHB	101
20	22	23517188	3111	311	31	3	HWD	662
21	23	1535610	3112	311	31	3	HWD	662
22	24	272823520	3121	312	31	3	CON	501
23	25	71358599	3122	312	31	3	CON	501
24	26	9981914	3123	312	31	3	CON	501
25	27	86795543	3131	313	31	3	CON	501

Kuvio 13. Maanpeiteaineiston muokattu ominaisuustietotaulukko.

SPreAD-GIS-luokitukset kuvaavat alueen maastoa hyvin, sillä se pelkistää muuten niin kirjavan CORINE2012-aineiston selkeämpään muotoon, josta erottuu hyvin erityisesti vesi-, aukeat-, metsä- ja kaupunkialueet. SpreadLoss-aineisto kuvastaa, miten paljon melu vaimenee edetessään maanpeitetyyppin lävitse. SpreadLoss-arvoja on yhteensä neljä ja ne ovat havainnollistettu aineistossa eri väreillä. Musta väri on 0 arvoinen, sininen 101 arvoinen, vihreä 501 arvoinen ja valkoinen 662 arvoinen. Kyseiset arvot olivat sisällytettynä SPreAD-GIS:in työkalujen ohjelmakoodiin. Aineistoja havainnollistavat kartat näkyvät kuviossa 14.



Kuvio 14. Pohjanmaan SpreadType ja SpreadLoss -rasterit karttatasoina.

Kun maanpeiteaineisto saatiin muokattua, oli aika siirtyä seuraavaan mallinnukseen. Raster Calculator -työkalulla muodostettiin uusi VegeCost-rasteri, joka kuvaa kasvillisuuden meluetäisyyteen vaikuttavaa arvoa jokaisella kasvillisuusaineiston solulla. Se laskettiin käyttämällä EucDist- ja veg_lossrate-rastereita seuraavassa kaavassa:

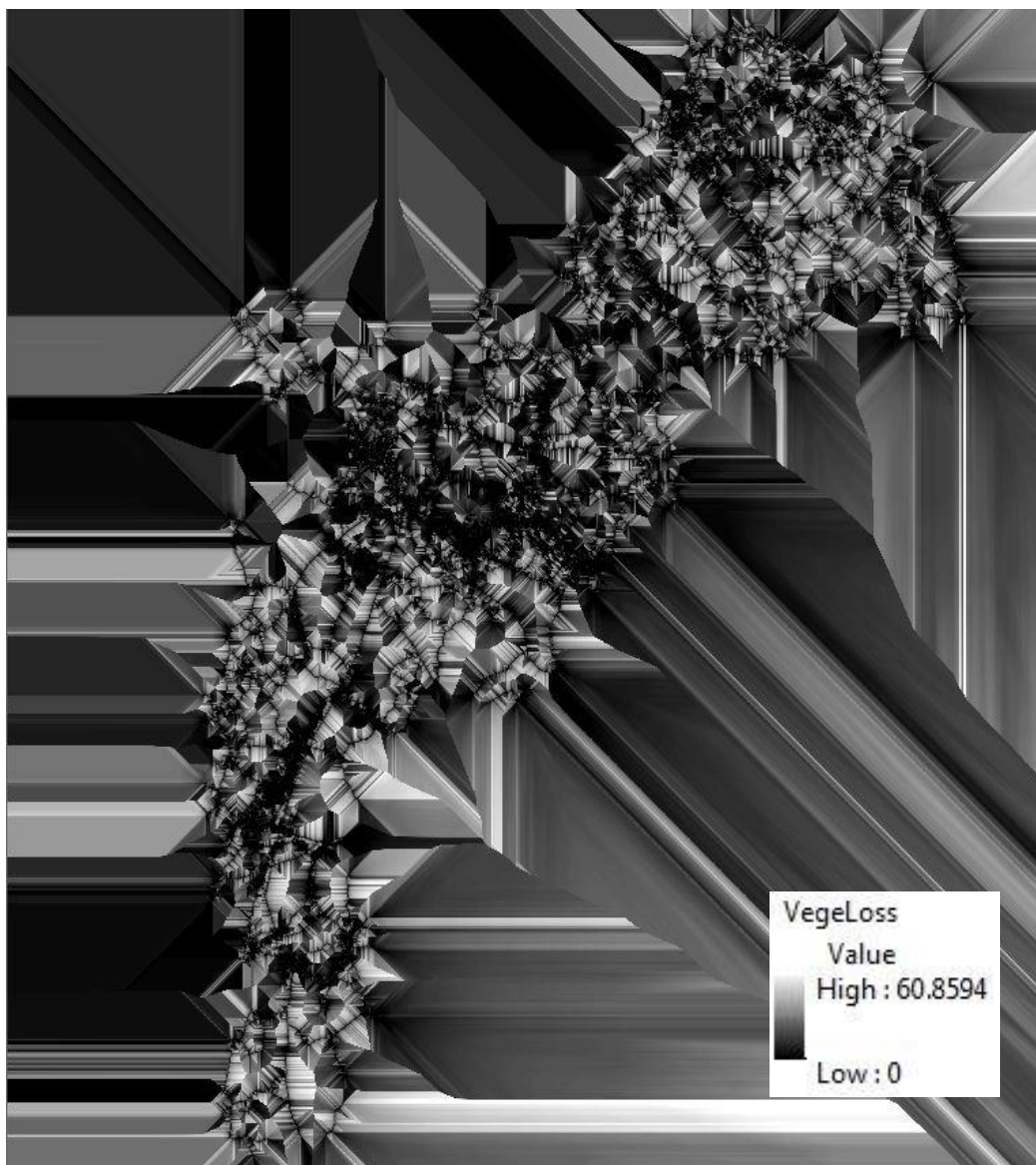
$$\left(\frac{\text{SpreadLoss}}{\text{EucDist}} / 100 \right) + 1 \quad (2)$$

Edellistä kaavaa käyttämällä uuteen rasteriin tuli myös NoData-arvoja, eli soluarvoja joita ei voitu laskea. Tämä tapahtui siitä syystä, että Raster Extent -alueeseen kuuluu myös osa Ruotsia ja sieltä ei ole SpreadLoss-arvoja. Myös tieaineiston soluissa EucDist-arvo on nolla, joten kaava yrittää jakaa nolllalla ja siitä ei saada tulosta. Ongelma korjattiin Rasterilaskimella (Raster Calculator) ja saatiin uusi rasteritaso VegeCostNoNull seuraavalla kaavalla:

$$\text{Con}(\text{IsNull}(\text{''VegeCost''}), 1, \text{''VegeCost''}) \quad (3)$$

Seuraavaksi suoritettiin toinen Path Distance -työkalulla tehtävä mallinnus, jossa käytettiin Tiet_Yhdistetty.shp-tiedoston, EucDistR-rasterin ja Raster Extent -rajauksen lisäksi myös Input Cost -rasterina VegeCostNoNull. Tulokseksi saatu

PathDist2-rasteri käytettiin lopuksi Minus-työkalussa, jossa PathDist1-rasteri vähennettiin PathDist2-rasterista. Tulokseksi saatiin VegeLoss-rasteri, joka kuvaa kasvillisuuden aiheuttamaa meluhäviötä desibeleissä. Tulorasteri on esitetty kuviossa 15.



Kuvio 15. Kasvillisuuden meluhäviötä kuvaava VegeLoss-rasteri.

6.5 Kasvillisuuden vaimentava vaikutus

Kasvillisuuden meluhäviötä kuvaavan VegeLoss-rasterin valmistuttua voitiin siirtä viimeiseen analyysivaiheeseen. Tavoitteena oli vähentää VegeLoss-rasterin kasvillisuuden vaikutusta kuvaavat soluarvot ensimmäisen analyysin meluvyöhykkeiden soluarvioista. Sitä varten ensimmäisen analyysin meluvyöhykkeitä tuli muokata siten, että 30 dB, 35 dB ja 40 dB -meluvyöhykkeille annettiin koko rasterin melutasoa kuvaava keskiarvo jokaiselle rasterin solulle. Vähennettäessä VegeLoss-arvot melutason keskiarvosta saadaan todenmukaisempia arvoja kuin vähennettäessä niitä melutason reuna-aluetta kuvaavasta arvosta. Rasterien arvot muutettiin Raster Calculator toiminnolla käyttämällä seuraavia funktiota:

Con("Meluvyohyke30dB" >= 0,32.5,"Meluvyohyke30dB") (4)

Con("Meluvyohyke35dB" >= 0,37.5,"Meluvyohyke35dB") (5)

Con("Meluvyohyke40dB" >= 0,42.5,"Meluvyohyke40dB") (6)

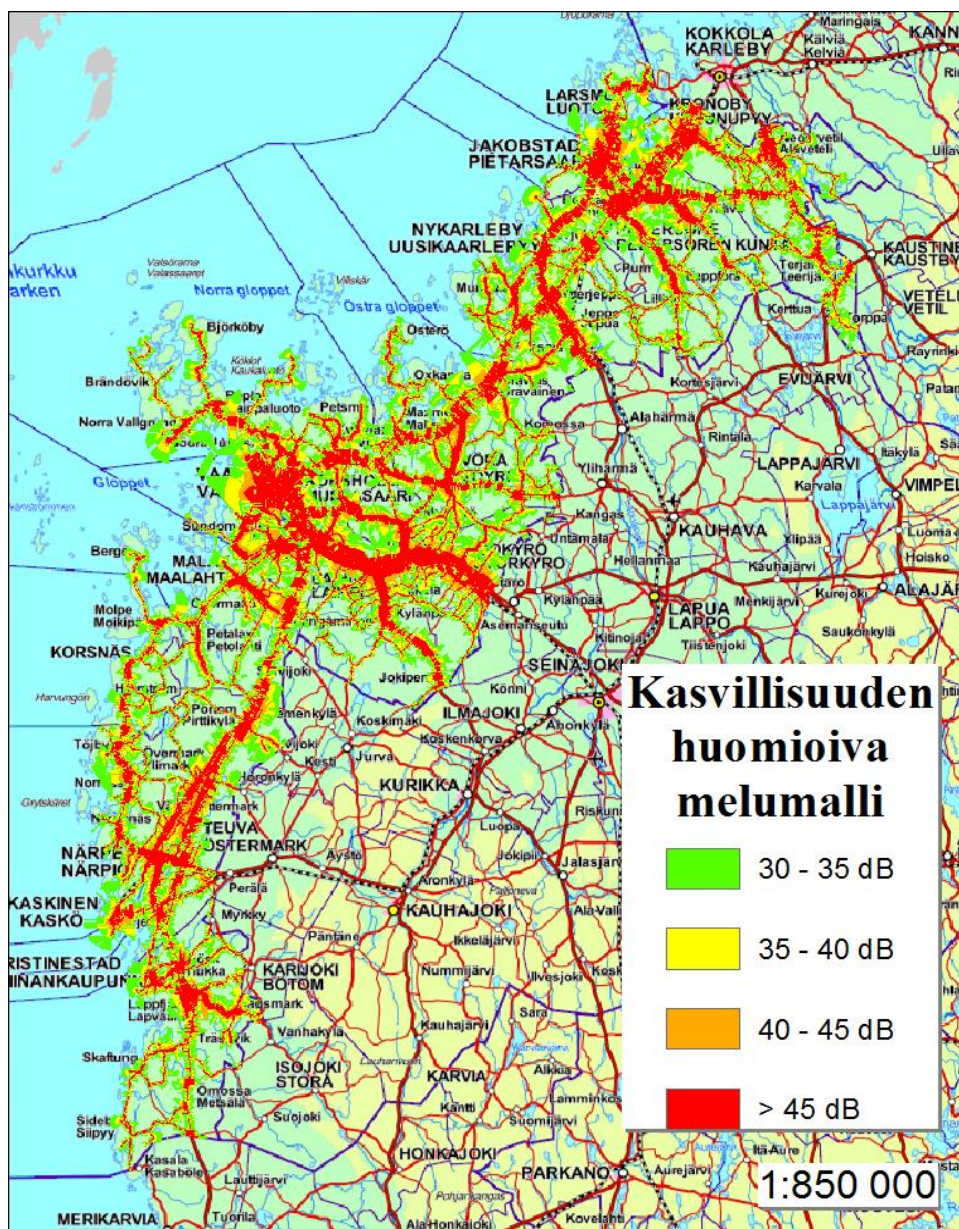
Con("Meluvyohyke45dB" >= 0,55,"Meluvyohyke45dB") (7)

Meluvyöhykkeiden entiset ja uudet melutaso arvot on lueteltu taulukossa 10. Meluvyohyke45dB-rasterille annettiin keskiarvon sijaan 55 dB:n arvo, sillä sen melutason vaihteluväli on arviolta 45 – 80 dB.

Taulukko 10. Meluvyöhyke-rasterien muutetut melutasot.

Rasteri	Melutaso	Uusi melutaso
Meluvyohyke30dB	30 dB	32.5 dB
Meluvyohyke35dB	35 dB	37.5 dB
Meluvyohyke40dB	40 dB	42.5 dB
Meluvyohyke45dB	45 dB	55 dB

Kun meluvyöhykkeiden arvot oli saatu muutettua, niin ne yhdistettiin yhdeksi rasteriksi käyttämällä Cell Statistics -työkalua, jolla valittiin jokaisesta solusta suurin arvo. Yhdistetyt meluvyöhykkeet nimettiin Meluarvomalli-rasteriksi. Meluarvomalli-rasterista vähennettiin Minus-työkalulla VegeLoss-rasterin soluarvot. Tulokseksi saatiin lopullinen Melumalli-rasteri. Tulorasteri on näkyvillä kuviossa 16.



Kuvio 16. Kasvillisuuden vaikutuksen huomioiva melumalli.

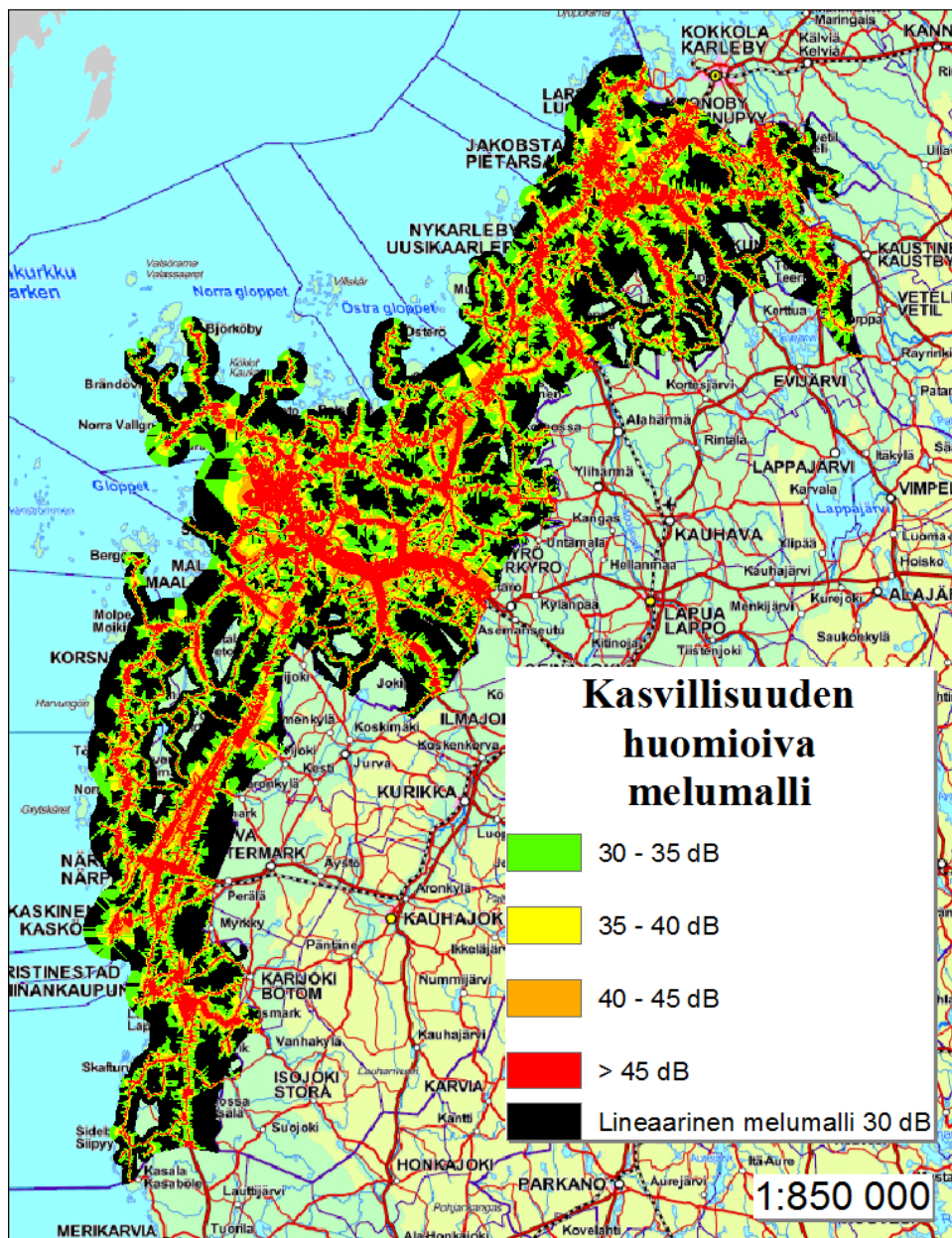
6.6 Selvityksen tulokset

Uuden kasvillisuuden huomioivan melumallin melun leviämisen etäisyyksiä verrattiin Uudenmaan liiton hiljaisten alueiden selvityksessä esitetuille metsäisen alueen melun leviämisen etäisyyden arvoihin. Heidän käyttämänsä arvot näkyvät taulukossa 11, jossa 40 dB ja 100 km/h -arvot ovat kuitenkin ilmoitettu väärin. Niitä ei huomioida tämän melumallinnuksen etäisyyksien mittauksissa.

Taulukko 11. Melutasovyöhykkeet metsäisen maaston olosuhteissa, Uudenmaan liitto. /33, s. 14/

KVL	Melutasovyöhykkeet (metriä)							
	45 dBA		40 dBA		35 dBA		30 dBA	
	80 km/h	100 km/h	80 km/h	100 km/h	80 km/h	100 km/h	80 km/h	100 km/h
250	41		68		103		151	
500	56		88		130		195	
1000	74		112		165		355	
2500	103	122	151	122	290	450	750	1100
5000	130	154	195	154	520	780	1250	1800
10000		205		205		1300		2850
20000		370		370		2100		4400

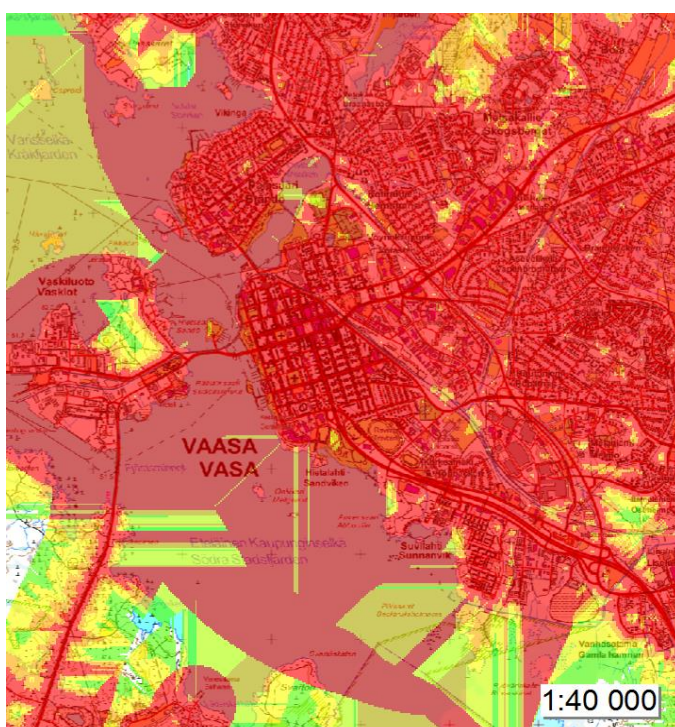
Etäisyysmittausten jälkeen huomattiin, että meluvyöhykkeiden etäisyydet ovat muuttuneet suurin piirtein yhtä paljon, kuin Uudenmaan liiton selvityksessä Kuopion yliopiston melulaboratorion ilmoittamissa taulukoissa. Eriäviin etäisyysarvoihin vaikuttaa se, ettei ole tietoa onko kyseessä lehti- vai havumetsä, josta metsäisen maaston melutasovyöhykkeet on muodostettu. Tästä huolimatta voitiin olettaa, että uudet kasvillisuuden huomioivat meluvyöhykkeet kuvaavat todenmukaisia arvoja. Kuviossa 17 nähdään kasvillisuuden huomioivan menetelmän mahdollistava uusien potentiaalisten hiljaisten alueiden synty. Musta alue kuvaa lineaarista aukean maaston 30 dB:n meluvyöhykettä eli tässä tapauksessa alle 30 dB:n meluarvoja ja potentiaalisia hiljaisia alueita. Vihreä alue kuvaa 30 – 35 dB:n meluarvoja, jotka myös ovat potentiaalisia hiljaisia alueita.



Kuvio 17. Lineaarinen 30 dB:n melumalli sekä uudet meluvyöhykkeet.

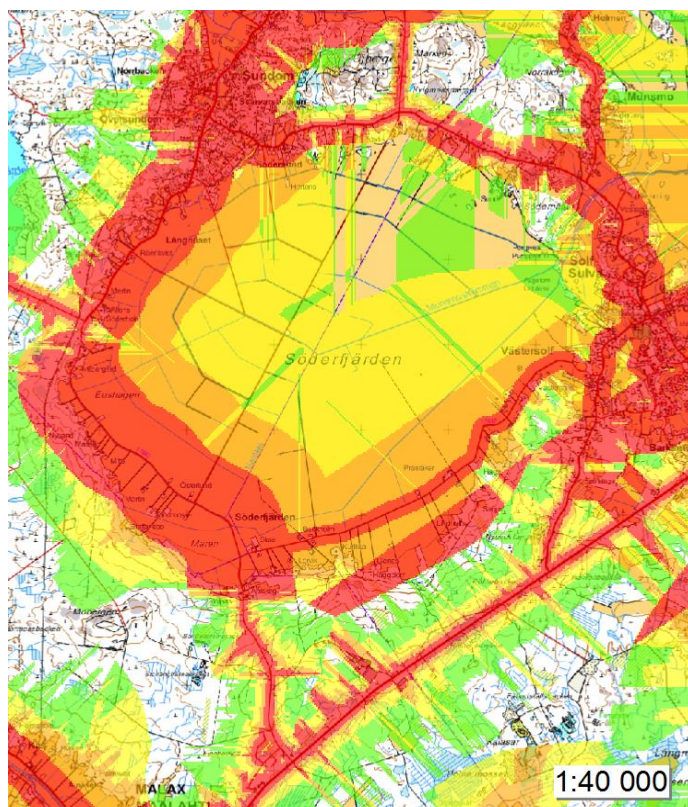
Tarkastelemalla meluvyöhykkeiden pinta-aloja huomattiin, että kasvillisuuden huomioivalla menetelmällä voidaan löytää lineaarisen melumallin alueelta yhteensä noin 3 883 km² alle 30 dB:n melutason potentiaalisia hiljaisia alueita, joka vastaa noin 49 % lineaarisen melumallin pinta-alasta, joka on yhteensä noin 7 915 km². Alle 35 dB:n melutason potentiaalisia hiljaisia alueita löydettiin lineaarisen melumallin alueelta noin 2 826 km², joka vastaa noin 48 % lineaarisen melumallin pinta-alasta, joka on yhteensä noin 5 929 km².

Karttatasosta otettiin myös kuvia, jotka havainnollistavat melun käyttäytymistä eri maanpeitteissä. Kuvio 18 havainnollistaa melun käyttäytymistä kaupunkiympäristössä. Rajaus on otettu Vaasan kaupungin keskustasta ja meluvyöhykkeistä nähdään, ettei urbaani alue juurikaan vaimenna melua. Se johtuu siitä, että urbaanin alueen SpreadLoss-arvo on 0. Melumallinnus ei huomioi taloja ja rakennelmia, jotka todellisuudessa vaimentavat melua. Kaupunkimetsien melua vaimentavaa vaikutusta on havaittavissa Vaskiluodon kuntoradalla, Gerbyn lahden pohjoispuolella sekä Liisanlehdon alueella.



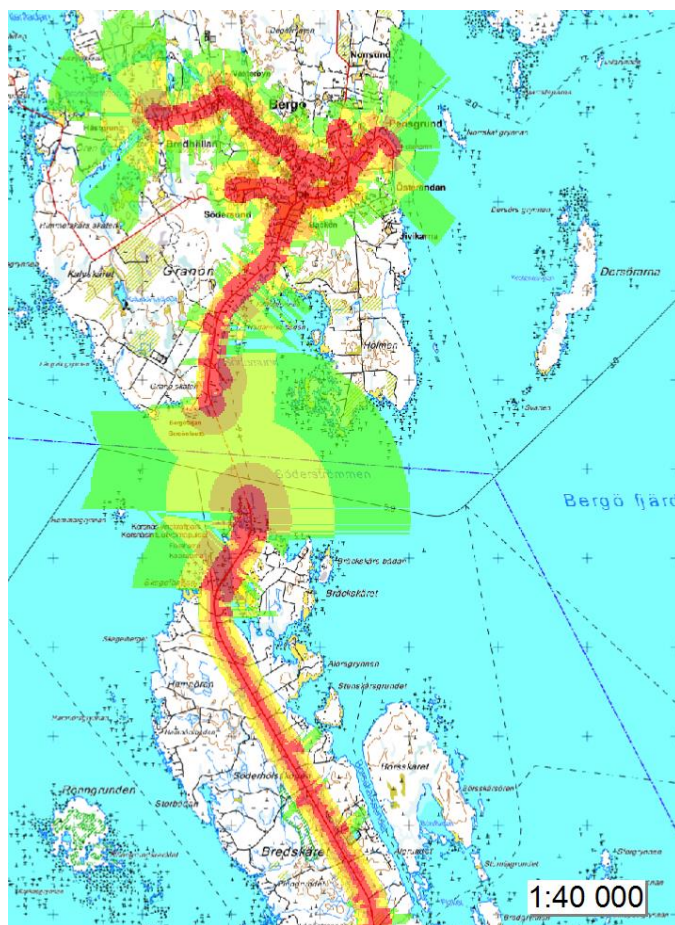
Kuvio 18. Melun käyttäytyminen kaupunkialueella.

Kuviossa 19 nähdään melun käyttäytymistä laajalla yhtenäisellä peltoalueella. Rajaus on otettu Söderfjärdeniltä Sundomista. Melu ei juurikaan vaimene teillä, jotka kulkevat pellon alueella, mutta Söderfjärdenin pohjoispuolella voidaan nähdä pienen metsävyöhykkeen vaikutus, joka vaimentaa melua huomattavasti.



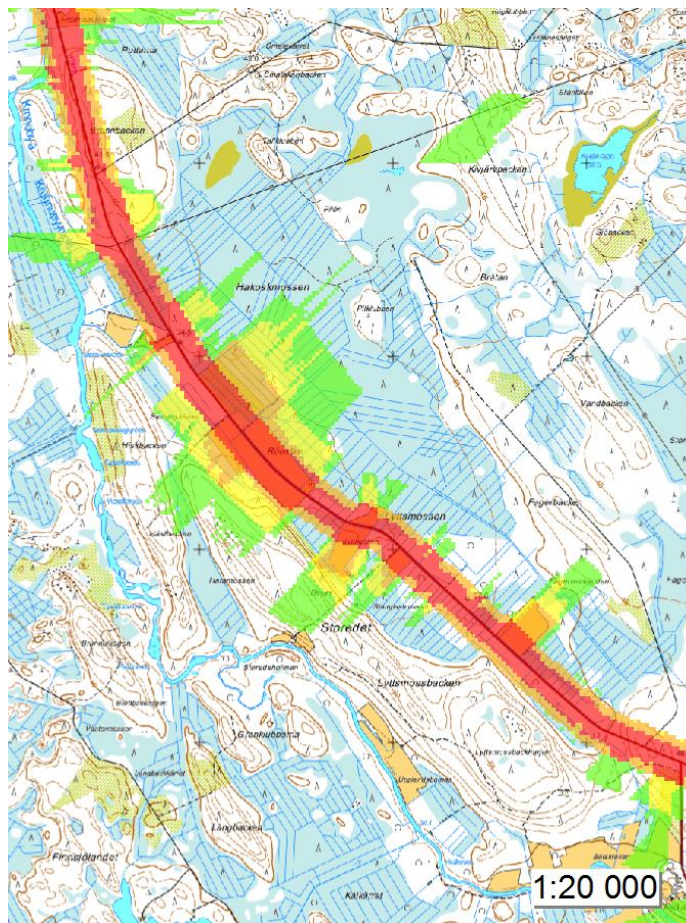
Kuvio 19. Melun käyttäytyminen peltoalueella.

Kuvio 20 havainnollistaa melun käyttäytymistä rannikko- ja saaristoalueella. Rajaus on otettu Bergön ja Bredskäretin saarilta sekä niiden väliseltä lossireitiltä. Kuvasta huomataan, kuinka sisämaan metsäiset alueet vaimentavat melua tehokkaasti, mutta kun tie tulee rannikolle, niin melu leviää lineaarisesti ilman vaimentumista. Meluvyöhykkeistä näkee selkeästi kohdat, joista on näköyhteys tieltä vesistöön.



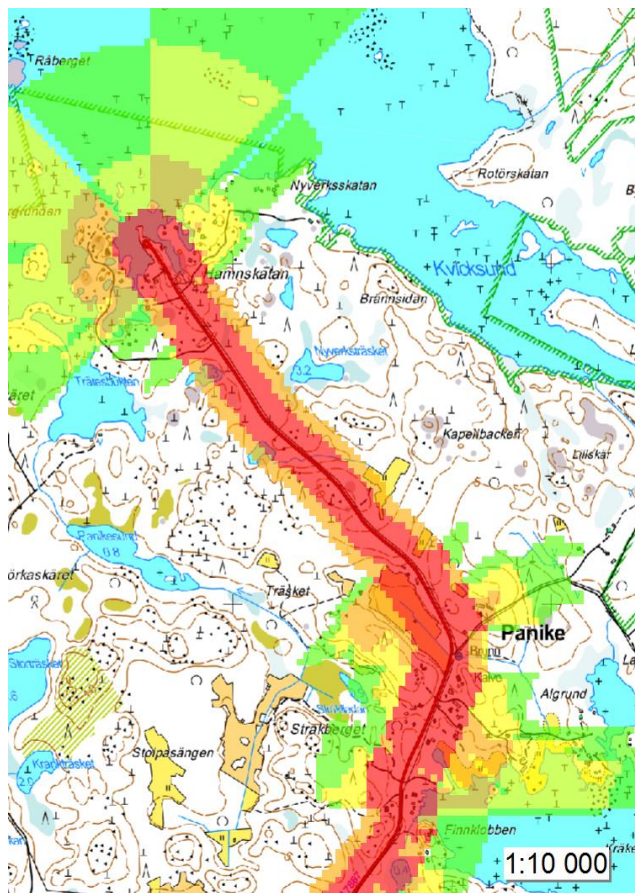
Kuvio 20. Melun käyttäytyminen rannikko- ja saaristoalueella.

Kuvio 21 havainnollistaa melun käyttäytymistä vaihtelevan metsäisen suoalueella. Rajaus on otettu suoalueelta noin 19 km Kruunupyystä kaakkoon Hakosklossen nevalta. Suoalueiden vaikutusta melun leviämiseen on vaikea arvioida, sillä tutkimamme tiet eivät ole suoraan yhteydessä suoalueisiin vaan niissä on yleensä metsäinen vyöhyke ennen suota. Kuvasta nähdään, että suoalueilla melu vaimenee huomattavasti vähemmän metsäiseen alueeseen verrattuna.



Kuvio 21. Melun käyttäytyminen vaihtelevan metsäisellä suoalueella.

Kuvio 22 kuvastaa melun käyttäytymistä metsäisellä alueella. Rajaus on tehty Raippaluodosta Panikentieltä, joka päättyy rannikolle. Kuvasta nähdään, että metsäinen alue vaimentaa melua hyvin tehokkaasti. Tien päättyessä rannikkoon melu jatkaa lineaariseen tapaan leviämistä.



Kuvio 22. Melun käyttäytyminen metsäisellä alueella.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Lineaarisen meluvyöhykkeen alueelta löydettiin lopulta 3 883 km² eli 49 % alle 30 dB:n potentiaalisia hiljaisia alueita ja 2 826 km² eli 48 % alle 35 dB:n potentiaalisia hiljaisia alueita verrattuna koko lineaarisen meluvyöhykkeen pinta-alaan. Kasvillisuuden huomioivalla analyysillä voidaan siis löytää merkittävästi enemmän potentiaalisia hiljaisia alueita kuin pelkällä aukean maaston lineaarisella meluvyöhykemallinnuksella.

Mallinnuksessa ei käytetty mitään Pohjanmaan alueelta mitattuja desibeliarvoja, joiden avulla tuloksia olisi voinut todentaa paremmin. Jos maakunnasta olisi ollut laaja-alaisia melumittauksia, niin niiden avulla olisi saatu tarkempia meluarvoja kuvaavia tuloksia. Laajoja mittauksia on kuitenkin hankala toteuttaa maakunnan kokoisella alueella.

Tieaineiston meluetäisyyksien mallintaminen Euclidean Distance -työkalulla oli aikaa vievää sekä tietokonetta kuormittava prosessi. Kun monta analyysiä laitettiin jonoon peräkkäin, niin ArcMap-ohjelma saattoi ylikuormittua ja kaatua. Tästä syystä oli erityisen tärkeää tallentaa työtilaa aina kun pystyi, erityisesti silloin kun analyysin rasteritaso tuli valmiiksi. Ulostulorasterien nimeäminen ennen analyysin aloittamista myös saattoi sekoittaa työkalua, joten oli usein parasta suorittaa analyysit työkalun ehdottamalla rasterinimellä.

SPreAD-GIS:in ohjelmakoodista saadut SpreadLoss-arvot olivat samat, jota käytettiin Jönköpingin läänin selvityksessä sekä tässä Pohjanmaan liiton selvityksessä. SpreadLoss arvo kuvaa, kuinka paljon solu vähentää melun etenemää matkaa. Erona oli, että SPreAD-GIS käyttää 30.48 m (100 ft) solukokoa, Jönköping 10 m ja tämä selvitys 20 m. Tämä seikka voi vaikuttaa tulosten paikkansapitävyyteen.

Melumallinnuksessa ei huomioitu maanpinnan korkeusvaihtelua, eli topografiaa eikä suuresti liikennöityjen teiden meluesteitä. Ne oletetusti vaimentavat melua, joten niiden vaikutusta olisi hyvä huomioida melumallinnuksissa jotta saataisiin todenmukaisempia tuloksia. Toisaalta meluesteet ovat usein rakennettu alueille jossa on asutusta ja asutusalueet eivät sovi hiljaisten alueiden kriteereihin.

LÄHTEET

- /1/ Äänen ominaisuuksia. 2016. Gyprocin verkkosivut. Viitattu 19.4.2016.
<http://www.gyptone.fi/akustiikka/akustiikan+k%C3%A4sitteit%C3%A4/%C3%A4%C3%A4nen+ominaisuuksia>
- /2/ Työterveyslaitos. 2015. Melun mittaaminen. Työterveyslaitoksen verkkosivut. Viitattu 4.5.2016.
http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/melu/melun_mittaaminen/sivut/default.aspx
- /3/ Digiroad tietolajien kuvaus v. 1.0. 2015. Liikenneviraston verkkosivut. Viitattu 26.4.2016.
http://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/38174/Digiroad_2_tietosis%C3%A4lt%C3%B6kuvaus.pdf/4d98ee40-f3f8-46ed-8d80-2520ecbb23e0
- /4/ Esri Finland. Viitattu 26.4.2016. <http://www.esri.fi/>
- /5/ Esri. 2008. What is raster data? Esrin verkkosivut.
http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=What_is_raster_data%3F
- /6/ ArcGIS Online Help. 2016. Shapefiles. ArcGIS verkkosivut. Viitattu 4.5.2016. <https://doc.arcgis.com/en/arcgis-online/reference/shapefiles.htm>
- /7/ Peruskarttarasteri. 2016. Maanmittauslaitoksen peruskartta kapsi.fi verkkosivuilla. Viitattu 8.4.2016. <http://kartat.kapsi.fi/>
- /8/ Karvinen, P., A., Savola, A. 2004. Hiljaisuuden keitaat Satakunnassa. Suomen ympäristö 691. Helsinki. Edita Prima Oy.
- /9/ Pohjanmaan liitto. 2016. Jäsenkunnat. Viitattu 6.4.2016
<http://www.obotnia.fi/tietoa-liitosta/jasenkunnat/>
- /10/ Riihimäki, M. 2014. Pohjanmaa lukuina. Viitattu 6.4.2016.
<http://www.obotnia.fi/assets/1/Publikationer/Pohjanmaa-lukuina2014-web.pdf>
- /11/ Tilastokeskus. 2016. Ennakkoväkiluku. Viitattu 6.4.2016.
http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_vrm_vamuu/005_vamuu_tau_101.px/table/tableViewLayout1/?rxid=8b41d792-7a23-4631-9c07-844944d8a80f
- /12/ Pohjanmaan kunnat. 2016. Kartta Pohjanmaan liiton verkkosivuilla. Viitattu 7.4.2016. <http://www.obotnia.fi/etusivu/>
- /13/ Panu, J. 1982. Maisemarakenne. Arkkitehtiutiset 4/82.
- /14/ Panu, J. 1982. Asu rinteessä – viljele pellolla. Arkkitehtiutiset 7/82.

- /15/ Rautamäki, M. 1989. Maisema rakentamisen perustana. Selvitys 2/1989. Ympäristöministeriö, kaavoitus- ja rakennusosasto.
- /16/ Bonn, C. 1997. Maankohoaminen Merenkurkussa. Vaasa. Oy Kauppapaino.
- /17/ Pohjanmaan liitto. 2016. Organisaatio. Viitattu 6.4.2016. <http://www.obotnia.fi/tietoa-liitosta/organisaatio/>
- /18/ Pohjanmaan liitto. 2014. Tehtävämme. Viitattu 6.4.2016. <http://www.obotnia.fi/tietoa-liitosta/tehtavamme/>
- /19/ Pohjanmaan liitto. 2016. Mitä on kaavoitus? Viitattu 14.4.2016. <http://www.obotnia.fi/aluesuunnittelu/maakuntakaavoitus/mita-on-kaavoitus/>
- /20/ Pohjanmaan liitto. 2016. Maakuntakaavoitus. Viitattu 14.4.2016. <http://www.obotnia.fi/aluesuunnittelu/maakuntakaavoitus/>
- /21/ Pohjois-Pohjanmaan liitto. 2016. Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavan uudistaminen 3. vaihemaakuntakaava. Osallistumis- ja arviointisuunnitelma 18.1.2016. Viitattu 16.5.2016. <http://www.pohjois-pohjanmaa.fi/file.php?3847>
- /22/ Pohjanmaan liitto. 2016. Pohjanmaan maakuntakaava 2030. Viitattu 30.4.2016. <http://www.obotnia.fi/aluesuunnittelu/maakuntakaavoitus/osterbottens-landskapsplan-2030-fi-fi/>
- /23/ Maakuntakaavoitus. 2016. Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. Viitattu 30.4.2016. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma/Maakuntakaavoitus
- /24/ Pohjanmaan liitto. 2016. Pohjanmaan maakuntakaava 2040. Viitattu 30.4.2016. <http://www.obotnia.fi/aluesuunnittelu/pohjanmaan-maakuntakaava-2040/>
- /25/ Mussalo-Rauhamaa, H., Paile, W., Tuomisto, J. & Vuorinen, H. 2007. Ympäristöterveys. 1. painos. Helsinki. Duodecim.
- /26/ Lyytimäki, J. & Hakala, H. 2008. Ympäristön tila ja suojele Suomessa. uud. painos. Helsinki. Gaudeamus.
- /27/ Jauhiainen, T. 2009. Ympäristömelun haittojen yhteiskunnallinen merkitys. Suomen ympäristö 6/2009. Helsinki. Edita Prima Oy.
- /28/ Ympäristöministeriö. 2007. Valtioneuvoston periaatepäätös meluntorjunnasta. Ympäristöministeriön raportteja 7/2007. Ympäristöministeriö. Viitattu 8.1.2016. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41509/YMra_7_2007_Vnp_meluntorjunnasta.pdf?sequence=1

- /29/ Heinonen-Guzejev, M. & Vuorinen, H. 2009. Liikennemelun terveystu-
kutusten tutkiminen. Suomen ympäristö 5/2009. Helsinki. Edita Prima Oy.
- /30/ Ympäristöministeriö. 2004. Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja
toimintaohjelma. Suomen ympäristö 696. Ympäristöministeriö. Viitattu 7.1.2016.
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40452/SY_696.pdf
- /31/ Lyytimäki, J. 2006. Unohdetut ympäristöongelmat. Helsinki. Gaudeamus.
- /32/ Pesonen, K. 2004. Hiljaiset alueet Hiljaisuuteen vaikuttavat tekijät ja hil-
jaisuuden kriteerit. Suomen ympäristö 738. Helsinki. Edita Prima Oy.
- /33/ Uudenmaan liitto. 2007. Hiljaisuus ja hiljaisten alueiden tarkastelua Uu-
dellamaalla. Viitattu 10.4.2016.
[http://www.uudenmaanliitto.fi/files/6207/Hiljaisuus_ja_hiljaisten_alueiden_tarkas-
telua_Uudellamaalla_E_88.pdf](http://www.uudenmaanliitto.fi/files/6207/Hiljaisuus_ja_hiljaisten_alueiden_tarkas-
telua_Uudellamaalla_E_88.pdf)
- /34/ Jäntti, A. 2013. Hiljaiset alueet Keski-Suomessa. Keski-Suomen liitto. Vii-
tattu 1.5.2016. http://www.keskisuomi.fi/filebank/23911-hiljaiset_alueet.pdf
- /35/ L 527/2014. Ympäristönsuojelulaki. Säädös säädöstietopankki Finlexin
sivuilla. Viitattu 27.3.2016. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527>
- /36/ L 801/2004. Valtioneuvoston asetus Euroopan yhteisön edellyttämistä me-
luselvityksistä ja meluntorjunnan toimintasuunnitelmista. Säädös säädöstieto-
pankki Finlexin sivuilla. Viitattu 28.3.2016.
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2004/20040801>
- /37/ Ympäristöministeriö. 2013. Valtioneuvoston periaatepäätöksen ja valta-
kunnallisen toimintaohjelman toteutumista meluntorjunnassa selvittäneen työ-
ryhmän raportti. Ympäristöministeriön raportti. Ympäristöministeriö. Viitattu
17.4.2016. [http://www.ymp.fi/fi-
FI/Ajankohtaista/Tyoryhma_ymparistomelulle_altistuminen_e\(28333\)](http://www.ymp.fi/fi-
FI/Ajankohtaista/Tyoryhma_ymparistomelulle_altistuminen_e(28333))
- /38/ Antikainen, H., Kortsalo, P. 2012. Johdatus ArcGIS® 10 -ohjelmiston
käyttöön. Maantieteen laitos, Oulun yliopisto. Viitattu 26.4.2016.
https://noppa oulu.fi/noppa/kurssi/790101p/materiaali/790101P_johdatus_arcgis_10-ohjelmiston_kayttoon.pdf
- /39/ Reed, S.E., Boggs, J.L., Mann, J.P. 2010. SPreAD-GIS: an ArcGIS
toolbox for modelling the propagation of engine noise in a wildland setting. Ver-
sion 2.0. The Wilderness Society, San Francisco, CA. Viitattu 25.4.2016.
<http://warnercnr.colostate.edu/~sereed/publications/ReedBoggsMann2010.pdf>
- /40/ WSP Finland Oy. 2007. Jyväskylän hiljaiset alueet – Laskennallinen selvi-
tys suhteellisen hiljaisten ja meluttomien alueiden sijoittumisesta. Viitattu
30.4.2016.
http://www2.jkl.fi/kaavakartat/viherosayleiskaava/jkl_hiljaiset_alueet_2007.pdf

- /41/ Jönköpings län. 2015. Ostörda områden – Var finns de? Viitattu 12.4.2016.
<http://www.lansstyrelsen.se/jonkoping/SiteCollectionDocuments/Sv/publikationer/2015/2015-01.pdf>
- /42/ ETRS-TM35FIN. 2016. Maanmittauslaitoksen verkkosivut. Viitattu 10.4.2016.
<http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/koordinaattikorkeusjarjestelmat/karttaprojektiot-tasokoordinaatistot/tasokoordinaatistot/etrs>
- /43/ Digiroad Pohjanmaa. 2016. Liikenneviraston latauspalvelu. Viitattu 8.4.2016. <https://extranet.liikennevirasto.fi/extranet/web/public/latauspalvelu>
- /44/ CORINE maanpeite 2012. 2014. Suomen ympäristökeskus SYKE metatieto-latauspalvelu. Viitattu 22.4.2016.
<http://metatieto.ymparisto.fi:8080/geoportal/catalog/search/resource/details.page?uuid=%7bD54C552F-F7F7-489B-8B1E-E093D93C7386%7d>