

LAAJOJEN DIREKTIIVIN MUKAISIEN MELUSELVITYKSIEN TOTEUTTAMINEN SEKÄ HOTSPOT-ANALYYSIN HYÖDYNTÄMINEN MELUNTORJUNNAN SUUNNITTELUSSA

Jarno Kokkonen

Sito Oy
Tuulikuja 2
02100 Espoo
Jarno.Kokkonen@sito.fi

Tiivistelmä

EU:n ympäristömeludirektiivin [1] tavoitteena on ehkäistä tai vähentää ympäristömelulle altistumisen haittoja sekä saada jäsenvaltioiden melutasoista vertailukelpoista tietoa. Tässä artikkelissa käydään läpi vuoden 2012 EU-meluseelvityksiä sekä havaintoja liittyen maastomallien tuottamiseen sekä melulaskentojen suorittamisesta. Lisäksi tarkastellaan HotSpot-analyysin hyödyntämistä meluntorjuntakohteiden kartoittamisessa.

1 JOHDANTO

EU:n ympäristömeludirektiivin [1] voimaan tulon jälkeen Suomessa toteutettiin vuosina 2007–2008 niin kutsutut ensimmäisen vaiheen meluseelvitykset sekä meluntorjunnan toimintasuunnitelmat. Ensimmäisessä vaiheessa meluseelvitykset tehtiin yli 250 000 asukkaan väestökeskittymistä, vilkkaimmin liikennöidyistä maanteista (750 km) ja rautateista sekä Helsinki–Vantaan ja Helsinki–Malmien lentoasemista. Kaupungeista vain Helsingin kaupunki oli ensimmäisellä kierroksella selvitysvelvollinen.

Vuosina 2010–2012 toteutetuissa toisen kierroksen meluseelvityksissä olivat mukana yli 100 000 asukkaan väestökeskittymät, maantiet joiden liikennemäärä on yli 3 miljoonaa ajoneuvoa vuodessa, rautatiet joiden liikennemäärä on yli 30 000 junaa vuodessa sekä lentoasemat joilla on yli 50 000 operaatiota vuodessa.

Toisen kierroksen väestökeskittymistä oli mukana pääkaupunkiseutu (Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen), Turku, Tampere, Lahti ja Oulu. Selvitettäviä maanteita on edellä mainittujen kaupunkien ulkopuolella noin 1 800 kilometriä ja rautateitä noin 170 kilometriä. Lentoasemista selvitys tehdään Helsinki–Vantaasta erikseen sekä Helsinki–Malmista osana Helsingin kaupungin meluseelvitystä. Pääkaupunkiseudun tie-, katu- ja junaliikenteen meluseelvityksestä sekä direktiivikaupunkien ulkopuolisten maanteiden meluseelvityksestä vastasi Sito oy. Pääkaupunkiseudun ja maanteiden meluseelvitykset ovat suurimmat Suomessa tehdyt meluseelvitykset.

Melutarkastelu tehtiin erikseen kullekin melulähdetyypille. Laskennat tehtiin 2 m korkeudella kansallisella L_{Aeq} suureella sekä 4 metrin korkeudella vuorokausimelutasolle L_{den} ja yömelutasolle L_n 4 metrin korkeudella. Laskennoissa tuotettiin melunleviämiskuvat sekä julkisivumelutasolaskentoihin perustuvat asukaslaskennat.

Melutilanteen kartoittamisen lisäksi direktiivi velvoittaa tekemään meluntorjunnan toimintasuunnitelmat. Toimintasuunnitelmassa esitetään muun muassa lyhyen ja pitkän ajan suunnitelma meluntorjuntatoimista ja niiden arvioituista vaikutuksista melulle altistuvien asukkaiden määrään. Lisäksi käsitellään toimenpiteiden vaatimaa rahoitusta ja vuorovaikutusta.

Siton tekemässä Liikenneviraston toimintasuunnitelmassa on tarkasteltu aluetta, joka kattaa 2080 kilometriä maantietä ja 375 kilometriä rautatietä. Toimintasuunnitelman laatiminen alkoi kesäkuussa 2012 ja se valmistuu toukokuussa 2013.

Toisen vaiheen jälkeen meluselvitykset ja meluntorjunnan toimintasuunnitelmat on tarkistettava joka viides vuosi kaikista direktiivin mukaisista väestökeskittymistä, pääväylistä ja lentoasemista.

2 DIREKTIIVIN MUKAISIEN MELUSELVITYKSIEN TOTEUTTAMINEN MAANTEILLÄ SEKÄ PÄÄKAUPUNKISEUDULLA

EU:n ympäristömeludirektiivin tavoitteita ja melun tunnuslukuja L_{den} ja L_{Aeq} on esitelty esimerkiksi Liikenneviraston maanteiden meluselvitysraportissa [2].

2.1 Liikenneviraston maanteiden meluselvitys

Maanteiden meluselvityksen melumalli koostuu 53 laskenta-alueesta ympäri Suomea. Laskenta-alueiden yhteispinta-ala on noin 5500 km². Kolme kilometriä leveä maastomalli on pääosin muodostettu MML-laserkeilausaineiston ja maastotietokannan avulla. Meluesteet ja tien keskiliinjat on digitoitu laserkeilausaineistosta, sekä tarvittaessa mitattu maastossa. Tien reunaviivat on muodostettu sovittamalla maanpintamalli tieobjektiin.

Rakennusten korkeudet on määritetty suodatetusta laserkeilausaineistosta. Suodatuksessa on poistettu kasvillisuus ja maanpintapisteet jolloin saadaan tarkasti määritettyä rakennuksen keskimääräinen korkeus. Niiden rakennuksien joilta puuttui korkeustieto, esim. puuston takia, korkeustietona käytettiin rakennusluokkaan perustuvaa tilastollista mediaani korkeutta. Rakennusten kivijalan korkeus määritettiin kulmapisteiden keskiarvona. Kovat alueet digitoitiin ilmakuvien perusteella. Asukastiedot yhdistettiin rakennuksiin ArcGIS paikkatietoohjelmalla.

Liikennetiedot on muodostettu tierekisterin ja LAM-pisteiden avulla. Alueelliset vaihtelut raskaan liikenteen päivä-, ilta- ja yöjakaumissa olivat suuria, joten yleisiä jakaumatietoja ei voitu käyttää.

Maastomallin tarkkuus on optimoitu melumallin kannalta siten, että se on sopivan tarkka eikä turhia yksityiskohtia ole. Tällöin maanpintamallin kolmioverkko ei ole liian tiheä, eikä laskennallinen vaativuus aseta merkittäviä rajoituksia laskenta-asetuksien suhteen. Laskennat voitiin suorittaa koko Suomessa samoilla asetuksilla, eikä esim. laskenta-sädetä tarvinnut optimoida laskentatilanteen mukaan.

2.3 Pääkaupunkiseudun meluselvitys

Kaupungeilta saatiin lähtötiedoiksi maastoaineisto, joka sisälsi korkeuskäyrät, teiden reunaviivat, tielinjat, jyrkänteet, rakennukset, vesialueet ja meluesteet. Helsingin osalta

hyödynnettiin myös edellisen kierroksen melumalli aineistoa. Laskenta-alueiden yhteispinta-ala oli noin 926 km².

Lähtötietona saatua maastomallia muokattiin huomattavasti melulaskentaohjelmalla ennen kuin se oli melulaskentojen kannalta hyväksyttävässä kunnossa. Vaikka maastomallin muokkaamiseen käytettiin merkittävä työmäärä, niin sen tarkkuus ei ole samaa luokkaa maanteiden maastomallin kanssa. Lisäksi maastomalli on huomattavasti raskaampi.

Teiden keskiviivat saatiin murtoviivoina, joihin oli osittain sisällytetty liikennetiedot. Liikennetiedot sisältävä aineisto oli vaakageometrialtaan epätarkka, joten se digitointiin paikalleen teiden reunaviivojen mukaan. Korkeus teille saatiin pudottamalla liikennetiedot sisältävät keskilinjat maaston päälle.

Tieliikennetiedot saatiin kaupungilta ja niille tehtiin katuluokkien perusteella päivä- /ilta-/yö- jakaumat sekä raskaan liikenteen osuudet. Kadut, joissa raskaan liikenteen osuudet olivat poikkeuksellisen suuret, käytettiin tarkkoja raskaan liikenteen osuuksia. Rataliikennetiedot muodostettiin VR:ltä saaduista raidekohtaisista liikennetiedoista. Junien nopeutena käytettiin suurinta sallittua nopeutta joka huomioi radan ja kaluston rajoitukset sekä asemilla pysähtymiset.

2.4 Melulaskennat

Melumallinnuksessa käytettiin yhteispohjoismaisia tie- ja rautatieliikennemelun laskentamalleja. Tieliikennemelun vyöhykkeet sekä kaikki julkisivumelulaskennat ja asukaslaskennat tehtiin Datakustik CadnaA 4.1 XL 64bit -ohjelmalla. Rautatieliikennemelun vyöhykkeet laskettiin SoundPlan 7.1 -ohjelmalla.

Tärkeimmät laskenta-asetukset olivat seuraavat:

- Laskentaruudukon koko 10 x10 metriä. Jokainen ruutu laskettiin ilman interpolointia
- Julkisivulaskennassa pisteväli 1–5 metriä. Vaihtelee julkisivukohtaisesti riippuen rakennuksen muodosta ja koosta
- Laskentasäde 2000 – 2500 metriä
- Laskennassa mukana 1. kertaluvun heijastukset
- Kukin melulähde yksittäisenä emissioviivalähteenä, mäkikorjaus huomioiden
- Heijastustason määrittelyssä suurin sallittu poikkeama 1 metri
- Sää- ja nastarengaskorjausta ei käytetty

Pääkaupunkiseudun maanteillä laskentasäteenä käytettiin 3000 metriä. Muilta osin laskenta-asetukset olivat maanteiden selvityksen kanssa yhtenevät.

Melulaskennat suoritettiin erityisesti melulaskentojen varten hankitulla tehotyöasemalla, jossa on kaksi tehokasta 6-ydinprosessoria (Xeon x5680). Varsinaiset lopulliset melulaskennat ajoittuivat marraskuun 2011 ja tammikuun 2012 väliselle ajalle.

Espoon, Vantaan ja Helsingin kaikkien tilanteiden laskenta-ajat vaihtelivat 8-12 vuorokauden välillä. Laskenta-aika oli riippuvainen kaupungin melumallin yksityiskohtien lukumäärästä sekä kaupungin pinta-alasta.

2.5 Tulokset

Lasketut meluvyöhykekuvat ja asukasmäärät on nähtävillä liikenneviraston ja kaupunkien sivuilla [3].

Asukaslaskentatuloksia ei voi suoraan kaikilta osin verrata edellisen kierroksen selvityksiin koska laskenta-alueiden määrittelyssä ja melulähteiden lukumäärissä on eroavaisuuksia. Helsingin osalta laskentatulokset ovat kuitenkin osittain vertailukelpoisia.

Helsingissä koko tieliikenteen ja direktiivin tarkoittamien maanteiden liikennemelulle altistuu enemmän asukkaita nyt kuin vuoden 2007 selvityksessä. Vuoden 2012 selvityksessä maanteiden melulle altistui 73 000 kun vuoden 2007 selvityksessä altistujia oli 40 400. Tie- ja katuliikenteen melulle altistui vuonna 2012 282 000 asukasta kun vuonna 2007 altistujia oli 237 500 asukasta. Osittain syynä muutokseen on kaupungin tiivistynyt maankäyttö ja lisääntynyt asukasmäärä, mutta pääosa selittyy laskenta-asetuksien sekä mallinnusperiaatteiden muutoksilla. Laskentatekniset tarkennukset (mäkikorjaus, kovat alueet rakennuksien alapuolella, pidempi laskentasäde ja heijastustason määritelmä) vastaavat paremmin todellisuutta, mutta antavat systemaattisesti aiempaa selvitystä hiukan suurempia tuloksia. Melualueiden määrittelyssä siltojen kohdalla tulokset voivat olla puolestaan aiempaa selvitystä pienempiä siltojen tarkemmasta mallinnuksesta johtuen.

Rautatieliikenteen melulle altistuvia oli vuoden 2012 selvityksessä 13 300, kun vuoden 2007 selvityksessä heitä oli 16 600. Melulle altistuvien pienempää määrää selittää osittain tavaraliikenteen poistuminen pääradalta satamatoimintojen siirryttyä Vuosaareen vuoden 2007 jälkeen. Myös uusi junakalusto on aiempaa hiljaisempaa, mikä myös osaltaan selittää pienempiä melualueita.

2.6 Epävarmuustekijöiden tarkastelu

Selvityksen laskennat on pyritty tekemään direktiivin velvoittamalla tavalla käytettävissä olevien lähtötietojen asettamissa rajoissa. Suurin melunleviämislaskentatulokseen vaikuttava epävarmuustekijä on käytetyt nopeudet.

Tie- ja raideliikennelaskennoissa on pääosin käytetty suurimpia sallittuja nopeuksia. Raideliikenteen laskennoissa on junien nopeuksissa huomioitu kiihdytykset ja jarrutukset asemille ja maanteillä ramppien nopeuksia on porrastettu. Muilta osin käytetty nopeus perustuu nopeusrajoituksiin. Nopeusrajoituksesta aiheutuvaa virhettä kompensoi se, että laskentamallin lähtömelutasossa ajoneuvojen oletetaan ajavan vakionopeudella suoraa tietä, joka ei vastaa esimerkiksi liikenneympyrän tilannetta (kiihdytys, jarrutus, jyrkkä kaarre).

Toiseksi suurimmaksi epävarmuustekijäksi voidaan arvioida radan ja tien kunnon vaikutuksen huomiotta jättäminen. Radan kunnon on oletettu vastaavan laskentamallin normaalikuntoista rataa. Hiljaisten päällysteiden korjauksessa on huomioitu talviolo suhteet määrittämällä päällystekorjausermi koko vuodelle. Muilla päällysteillä ei ole huomioitu teiden kuntoa tai talviolosuhteita.

Epävarmuustekijöistä johtuen tieliikennemelun laskentatarkkuudeksi merkitsevillä etäisyyksillä (alle 500 m) voidaan arvioida olevan ± 2 dB ja raideliikennemelun laskentatarkkuudeksi noin ± 3 dB. Nyt lasketut melutasot ovat pitkillä etäisyyksillä todennäköisemmin liian suuria kuin liian pieniä verrattuna todellisiin melutasoihin.

Asukaslaskennoissa suurin epävarmuustekijä liittyy asukasmäärätietojen ajantasaisuuteen sekä sijoittumiseen rakennuksissa. Asukkaat kirjautuvat rakennukseen kohdistuvan voimakkaimman meluvyöhykkeen mukaan altistuviksi, mikä lisää paikoitellen tuntuvasti altistuvien määrää.

2.7 Laskentatuloksien eroavaisuudet

Liikenneviraston maanteiden meluselvitystä tehtäessä oltiin yhteyksissä kaupunkien meluselvityksien tekijöiden kanssa. Ajatuksena oli vaihtaa maastomallipaloja, liikennetietoja, sekä verrata laskenta-asetuksia, jotta melualueet yhtyisivät kaupunkien rajoilla. Ongelmaksi muodostui selvitystöiden eriaikaisuus, eli joidenkin kaupunkien melulaskennat olivat käytännössä valmiita ennen tietojen vaihtoa. Verrattaessa laskentatuloksia eri selvitysten tekijöiden välillä voidaan havaita, että melukäyrät eivät aina kohtaa kaupunkien rajoilla. Työn yhteydessä havaitut merkittävimmät systemaattisen eroavaisuuden/virheen aiheuttavat tekijät:

- Heijastustason määrittelyssä (suurin sallittu poikkeama 0-1 m)
- Mäkikorjaus (ilman mäkikorjausta/korjauksen kanssa)
- Raskaan liikenteen osuus (ero 4 – 30 %)
- Laskentasäde (1000 – 3000 m)
- Virheellinen nopeustieto (merkittävä paikallinen virhe)

Tyypillisesti virheet aiheuttivat noin 1 - 2 dB eron, mutta paikallisesti saattoi olla jopa 5 dB eroavaisuus laskentatuloksissa.

3 HOTSPOT-ANALYYSI MELUNTORJUNAN TOIMINTASUUNNITELMAN APUNA

Meluntorjunnan toimintasuunnitelman yhtenä tavoitteena on saada rakenteellisen meluntorjunnan avulla melulle altistuvien määrää pieneneenettyä. Koska suunnittelualue oli hyvin laaja, oli tarve kehittää pisteytysmenetelmä, jolla voitiin puoliautomaattisesti löytää ja priorisoida tärkeimmät meluntorjuntakohteet. Jotta pisteytysmenetelmä kuvaa mahdollisimman hyvin melun häiritsevyyttä, melulle altistuvia asukkaita painotettiin kertoimilla, jotka huomioivat melun voimakkuuden ja jakautumisen rakennuksen eri julkisivuille.

3.1 Valmistelevat työt

Omien laskentatuloksien lisäksi työssä oli käytössä muiden konsulttien (WSP, FSG Promethor ja Pöyry) EU-laskentatiedostot ja tulokset. SoundPlan-ohjelmaan perustuvat laskennat suoritettiin uudelleen CadnaA ohjelmalla, jolloin voitiin suorittaa analyysi

kerralla koko aineistolle. Myös osalle saadusta CadnaA-aineistosta suoritettiin uudelleenlaskenta, jotta analyysin tulokset ovat vertailukelpoisia.

3.2 Melupisteen määrittäminen

Asukastiedot on jaettu tasaisesti julkisivun laskentapisteesiin käyttäen EU-melulaskennan julkisivulaskentatuloksia (L_{Aeq} 2 m korkeudella). Julkisivulla oleviin asukasmääriin on lisätty kukin laskentapisteen melun voimakkuuden huomioon ottava painotuskerroin: päivämelutaso 55 – 60 dB: x1, 60 – 65 dB: x3, yli 65 dB: x10.

Painotuskertoimella määritetyt julkisivun asukastiedot on summattu yhteen kyseisen rakennuksen melupisteeksi. Tämän jälkeen rakennuksien melupisteet on summattu 100 metrin ruudukoksi, jolloin on saatu HotSpot ruudukko. Ruudukkoa on voimakkaasti ”ylinäytteistetty” (kertoimella 10), jotta siitä on saatu havainnollisempi ja pehmeämpi. Alueet on leikattu tieverkolla, jolloin yhtenäisiä isoja alueita on saatu pilkottua kohdekohtaiseen tarkasteluun. Kohdekohtaisessa tarkastelussa alueita on tarvittaessa uudelleen yhdistetty tai pilkottu vielä pienempiin osiin. Kunkin kohteen sisältä on laskettu/tuotettu kyseisen alueen tietosisältö Excel-taulukkoon (Kohdetunnus, tie, tien osa, asukasmäärä, melupisteet...)

Kohteet järjestettiin melupisteiden intensiteetin mukaan tärkeysjärjestykseen, jolloin tiiviit melupistekeskittymät saivat suuremman painoarvon. Kyseisiin kohteisiin torjunnan toteuttaminen on todennäköisimmin kustannustehokkainta.

Melukuorman suuruutta tarkastelemalla koko Suomesta muodostui reilut tuhat ”kuumaa” kohdetta. Näistä valikoitiin vielä kaikkein kuumimmat kohteet, joille meluntorjunta suunniteltiin. Kuvassa 1 on esitetty esimerkki kohde.



Kuva 1 vasemmalla puolella on perinteinen meluvyöhykekuva (keltainen 55 – 60 dB). Oikealla puolella on pisteytysmenetelmällä muodostetut ”kuumat” (hotspot) kohteet.

Työssä käytetyllä HotSpot-analyysillä oli mahdollista löytää automaattisesti tärkeimmät potentiaaliset torjuntakohteet kerralla koko suunnittelualueelta. Kohteiden lähempi tarkastelu osoitti kuitenkin, että kaikista kuumimmista kohteissa ei usein olekaan

todellista meluntorjunnan tarvetta. Usein uudet korkeat kerrostalot rakennetaan lähelle tietä siten, että rakennusmassat suojaavat oleskelualueita. Sen lisäksi, että uudet pihalueet ovat suojassa, uusi yhtenäinen rakennusmassa voi suojata olemassa olevaa vanhempaa asuinalueita. Melulaskennat eivät huomioi julkisivun äänieristystä ja oleskelualueiden sijaintia, joten melulle altistuvia saadaan aiempaa suurempi määrä, vaikka melutilanne olisikin todellisuudessa parantunut.

4 JOHTOPÄÄTÖKSET

Laserkeilauksen pistepilviaineisto antaa mahdollisuuden laadukkaalle maastomallille, mutta aineiston jalostuksella on suuri vaikutus lopputuloksen laatuun. Hyvän lopputuloksen kannalta onkin parasta, mikäli maastomalli on muodostettu melulaskentojä varten akustikon toiveiden mukaisesti.

Virheellisillä laskenta-asetuksilla laskentatulokset ei välttämättä vastaa pohjoismaisten melumallien tulosta. Laskenta-asetuksien lisäksi myös puutteelliset lähtötiedot voivat aiheuttaa merkittävän systemaattisen virheen.

Eri vuosina tehtyjen EU-melulaskentojen perusteella ei voida edes kansallisella tasolla arvioida luotettavasti melulle altistuvien määrissä tapahtuvia muutoksia. Todennäköisesti kolmannella kierroksella on käytössä uusi laskentamalli CNOSSOS, jolloin tämä ei ole edes teoriassa mahdollista. Tärkeämpää on kuitenkin tavoitella tarkempia ja oikeampia tuloksia, kuin pyrkiä suorittamaan laskennat vanhoilla melumalleilla ja menetelmillä.

Liikenneviraston meluntorjunnan toimintasuunnitelmassa käytetty HotSpot-analyysi oli tehokas apuväline mahdollisten meluntorjunta kohteiden kartoittamisessa. Kohteiden lopullinen valinta ja arvottaminen on aina kuitenkin tehtävä käsin.

Nykyinen menetelmä, jossa asukkaat kirjautuvat rakennuksen voimakkaimman meluvyöhykkeen mukaan altistuviksi, lisää paikoitellen tuntuvasti melulle altistuvien laskennallista määrää. Jatkossa olisikin syytä harkita asukastietojen jakamista tasaisesti koko julkisivulle sekä mahdollisesti huomioimaan laskennoissa uusien rakennusmääräysten mukaisesti rakennettujen asuntojen aiheuttama vääristymä melulle altistuvien määrässä.

VIITTEET

[1] Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/49/EY ympäristömelun arvioinnista ja hallinnasta. EYVL L 189, 18.7.2002.

[2] Liikenneviraston maanteiden meluselvitys, Liikennevirasto, Liikennejärjestelmäosasto. Helsinki 2012. (tarkistettu 19.4.2013)

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lr_2012_liikenneviraston_maanteiden_web.pdf

[3] Liikenneviraston ja kaupunkien EU-meluselvitykset (tarkistettu 19.4.2013)
http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/ymparisto_turvallisuus/vaylanpito_ymparisto/melu/meluselvitykset