Vantaan kaupungin meluselvitysohje maankäytön suunnitteluun

Ohje koskee liikenne- ja teollisuusmeluselvityksiä, jotka laaditaan asemakaavaa tai muuta maankäytön suunnittelua varten mallintamalla.

kuvaaja: Sakari Manninen

Vantaan kaupunki 14.4.2021

Esipuhe

Vantaalla tehdään vuosittain huomattava määrä meluntorjunnan yleissuunnittelua etenkin asemakaavoitusta varten. Tyypillisesti osan meluselvityksistä kaupunki teettää itse puitesopimuskonsulteillaan, mutta merkittävän osan selvityksistä teettävät hankkeet valitsemillaan melukonsulteilla. Tämä ohje on laadittu, jotta selvitykset olisivat mahdollisimman yhteismitallisia ja ne palvelisivat hyvin ja tasa-puolisesti asemakaavavaiheen meluntorjunnan suunnittelua. Ohjeessa on pyritty yhdenmukaisuuteen Helsingin kaupungin vastaavaan ohjeeseen [1], jota on Vantaan kaupungin tarpeita varten laajennettu koskemaan teollisuus-, lentoliikenteenmelua ja rakennuslupavaiheen meluselvityksiä, sekä muokattu vastaamaan Vantaan omia tiedonhallintakäytäntöjä ja ääniympäristötavoitteita.

Ohjeessa on annettu hyvin yksityiskohtaisiakin ohjeita hyvän meluselvityksen laatimiseksi. Asemakaavavaiheen selvityksen suunnittelutarkkuus vaihtelee huomattavasti mm. kaavan ohjaustarkoituksesta, kohteen sijainnista sekä jatkosuunnittelutarpeitten takia, mikä tulee ottaa huomioon ohjetta sovellettaessa. Lähtötietoihin, suunnitelmiin ja suunnitteluvaiheen tarkkuustasoon liittyviä epävarmuuksia ja niiden vaikutuksia tuloksiin on syytä arvioida raportoinnin yhteydessä.

Ohje koskee liikenne- ja teollisuusmeluselvityksiä, jotka laaditaan asemakaavaa tai muuta maankäytön suunnittelua varten mallintamalla. Suunnittelualueesta riippuen myös runkomelu tulee tarvittaessa huomioida meluselvityksissä. Tässä ohjeessa ei ole ohjeistettu runkomelun huomioimista ja mallinnusta. Lentoliikennemelun vaikutukset arvioidaan yleiskaavassa esitettyjen melualueiden avulla tämän ohjeistuksen mukaisesti.

Ohje laadittiin konsulttityönä Sitowise Oy:ssä, missä työstä vastasivat meluasiantuntijat Jarno Kokkonen ja Olli Kontkanen. Ohjeen laatimista ohjasi työryhmä, johon kuuluivat Vantaan kaupungin kaupunkiympäristön toimialan asiantuntijoista koostuva työryhmä:
Susanna Koponen (Liikennesuunnittelupäällikkö)
Jarmo Pajunen (Liikenteen alueinsinööri)
Teemu Vihervaara (Liikenteen alueinsinööri)
Jenni Tyynilä (Liikenneinsinööri)
Ilkka Laine (Asemakaavapäällikkö)
Ari Pietilä (Ympäristösuunnittelija)
Risto Levanto (Rakennusvalvontapäällikkö)
Jekaterina Masjagutova (Lupa-arkkitehti)
Ilkka Rekonen (Lupapäällikkö)
Anna-Mari Kangas (Suunnittelija)
Jere Virolainen (Paikkatietoinsinööri)
Timo Kallaluoto (Aluearkkitehti)
Tanner Charlotta (Asemakaava-arkkitehti)

Asemakaavameluselvityksen käsittelyprosessin lyhyt kuvaus:

- Tarvittaessa järjestetään aloituskokous
- Meluselvityksen lähtötietojen hankkiminen ja hyväksyttäminen kaupungin edustajilla (kaavoittaja)
- Selvitetään muut erityiset lähtökohdat (esim. liittyvät hankkeet ja vaiheittain rakentaminen)
- Meluselvitys toimitetaan viimeistään luonnosvaiheessa kaupungin edustajien kommentoitavaksi ja tarvittaessa järjestetään kokous, jotta mahdolliset kommentit ja muutostarpeet voidaan ottaa huomioon ennen lopullista versiota. Myös aikataulullisesti tulee varautua siihen, että esim. viitesuunnitelman pihajärjestelyitä tai massoittelua joudutaan tarvittaessa tutkimaan uudestaan.
- Lopullinen raportti ja melukartat tehdään valitusta viitesuunnitelmaratkaisusta ja riittävällä meluntorjunnalla.
- Meluselvityksessä esitetään tulokset, johtopäätökset ja suositukset. Vantaan kaupungin meluasiantuntijat ja kaavoittaja tekevät tarvittavat johtopäätökset ja kirjoittavat kaavamääräykset.

Meluselvityksen sisältövaatimusten tiivistelmä:

- Raportti/muistio sekä meluvyöhykekartat ja julkisivumelutasokartat
- Melutasojen vertailu ohje- ja suositusarvioihin
- Arvioidaan meluvaikutukset viitesuunnitelman mukaisille oleskeluun ja leikkiin tarkoitetuille piha-alueille ja tarvittaessa esitetään yksi riittävä meluntorjuntaratkaisu.
- Arvioidaan meluvaikutukset viitesuunnitelman mukaisille rakennusten julkisivuille ja määritetään suositukset rakennusten julkisivujen äänitasoerovaatimuksille ja suositukset parvekelasituksen äänitasoerovaatimuksille
- Vaiheittain rakentaminen selvitettävä tarvittaessa
- Mikäli tarkoituksenmukaista, arvioidaan hankkeen meluvaikutukset olemassa oleviin asuinrakennuksiin ja nykytilanteeseen mm. heijaste- ja suojausvaikutukset (kielteiset ja myönteiset vaikutukset).

1 Sisällysluettelo

Esipuhe **1**
1 Sisällysluettelo **3**
2 Käsitteet, lyhenteet ja symbolit **4**
3 Meluselvityksen lähtötiedot **5**
3.1 Katu- ja tieliikennetiedot **5**
3.2 Junaliikennetiedot **6**
3.2.1 Junien nopeudet 6
3.2.2 Junien kiihdytykset ja jarrutukset asemien kohdilla 7
3.3 Raitioliikennetiedot **7**
3.4 Pikaraitiotiet **8**
3.5 Maastomalli **8**
4 Arviointimenetelmät ja laskenta-asetukset **8**
4.1 Laskentamallit **8**
4.2 Akustinen maastomalli **9**
4.2.1 Korkeusmalli 9
4.2.2 Rakennukset 9
4.2.3 Maavaimennus 9
4.2.4 Meluesteet 10
4.2.5 Sillat 10
4.2.6 Oleskeluparvekkeet 10
4.3 Tiemelulähteet **11**
4.3.1 Korkeusasema 11
4.3.2 Viitesuunnitelman erityisratkaisut 11
4.3.3 Emissioviivat 12
4.3.4 Mäkikorjaus 12
4.3.5 Päällystekorjaus 12
4.4 Raideliikennemelun mallintaminen **12**
4.4.1 Kiskon selän korkeus (ksk) / Geometria 12
4.4.2 Melupäästön määrittäminen 12
4.5 Raitioliikenteen lähtöarvot **13**
4.5.1 a- ja b- kertoimet 13
4.5.2 Pikaraitiotien lähtöarvot, avorata 13

4.5.3 Kaarrekirskunnat 13
4.5.4 Vaihde- ja risteyskolinat 14
4.6 Teollisuusmelu 16
4.7 Tunnelit 16
4.8 Laskenta-asetukset 16
4.9 Mallinnettavat laskentatilanteet 18
4.9.1 Rakennuslupavaihe 18
5 Tavoitearvot 19
5.1 Melutason ohjearvot 19
5.2 Enimmäistasot 19
6 Meluntorjunnan mitoitusperusteet 19
6.1 Ulko-oleskelualueiden melutilanne 19
6.2 Julkisivujen äänitasoerovaatimukset 19
6.3 Lentoliikenteen aiheuttama melu 20
6.4 Oleskeluparvekkeen toteutettavuus 21
6.5 Epävarmuuksien huomioon ottaminen 21
7 Raportointi ja tulosten esittäminen 23
7.1 Raportin sisältövaatimukset 23
7.2 Melukartat 25
7.3 Aineistoin toimittaminen ja kaupunkimalli 26
8 Liiteluettelo 27
9 Lähdeluettelo 27

2 Käsitteet, lyhenteet ja symbolit

KAVL	[ajon./vrk]	vuoden keskimääräinen arkivuorokausiliikenne
KVL	[ajon./vrk]	vuoden keskimääräinen vuorokausiliikenne
GPM		yhteispohjoismainen teollisuusmelun laskentamalli ns. yleinen malli (General Nordic Prediction Method)
NMT96		yhteispohjoismainen raideliikennemelun laskentamalli (Nordic Prediction Method)
RTN96		yhteispohjoismainen tieliikennemelun laskentamalli (Nordic Prediction Method)
α	[0…1]	meluesteiden ja rakennusten pystypintojen vaimennussuhde

G	[0…1]	maavaimennus
$L_{Aeq,\ klo\ 7–22}$	[dB]	päiväajan A-taajuuspainotettu keskiäänitaso
$L_{Aeq,\ klo\ 22–7}$	[dB]	yöajan A-taajuuspainotettu keskiäänitaso
L_{AFmax}	[dB]	A-taajuuspainotettu enimmäisäänitaso fast-aikapainotuksella, NMT96-laskentamallissa LA_{maxF}
L_{AMmax}		ohituksen aikainen energiakeskiarvo, lähes vastaava kuin slow-aikapainotus, NMT96-laskentamallissa L_{AmaxM}
L_{JA}	[dB]	A-taajuuspainotettu äänienergiataso, vastaava kuin L_{QA} ja L_{EA}
L_{WA}	[dB]	A-taajuuspainotettu äänitehotaso
umpirata		perinteinen raitiotierata, upotetut kiskot
avorata		perinteinen juna- ja metrorata, kiskot ratapölkkyjen päällä, käytössä myös osalla pikaraitioteillä

3 Meluselvityksen lähtötiedot

3.1 Katu- ja tieliikennetiedot

Meluselvityksessä otetaan huomioon kaava-alueen liikennemelulähteet sekä sen ympäristöön sijoittuvat kadut ja tiet, mikäli niiden meluvaikutukset ulottuvat kaava-alueelle.

Lähtötietoina käytetään kaupungin toimittamia nyky- ja ennustetilanteen liikennetietoja. Liikennemäärätietojen tulee aina olla liikennejärjestelmäsuunnittelun hyväksymiä. Liikennetiedot pyydetään liikennejärjestelmänsuunnittelun yhteispostilaatikosta (liikennetieto@vantaa.fi). Kaupunki toimittaa tiedot nykyliikennemäärästä, ennustetilanteen liikennemäärästä, raskaan liikenteen osuudesta ja nopeusrajoituksesta sekä mahdollisesti muita käytettävissä olevia tietoja (mm. junien nopeus shp-paikkatiedot ja raitioliikenteen xls-laskentapohja).

Ennusteliikennemäärät eivät aina edusta tietylle vuodelle laskettua ennustetta, vaan meluselvityksiin toimitettavat ennusteliikennemäärät edustavat tilannetta, johon selvityksessä on katsottu melun kannalta tarpeelliseksi varautua. Melumallinnus tehdään pääsääntöisesti ennustetilanteen liikennetiedoilla. Myös nykytilanteen liikennetiedot esitetään raportissa. Mikäli nykytilanne on meluntorjunnan kannalta mitoittavampi, niin silloin myös nykytilanne tulee mallintaa. Ajonopeudet määritetään nopeusrajoituksen mukaan.

Vantaan kaupungin karttapalvelusta [4] löytyy paljon käyttökelpoista taustatietoa, kuten katuverkon luokittelu sekä valmisteilla ja voimassa olevat asemakaavat.
Mikäli raskaan liikenteen osuudesta ei ole käytettävissä tarkempaa tietoa, käytetään Taulukko 1 oletusjakaumia katuluokittain. Mikäli liikenteen vuorokausijakaumista ei ole käytettävissä tarkempaa tietoa, käytetään Taulukko 2 oletusjakaumia vuorokausijakaumille [5].

Taulukko 1. Raskaan liikenteen osuudet katuluokittain

Katuluokka	Päivä	Yö
1. Moottoriväylät	7,4 %	8,7 %
2. Pääkadut	7,3 %	8,7 %
3. Alueelliset kokoojakadut	6,7 %	8,3 %
4. Paikalliset kokoojakadut	5,8 %	6,4 %
5. Tonttikadut	5,8 %	6,4 %

Taulukko 2. Liikenteen vuorokausijakauma

Katuluokka	Päivä	Yö
1. Moottoriväylät	88 %	12 %
2. Pääkadut	88 %	12 %
3. Alueelliset kokoojakadut	94 %	6 %
4. Paikalliset kokoojakadut	94 %	6 %
5. Tonttikadut	94 %	6 %

3.2 Junaliikennetiedot

Melumallinnuksessa käytettävät ennustetilanteen junaliikennemäärät ja junien sijoittuminen raiteille on esitetty liitteessä 1. Nykyinen ennuste perustuu vuoden 2018 aineistoon. Ennusteliikennetiedot tulee päivittää noin 5 vuoden välein, eli noin vuoden 2023 aikoihin tulee seuraavan kerran varmistaa, onko uusi valtakunnallinen ennuste laadittu tai valmistumassa sekä tarvittaessa päivittää meluselvityksissä käytettävät junaliikennetiedot.

3.2.1 Junien nopeudet

Melumallinnuksessa käytettävät junaliikennenopeudet on esitetty liitteiden nopeuskartoilla ja paikkatietoaineistoissa (Liite 2, Liite 3, Liite 4 ja Liite 5). Junanopeuskartalla ja -paikkatietoaineistossa on esitetty 200 metrin välein vaihtuvissa ruuduissa seuraavat tiedot:

- **keskinopeus**, jota käytetään keskiäänitason laskennassa
- **maksiminopeus**, jota käytetään enimmäisäänitason laskennassa

Liitteessä 2 on kaukojunien nopeustiedot ja liitteissä 3-5 on lähijunien nopeustiedot. Nopeuskartat ovat lähinnä nopeustasoja havainnollistavia. Melumallin laatimista varten suositellaan shp-muotoisen paikkatietoaineiston käyttämistä. Käytettävät junanopeuksien paikkatietoaineistot saa pyytämällä liikennejärjestelmänsuunnittelun yhteispostilaatikosta (liikennetieto@vantaa.fi). Melumallinnuksessa keskiäänitason laskennassa junien nopeutena käytetään pitkän ajan mitattuja todellisia keskimääräisiä ajonopeuksia (liitteiden 2-5 keskinopeus). Enimmäisäänitasojen osalta käytetään vastaavalta ajanjaksolta mitattuja suurimpia ajonopeuksia (liitteiden 2-5 maksiminopeus). Nopeusaineisto perustuu GPS-nopeusdataan aikaväliltä 26.2.2019-23.4.2019.

Pääradalla kaukojunien suurin keskinopeus on 160 km/h ja suurin maksiminopeus on 190 km/h (Taulukko 3) ja lähijunien suurin keskinopeus ja maksinopeus on 150 km/h. Kehäradalla I- ja P-junilla suurin keskinopeus on 120 km/h ja suurin maksiminopeus on 120 km/h.

Taulukko 3. Junien keski- ja maksiminopeuksien pienimmät ja suurimmat arvot

	keskinopeuksien vaihteluväli		maksiminopeuksien vaihteluväli	
Selite	pienin [km/h]	suurin [km/h]	pienin [km/h]	suurin [km/h]
Liite 2, kaukojunat, päärata	40	160	50	190
Liite 3, lähijunat, Kehäradan I- ja P-junat, pysähtyy jokaisella asemalla	40	120	60	120
Liite 4, lähijunat, pääradan K-junat, pysähtyy jokaisella asemalla	40	120	50	120
Liite 5, lähijunat, pääradan R- ja Z-junat, ei pysähdy jokaisella asemalla	40	150	60	150

3.2.2 Junien kiihdytykset ja jarrutukset asemien kohdilla

Lähtökohtaisesti junien pysähtymistä asemilla ei huomioida.

Mikäli junien kiihdytykset ja jarrutukset on tarpeen huomioida asemien kohdalla, käytetään Taulukko 4 ja Taulukko 5 perustuvia arvoja.

Taulukko 4. Kiihdytys asemien kohdalla

Nopeus km/h	**40**	**60**	**80**	**100**	**120**	**140**	**160**
Matka m	0-100	100	400	800	1200	2000	3000

Taulukko 5. Junien jarrutusmatkat asemien kohdalla

Nopeus km/h	**180**	**160**	**140**	**120**	**90**	**60**	**40**
Matka m	1800	1500	1000	600	400	200	100

3.3 Raitioliikennetiedot

Meluselvityksessä kerrotaan käytetyt lähtötiedot ja oletukset.

Uusien suunniteltavien tai rakenteilla olevien raitiolinjojen lähtötietoina käytetään kaupungin toimittamia tietoja raitioliikenteen määrästä, raitiovaunujen pituudesta, käytettävästä nopeudesta, radan sijoittumisesta sekä muista mahdollisista käytettävissä olevista tiedoista kuten vaihteiden sijainnista. Tulevaisuuden raitiolinjojen suunnittelutilanne vaihtelee huomattavasti, mikä vaikuttaa käytettävissä olevien lähtötietojen tarkkuustasoon. Lähtötiedot tulee kysyä kaavahankkeen meluasiantuntijalta, jonka yhteystiedot saa kunkin kaavahankkeen kaavoittajalta.

Sekaliikennekadulla käytetään kadun nopeusrajoituksen mukaista nopeutta. Alle 30 km/h nopeuksia käytetään ainoastaan mallinnettaessa teollisuusmelumallilla matalauraisten vaihde-/risteyskolinaa ja kaarrekirskuntaa.

3.4 Pikaraitiotiet

Vantaan yleiskaavan pikaraitioverkon yleislinjauksen tarkemmat tiedot kysytään liikennetietojen pyynnön yhteydessä. Pikaraitiotien osalta kaduilla, joissa raitiotieliikenne on erotettu muusta liikenteestä, käytetään suurinta sallittua ajonopeutta, joka voi olla suurempi kuin samalla kadulla olevilla autoilla. Lähtökohtaisesti pysäkeillä pysähtymisiä ei huomioida. Pikaraitiotien osalta kohteissa, joissa pysäkkien paikat ovat varmuudella tiedossa, niin pysäkeillä pysähtymiset voidaan huomioida, mikäli ajonopeus on vähintään 40 km/h. Alle 30 km/h nopeuksista on hyvin vähän mitattua tietoa, joten käytetään turvallista arvioita ja pysäkkien kohdat (laiturialueet) mallinnetaan 30 km/h ajonopeudella.

3.5 Maastomalli

Kaupungin EU-meluselvityksen 2017 [5] aineistot (CadnaA-melumalli) ovat käytettävissä tarvittaessa, ja niitä on tarkennettava ja korjattava vastaamaan asemakaavan vaatimaa tarkkuutta. Maastomallin päivityksiä voi hakea esimerkiksi avoimista paikkatietoaineistoista tai tilata Vantaan kaupunkimittaukselta tuore kantakartta-aineisto ja laserpisteaineisto (https://gis.vantaa.fi/karttatilaus/lomake.html). Palveluntuottajat vastaavat pääosin itse maastomallin päivityksien hankkimisesta.

Meluselvityksissä käytetään ensisijaisesti Vantaan kaupungin kaupunkimittauksen kartta-aineistoja. Koordinaattijärjestelmä ETRS-GK25 (valtiolla eri koordinaattijärjestelmä) ja korkeusjärjestelmä N2000.

Asemakaavamuutoksen ennustetilanteen rakennusmassoittelu saadaan kaupungin asemakaava-arkkitehdillä, mikäli kyseessä on yksityisen tilaajan oma rakennusmassoittelu, niin suunnitelmat hyväksytään asemakaava-arkkitehdillä.

Melumallin tulee vastata riittävällä tarkkuudella nykyistä/muuttuvaa ympäristöä ja suunnittelukohdetta mm. huomioiden kaava-alueen uudet pihan korkotasot.

Kts. myös luku ”2.2.1 Akustinen maastomalli”.

4 Arviointimenetelmät ja laskenta-asetukset

4.1 Laskentamallit

Liikennemelulaskennat perustuvat yleisesti Suomessa käytettäviin yhteispohjoismaisiin tie- ja raideliikennemelun laskentamalleihin (Nordic Prediction Method) [6][7]. Pohjoismaisten tie- ja raideliikennemelumallien tarkkuus lähietäisyydellä (< 30 m) on tyypillisesti ±2 dB, kun merkittävät melulähteet ovat laskentapisteeseen näkyvillä.

Teollisuusmelulaskenta perustuu yleisesti Suomessa käytettävään teollisuusmelun laskentamalliin (ns. yleinen malli; General Nordic Prediction Method; GPM) [8].

Tarvittaessa voidaan käyttää myös muita yleisesti hyväksyttyjä laskentamalleja (Nord2000, CNOSSOS-EU, ISO9613-2 jne,) herkkyys- tai erityiskohdetarkastelussa, mutta viralliset melunleviämiskuvat tehdään virallisilla kansallisilla laskentamalleilla [6][7][8].

4.2 Akustinen maastomalli

Tässä luvussa esitellään melumallin ja akustisen maastomallin tärkeimmät mallinnusperiaatteet, lähtöarvot ja laatuvaatimukset.

Melulaskenta perustuu melun leviämiseen 3D-maastomallissa, johon on mallinnettu melulähteet, rakennukset, meluaidat ja maastonmuodot sekä näiden akustiset ominaisuudet siten, että ne vastaavat mahdollisimman hyvin tulevaa tilannetta. Liikennemelulähteiden melupäästö määritetään liikennetietojen perusteella. Akustinen maastomalli sisältää äänen etenemiseen vaikuttavat tiedot ympäristöstä (maanpinnan laatu ja muodot, esteiden korkeudet, rakennusten ominaisuudet, jne.). Maastomallin tuottamisessa tulee huomioida melun laskentamallien ominaisuudet ja rajoitteet. Maastomallin tulee olla niin laaja, että se käsittää merkittävimmät melulähteet laskentasäteen etäisyydeltä.

4.2.1 Korkeusmalli

Korkeuskäyrät mallinnetaan vähintään metrin välein. Tien lähialueen jyrkät kohdat mallinnetaan taiteviivoilla esim. rampit ja kallioleikkaukset. Ylimääräiset melulaskentoja häiritsevät objektit, kuten katujen reunakivet ja turvakaiteet jätetään mallintamatta. Maanpintamallin korkeuskäyrien vaakaresoluutiota ei saa heikentää liiaksi (karkein vaakaresoluutio 1 metri). Suositellaan käytettäväksi laserkeilausaineiston hajapisteaineistoa, jota melulaskentojen maanpintamallia varten tarvittaessa harvennetaan korkeintaan 10 - 20 cm korkeustarkkuuteen.

Kantakartan korkeustietietoon tulee suhtautua varauksella. Sen jatkojalostuksessa tulee huomioida se, että viivojen geometriassa ei ole huomioitu korkeuden muutoksia, eli se voi olla paikoin liian karkea ja esimerkiksi kadun pinta kalteva, vaikka oikeasti se olisi tasainen.

4.2.2 Rakennukset

Rakennusten julkisivuille asetetaan oletuksena 1 dB absorptio (α=0,21). Tämä on turvallinen arvio ja tarvittaessa rakennusten julkisivun absorptiota voi tarkentaa. Rakennusten kohdalla maanpinta mallinnetaan akustisesti kovana alueena (G=0), mikä osasta mallinnusohjelmia löytyy myös laskenta-asetuksista.

4.2.3 Maavaimennus

Melumalliin määritetään suunnitelma- ja ilmakuvien perusteella akustisesti kovat (maavaimennus-termi G=0) ja pehmeät alueet (G=1). Akustisesti koviksi alueiksi määritetään asfaltti- ja kivipinnat, vesistöt, rakennusten alapuolinen alue sekä mallinnettavat tiealueet. Juna- ja metroradat ovat akustisesti pehmeitä (löytyy laskenta-asetuksista), mutta raitiorata mallinnetaan kaikissa tilanteissa akustisesti kovana. Pihat mallinnetaan aina korkeintaan puolipehmeänä (G≤ 0,5), eli vaikka alustavissa pihasuunnitelmissa olisikin esitetty esimerkiksi 90 % piha-alueesta pehmeänä alueena, tätä ei melumallinnuksessa huomioida. Mikäli pihoista ei ole tiedossa maanpinnan alustavia ominaisuustietoja, piha tarkastellaan puolipehmeänä (esimerkiksi mallintamalla 5x5 m ruudukkona joka toinen ruutu kova ja joka toinen pehmeä). Laskentatilanteissa, joissa ei ole mukana pohjoismaista tiemelumallia, voidaan tarvittaessa mallintaa myös puolikovilla alueilla (G = 0,5) tai muilla osittain kovilla/pehmeillä arvoilla (G=0…1).

4.2.4 Meluesteet

Meluseinät ja -kaiteet mallinnetaan meluesteobjektilla harjaviivoina. Mikäli meluseinille tai -kaiteille ei ole asetettu akustisia vaatimuksia, ne oletetaan heijastaviksi siten, että absorptiosuhde α = 0,21 (1 dB heijastusvaimennus). Absorboivaksi luokitellut (absorptioluokan A3 ja A4 [7]) meluesteet mallinnetaan kyseisten esteiden akustisten ominaisuuksien perusteella. Mikäli tarkkaa tietoa ei ole, ääntä vaimentaville esteille käytetään oletuksena 8 dB heijastusvaimennusta (α = 0,84). Mikäli esteessä on ääntä heijastavia osia kuten läpinäkyvä yläosa tai betonisokkeli, niiden vaikutus tulee huomioida myös ääntä vaimentavien meluseinien osalta.

Meluvallit mallinnetaan meluesteobjektilla siten, että vallin tarkka harjaviivankorkeus tulee huomioiduksi. Lisäksi meluvallin luiskat mallinnetaan korkeuskäyräobjekteilla. Meluvallit mallinnetaan ilman heijastuksia.

Suunniteltaessa meluntorjuntaa noudatetaan/sovelletaan yleisiä suunnitteluperiaatteita, joiden mukaan raideliikenteen esteet ovat lähtökohtaisesti ääntä absorboivia (luokat A3 ja A4) ja tieliikenteen esteet voivat pääsääntöisesti olla ääntä heijastavia. Meluesteiden akustiset vaatimukset (riittävä absorptio) ja korkeuden mitoitus (pitää saavuttaa ohjearvojen mukaiset melutasot) tulee varmistaa mallintamalla.

4.2.5 Sillat

Tieliikenteessä sillan ominaisuustiedot mallinnetaan tieobjektin ominaisuuksilla (esim. CadnaA: Geometry-> Self-Screening), ei erillisellä siltaobjektilla. Mikäli useampikaistainen tie on mallinnettu erillisin tieobjektein, tulee huomata, etteivät tieobjektit ”näe” toistensa ominaisuuksia, joten kummankin objektin on sisällettävä toistensa ominaisuudet. Mikäli siltojen välissä on rako, voidaan se jättää huomioimatta. Sillalla olevat melukaiteet sisällytetään melulähdeobjektiin (CadnaA: Parapet height). Hankalissa mallinnustilanteissa voidaan käyttää myös meluesteobjektia. Mikäli sillan alapuolella ei ole toista melulähdettä, mallinnetaan melukaide jatkumaan maahan/veteen asti. Menettelytapa on tarpeen esimerkiksi tilanteessa, jossa sillalla on kullakin ajoradalla melukaiteet molemmin puolin eli yhteensä neljä kaidetta.

Raideliikenteessä siltaa ei lähtökohtaisesti lisätä melumalliin, koska silta toimii myös melulähteenä. Siltakorjaus huomioidaan, kun tarkastelualue on sillan välittömässä läheisyydessä. Tyypillisesti sillasta ei ole mittaustietoa, joten voidaan käyttää pohjoismaisen raideliikennemelumallin arvoja +3 tai +6 dB (tukikerroksella tai ilman). Mikäli sillasta on mitattu ohituksen aikaiset melupäästöt, sillat mallinnetaan teollisuusmelulähteinä ja tarvittaessa (teollisuusmelulähteessä pelkkä ”siltamelu” ilman junaa) silta raideobjektissa vastaavalla tavalla kuin tieliikenteessä.

4.2.6 Oleskeluparvekkeet

Arvioitaessa parvekkeiden melutasoja on huomioitava, että julkisivun edessä vallitseva melu on +1…+3 dB suurempi kuin julkisivuun kohdistuva melutaso. Avoimen parvekkeen todelliset melutasot voivat poiketa merkittävästi (noin ± 4 dB) laskennallisesti arvioidusta melutasosta, koska melutasoon vaikuttavat parvekkeen dimensiot, rakenteet, rakenteiden ääneneristävyydet ja absorptiomateriaalit.

Konsultit voivat oman harkintansa perusteella mallintaa parvekkeet jollakin kolmesta vaihtoehtoisesta tavasta. Tavoitteena on ensisijaisesti selvittää, ovatko oleskeluparvekkeet ylipäätään toteutuskelpoisia. Vaihtoehtoiset mallinnustavat (VE1–VE3) ovat:

- Rakennusobjektin ulkoreunat mallinnetaan ulkoseinien mukaan

- VE1: Lasketaan julkisivuun kohdistuva melutaso (0,05 metrin etäisyydelle) ilman seinän heijastusta; laskentatuloksen analyysissä on lisättävä +3 dB, joka huomioi heijastusvaikutuksen. Tämän menetelmän etuna on pienempi liitekuvien määrä, mutta heikkoutena se, että melukuvia katsoessa ”vihreät luvut” 52 -55 dB pitää osata kääntää ”keltaiselle” melualueelle.

- VE2: Lasketaan melutaso ”avoimella parvekkeella” ~1 metriä seinän ulkopuolella huomioiden seinän heijastusvaikutus. Tämän menetelmän etu on se, että tulos on suoraan verrannollinen ohjearvoihin.

- Rakennusobjektin ulkoreunat mallinnetaan parvekelasituksen ulkopinnan mukaan

- VE3: Lasketaan parvekelasitukseen kohdistuva melutaso ilman seinän heijastusvaikutusta. Etuna on se, että menetelmä kahteen edelliseen verrattuna on tarkempi arvioitaessa lasitukseen kohdistuvaa melutasoa, erityisesti, kun rakennus on lähellä melulähdettä. Menetelmä on siis tarkempi, kun arvioidaan, mitä vaati-muksia lasitukselle tulee antaa.

Lähtökohtaisesti melumallissa ei huomioida parvekkeen varjostavia rakenteita, kuten parvekepieliä, parvekkeiden välisiä seiniä, kaiteita tai parvekelaattoja, koska niiden mallinnus ei toimi pohjoismaisilla laskentamalleilla. Ne ovat myös muilla arviointimenetelmillä mallinnusteknisesti haastavia ja mallinnukseen sisältyy merkittävää epävarmuutta. Perustellusti voi tehdä myös tarkempaa tarkastelua esim. arvioida parvekepielien vaikutusta.

4.3 Tiemelulähteet

4.3.1 Korkeusasema

Tien korkeusaseman suhteen pyritään mahdollisimman hyvään tarkkuuteen (noin 10–20 cm). Tieobjektia ei saa nostaa esimerkiksi maastomallin karheudesta johtuen vakiokorkeudelle, vaan maastomallin tulee olla niin laadukas, että tieobjekti voidaan ”tiputtaa” kolmioverkon päälle. Vaihtoehtoisesti tarkka tiegeometria vektoroidaan laseraineistosta ja maastomalli sovitetaan tarkkaan tiegeometriaan. Pistevälin tulee olla sopiva, jotta vaaka- ja pystygeometrian muutokset tulee huomioitua. Sopiva pisteväli on tilanteesta riippuen 10 - 25 metriä. Mikäli pisteväli on liian tiheä, tulee hyvin suurella todennäköisyydellä virheellisiä mäkikorjauksia ja laskenta-aika kasvaa turhan suureksi. Tien leveystieto tulee sisällyttää myös tiemelulähdeobjektiin.

4.3.2 Viitesuunnitelman erityisratkaisut

Uudet suunniteltavat rakennukset ja maastomallin korkeustasot mallinnetaan parhaan käytettävissä olevan tiedon tai arvion perusteella esim. arkkitehdin viitesuunnitelmien perusteella. Erityiset rakenneratkaisut kuten kattopihat, kattoterassit, kansipihat ja umpikorttelin porttikongit ja sisäänkäynnit on myös huomioitava maastomallissa. Rakennuksien katoilla olevien oleskelualueiden melutasot voi laskea myös riittävän tiheän vastaanotinhilan (eng. receiver point) avulla. Lisäksi tarvittaessa vierekkäisten hankkeiden rakennusmassat mallinnetaan ja pyydetään kaupungin kaava-arkkitehdilta. Vierekkäisten hankkeiden vaiheittain rakentaminen on huomioitava tarvittaessa ja asia sovitaan kaupungin kanssa.

4.3.3 Emissioviivat

Tiemelulähdeobjekti mallinnetaan yhdellä emissioviivalla. Esim. CadnaA:ssa "Calc outer Lanes separately" – ”täppä” laitetaan pois päältä. Laskentaohjelmien automaattisia tieprofiileja ei tule käyttää, koska ne eivät ole pohjoismaisen laskentamallin mukaisia. Mikäli mallinnettavalla alueella on leveitä katuja tai teitä (esim. 2+2 tai 2+3 kaistaa), kumpikin ajosuunta mallinnetaan erikseen omana tiemelulähdeobjektina.

4.3.4 Mäkikorjaus

Mäkikorjaus tulee huomioida tieobjektin ominaisuuksissa. Pohjoismainen laskentamalli ei tee eroa ylä- ja alamäen välillä, joten tieobjektin suunnalla ei ole merkitystä. Melumallin laatimisen yhteydessä on syytä varmistaa, että tien pystygeometria ei sisällä ”töyssyjä” tai muita virheellisiä mäkiä, jotka aiheuttavat virheellisiä mäkikorjauksia.

4.3.5 Päällystekorjaus

Päällystekorjauksena käytetään pohjoismaisen laskentamallin päällystekorjauksia. Oletusarvona käytetään AB16 ja SMA16 päällysteitä, joille voidaan käyttää samaa lähtöarvoa (Annex A No. 1.a [4]). Hiljaisempia päällysteitä ei lähtökohtaisesti huomioida meluselvityksessä.

4.4 Raideliikennemelun mallintaminen

Raideliikenteellä tarkoitetaan juna- ja raitioliikennettä. Tässä luvussa on käsitelty kaikkia näitä liikennemuotoja koskevat ohjeet. Lisäksi erikseen luvussa 2.5 on tarkempia ohjeita raitioliikenteen mallintamisesta.

4.4.1 Kiskon selän korkeus (ksk) / Geometria

Raideliikennemelulähde mallinnetaan 20 cm korkeudelle maanpinnasta, mikäli kyseessä on avorata (perinteinen juna- ja metrorata, kiskot ratapölkkyjen päällä, käytössä paikoin myös pikaraitioteillä). Näin huomioidaan kiskonselän (ksk) korkeus suhteessa sepelin/maanpinnan korkeuteen. Umpiradalla (perinteinen raitiotierata, upotetut kiskot) raideliikennemelulähde mallinnetaan 0 cm korkeudelle (suhteessa maanpintaan).

4.4.2 Melupäästön määrittäminen

Pohjoismaiseen raideliikennemelumalliin syötettävät kotimaiset lähtöarvot [14][15][16], eli a- ja b-kertoimet on esitetty liitteessä 5. Risteyskolinat ja vaihteet huomioidaan ensisijaisesti melupäästömittauksien perusteella ja mallinnetaan teollisuusmelumallilla (GPM). Mikäli mittaustietoa ei ole käytettävissä niin lisätään +6 dB korjaustermi 10 m matkalle pohjoismaisen raideliikennemelu-mallin (NMT96) mukaisesti. Junaliikenteen osalta vaihteiden paikat voi tarkistaa Liikenneviraston Oskari-palvelusta [10], sekä ilmakuvien perusteella.

4.5 Raitioliikenteen lähtöarvot

4.5.1 a- ja b- kertoimet

Lähtökohtaisesti mallinnukset tehdään aina Artic-raitiovaunulla umpiasfalttiradalla (Raitio Artic Kova). Raitioliikennemallinnuksessa käytettävät pohjoismaisen raideliikennelaskentamallin a- ja b- kertoimet [17][18] on esitetty Liite 6.

Lähtökohtaisesti raitioliikenteen melumallinnus tehdään Artic-kalustolla umpiasfalttiradalla.

Rakennettuihin nurmiratoihin ja poikkeustapauksissa erikseen sovittaessa myös tuleviin nurmiratoihin voi käyttää ”nurmirata”-kertoimia. Liite 6 nurmirata lähtöarvoja sovellettaessa tulee huomata, että umpinurmiratatyyppisellä radalla mitatut arvot ovat poikkeuksellisen pienet, eli noin 5 - 6 dB pienemmät kuin aiemmin mitatulla perinteisellä umpiasfalttiratatyyppisellä radalla. Nurmipäällyste ei selitä näin isoa eroa, joten joko kiskon kunnot poikkeavat merkittävästi toisistaan ja/tai jokin muu tekijä selittää eron. Tästä syystä nurmiradan kertoimissa on syytä käyttää varmuusvarana +2 dB korjaustermiä kiskon kunnon yhteydessä.

4.5.2 Pikaraitiotien lähtöarvot, avorata

Ennustetilanteen selvityksissä voi tulla vastaan mallinnustilanteita, esim. avosepelirata ja avonurmirata, joille ei ole mitattu lähtöarvoja. Avorata on noin 3 dB äänekkäämpi kuin umpirata. Karkeasti voidaan arvioida, että avorata on akustisesti pehmeä sepeli tai ketokasvillisuus huomioiden yhtä äänekäs kuin umpiasfalttirata (laskenta-asetuksissa ja maastomallissa raitiorata-alue mallinnetaan akustisesti kovana). Avoradalla käytetään siis umpiasfalttiradan a- ja b-kertoimia.

4.5.3 Kaarrekirskunnat

Kaarrekirskunta mallinnetaan, kun kaarresäde R on alle 50 m.

Kaarrekirskunta on satunnainen ilmiö, jonka suuruuteen ja esiintymistodennäköisyyteen vaikuttaa mm. kaarresäde, ajonopeus sekä kalusto. Raitiovaunun kirskuntoja on mitattu jyrkissä kaarteissa, joiden kaarresäde on alle 50 m [12][13]. Nopeudet ovat kuitenkin olleet varsin hiljaisia, joten ei voida poissulkea, että huomattavasti suuremmalla esimerkiksi 60 - 70 km/h ajonopeudella kirskuntaa voisi myös esiintyä jopa 200 m kaarresäteellä.

Mikäli selvitysalueella on vauhdikkaampia loivia kaarteita (R = 50 - 200 m), kyseiset kaarteet huomioidaan epävarmuustarkastelussa ja annetaan tarvittaessa (rakennus kaarteen välittömässä läheisyydessä) muutaman desibelin (+2…+3 dB) lisävarmuusvara kaavan vaatimuksiin.

Jyrkissä kaarteissa (R < 50m) kaarrekirskunta mallinnetaan teollisuusmelumallilla raiteen keskilinjalle sijoitettavana viivalähteenä, jonka korkeus on 30 senttimetrin kiskon selän pinnasta. Artic-raitiovaunulle on mitattu kirskuvilta kääntöraiteilta keskimääräiseksi äänialtistustasoksi L_{AE} 90,8 dB ja enimmäisäänitasoksi L_{AFmax} 84,1 dB normalisoituna 10 m etäisyydelle [12]. Muista tilanteista ei ole mittaustietoa, joten yksinkertaistamiseksi kirskunnasta aiheutuva kokonaisääniteho voidaan olettaa vakioiksi riippumatta kaarteen pituudesta, jolloin lyhyemmässä ja jyrkemmässä kaarteessa ääniteho metriä kohden on suurempi kuin loivemmassa pitkässä kaarteessa. Tämä todennäköisesti paikoin liioittelee melutilannetta mutta antaa

mittaustiedon puuttuessa turvallisen arvion. Maankäytön suunnittelussa on syytä varmuuden vuoksi käyttää 5 dB häiritsevyyskorjausta.

Päivä- ja yöajan ääniteho lasketaan kaavalla (1),

$L_{WA} = L_{JA} + 10 \lg N_1 - 10 \log T + 10 \lg (N_2/4) + K1$, (1), missä

N1 on ohituksien määrä, N2 on telien määrä, K1 = 5 dB kapeakaistakorjaus, T on tarkasteluajankohdan päivä- tai yöaika (sekuntia) ja L_{JA} = 118,8 dB.

Kaarrekirskunnan enimmäisäänitason lähtöarvoksi saadaan:

$L_{WAmax*} = L_{JA} – (L_{AE} – L_{AFmax}) = 112,1$ dB
*Laskentamalliin syötettävä enimmäisäänitason lähtöarvo, joka siis ei ole oikea/todellinen ääniteho vaan enimmäistason laskentaan käytettävä lähtöarvo.

Enimmäisäänitason laskennassa viivalähde tulee mallintaa riittävän monena erillisenä melulähteenä (kullakin osalähteellä sama lähtöarvo 112,1 dB), jotta enimmäisäänitaso tulee mallinnettua oikein myös lähietäisyydellä. **HUOM! Yksittäisissä enimmäisäänitaso äänilähteissä äänitehon tulee olla 0 dB, mikäli se lasketaan yhtä aikaa keskiäänitasolaskennan kanssa**. Kirskunnasta aiheutuva äänenvoimakkuus ja taajuusjakauma vaihtelee suuresti. Kaarrekirskunan taajuusjakaumana voidaan käyttää Taulukko 6 tietoja, jotka perustuvat aiemmin tehtyjen kaarremittauksien energiakeskiarvoon [12].

Taulukko 6. Mitattujen kaarrekirskuntojen taajuusjakauma

f, Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L, dB	32,6	41,3	46,8	67,4	66,2	64,6	60,7	60	54,2

4.5.4 Vaihde- ja risteyskolinat

Vaihde- ja risteyskolina mallinnetaan Taulukko 7 lähtöarvoilla.

Vaihdekolinalla voi olla merkittävä paikallinen vaikutus enimmäisäänitasoihin tai keskiäänitasoihin (impulssikorjauksen myötä). Vaihdepaikkojen sijainnin voi selvittää katukuvan perusteella tai kaupungilta pyydettävän raitioratasuunnitelma-aineiston avulla. Vaihdekolina mallinnetaan Taulukko 7 lähtöarvoilla.

Artic-raitiovaunusta on tehtyjen mittauksien [12] perusteella 14 km/h vauhdilla, yhden risteysohituksen äänienergia L_{JA} on risteyksessä keskimäärin noin 113 dB. Taulukko 7 on esitetty vaihdekolinan oktaavikaistat.

Taulukko 7. Vaihde- ja risteyskolinan A-taajuuspainotetut oktaavikaistat

f, Hz	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A-tot
L_{ja}, dB	115,7	111,7	105,1	111,6	111,1	107,3	104,0	98,5	93,0	112,5

Artic-kaluston vaihdekolinoista ei ole tehty melupäästömittauksia eri nopeusalueilla eroteltuina erityyppisiin vaihteisiin. Tulosta voidaan kuitenkin laajentaa muille nopeusalueille vanhemman kaluston mittaustuloksista johdetuilla kaavoilla, jossa suunnanvaihtovaihteen (Y-vaihde, ”pikku ristikko”) osalta käytetään kaavaa (2) ja risteyksen (”iso ristikko”) osalta käytetään kaavaa (3) [11]:

$$22 \lg (v/14) \qquad (2)$$

$$30 \lg (v/14) \qquad (3)$$

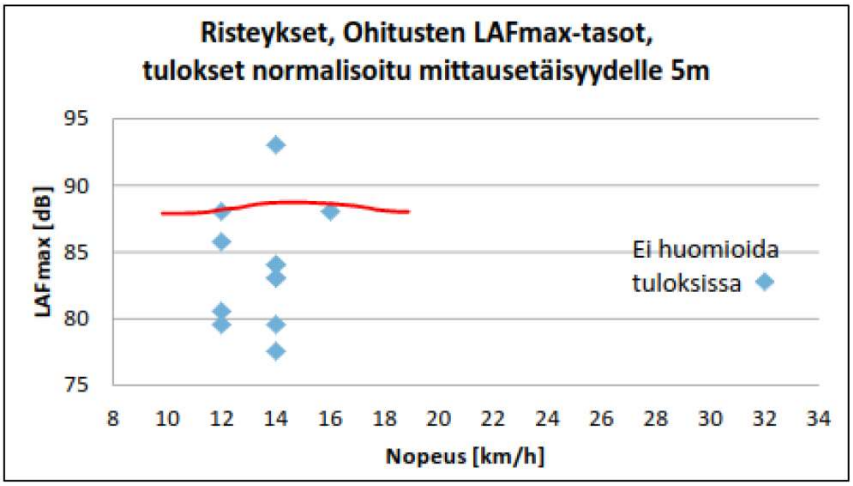
Eli esimerkiksi nopeuden muutos 14 -> 25 km/h vaikuttaa Y-vaihteen osalta kaavan (2) mukaisesti äänienergiaan +5,5 dB, jolloin saadaan äänienergiatasoksi L_{JA} 118 dB (112,5 + 5,5). Lähtöarvoa muodostettaessa tulee huomioida, että matalauraisilla vaihteilla ja risteyksillä nopeusrajoitus on 10 km/h ja toteutunut keskinopeus noin 14 km/h. Melumittauksien aikaan suurimmat mitatut ajonopeudet ovat olleet 20-30 km/h. Mitatut äänienergiatasot pätevät nykyiselle Artic-raitiovaunulle risteyksessä, jossa on matalauraisia puolenvaihtovaihteita ja risteyksiä. Uuden syväuraisen vaihteen voidaan arvioida olevan noin 5 dB hiljaisempi [19]. Syväuraisilla vaihteilla ajonopeus on sama kuin itse radalla ja sen vaikutus tulee huomioida äänitehon ja enimmäisäänitason lähtöarvojen laskennassa.

Uusien Artic-XL 45m pitkien raitiovaunujen osalta pitää huomioida uusi telien määrä 1 dB korjaustermillä. Vaihdekolinat mallinnetaan teollisuusmelumallilla ja melulähde sijoitetaan telin korkeudelle, eli noin 30 cm vaihteesta.

Tarkastelujakson T ääniteho määritetään kaavalla (4):

$L_{WA} = L_{JA} + 10 \lg N_1 - 10 \lg (T/T_0) + K1 + K2$, (4) , missä
T_0 = 1 s
N_1 = ohituksien lukumäärä
K_1 = telien määrän korjaustermi (10 lg (N2/4))
K_2 = impulssikorjaus, 5 dB

Kuvasta 1 nähdään, että risteyksissä mitatut yksittäisien ohituksien enimmäistasot vaihtelevat hyvin suuresti. Vaihdekolinan enimmäistasolle käytetään L_{AFmax} = 89 dB lähtöarvoa 5 m etäisyydellä ja ajonopeudella 14 km/h [12]. Enimmäisäänitason laskentamalliin syötettäväksi lähtöarvoksi saadaan tällöin 111 dB (ohjelmassa PWLmax). Articilla tehtyjen enimmäisäänitasomittauksien perusteella ei ole johdettavissa nopeusriippuvuutta, joten nopeusaluetta laajennetaan vastaavilla nopeusriippuvuuksilla (kaavat 2 ja 3) kuin äänienergian laskennassa.



Kuva 1. Risteysohituksien hetkelliset enimmäistasot L_{AFmax}, punaisella käytettävä lähtöarvo [12].

4.6 Teollisuusmelu

Teollisuusmelulähteet mallinnetaan yleisellä ns. teollisuusmelulaskentamallilla (GPM 1982). Teollisuusmelulähteet ovat pääsääntöisesti yksilöllisiä, joten meluselvityksen lähtöarvot tulee lähtökohtaisesti selvittää melupäästömittauksin, mikäli ei ole käytettävissä laitevalmistajan antamia äänitehotietoja oktaavikaistoittain. Melupäästömittauksissa ja äänitehon määrittämisessä käytetään Nordtest NT80 mittausmenetelmää.

4.7 Tunnelit

Tunnelit huomioidaan tarvittaessa teollisuusmelumallilla tai laskentaohjelman tunneliobjektilla. Tunnelin suuaukosta tulevaan meluun (voimakkuuteen, taajuusjakaumaan ja suuntakuvioon) vaikuttavat tunnelin pituus, suuaukon koko ja muoto, äänilähteen voimakkuus ja taajuusjakauma, tunnelin sisäpinta. Ääniteho voidaan määrittää Nord2000-melulaskentamallissa käytettyjen laskentakaavojen avulla [20][21][22], jotka on esitetty Liite 7. Mikäli tunnelia ei huomioida melumallinnuksessa, niin tämä epävarmuus tulee huomioida raportoinnin ja tuloksien analyysin yhteydessä. Tällöin tunnelin suuaukon välittömässä läheisyydessä on tarpeen esittää vähintään 2 - 3 dB lisävarmuusvara. Rinteessä tai yläviistoon ylempiin kerroksiin tunnelin suuaukolla voi olla suurempikin vaikutus.

4.8 Laskenta-asetukset

Melumallinnuksessa käytettävät keskeiset laskenta-asetukset on esitetty Taulukko 8. Mikäli käytetään näistä poikkeavia laskenta-asetuksia, asetusten muutokset ja vaikutukset tulokseen tulee perustella raportissa. Laskenta-asetuksia ei tarvitse raportoida, pois lukien asetukset, joissa on vaihteluväli (esim. laskentaruudukon koko), jos käytetään tämän ohjeen mukaisia asetuksia ja raportissa on viittaus, että on mallinnettu tämän ohjeen mukaisilla laskenta-asetuksilla.

Taulukko 8. Melumallinnuksessa käytettävät laskenta-asetukset

Laskenta-asetus	Arvo
Indikaattorit, keskiäänitaso	Päiväajan keskiäänitaso L_{Aeq}, 7–22 ja yöajan keskiäänitaso L_{Aeq}, 22–7
Indikaattorit, enimmäisäänitaso raideliikenne	Raideliikenne L_{AMmax} (A-painotettu ohituksen aikainen energiakeskiarvo, eli noin L_{ASmax})
Indikaattorit, enimmäisäänitaso teollisuusmelulähteet (vaihdekolinat ja kirskunnat) ja tieliikenne	L_{AFmax} (A-painotettu enimmäistaso Fast-aikapainotuksella)
Laskentaruudukon koko, ruutujen interpolointi	2–5 metriä, jokainen ruutu lasketaan ilman ruutujen interpolointia
Meluvyöhykkeiden laskentakorkeus	2 metriä
Julkisivuun kohdistuvan melutason laskentakorkeus	Alkaen 2 metriä maanpinnasta kerroksittain, tyypillisesti 3 metrin välein
Julkisivuun kohdistuvan melutason laskentapisteen etäisyys julkisivusta	0,05 metrin etäisyydelle julkisivusta (julkisivusta heijastuvaa melua ei huomioida)
Julkisivun laskennan pyöristyssääntö	0,1 (esim. CadnaA: Rounding up with last digit 0,1)
Julkisivuun kohdistuvan melutason laskentapisteiden pisteväli vaakasuunnassa	1–5 metriä
Suurin sallittu virhe (max error)	Korkeintaan 0,2 dB, enimmäisäänitasolaskennoissa 0 dB.
Laskentasäde	Laskentasäde Laskentasäteen sisällä tulee olla kaikki kaava-alueen kannalta merkittävät melulähteet, Mikäli laskentasäde on 1500* – 3000** metriä (vähintäänkin riittävä), niin sitä ei tarvitse erikseen raportoida. *kaduilla ja raideliikenteellä: vähintään 1500 m **vilkasliikenteinen väylä: vähintään 3000 m enimmäisäänitason laskennassa riittää huomattavasti lyhyempi laskentasäde ~500 m
Laskenta-alue	Laskenta-alueeseen on syytä sisällyttää melukäyrät lähimmän melulähteen kohdalta ja mahdolliset heijastusvaikutukset kaava-alueen vastakkaiselle puolelle (nykyinen maankäyttö).
Heijastukset	Ensimmäisen/Toisen kertaluvun heijastukset. Harkittava tapauskohtaisesti. Esim. mikäli tutkitaan heijastusvaikutusta tai melulähteen vieressä on heijastava este, niin vähintään kaksi heijastusta. Erikoistapauksessa, eli koverapintaisten rakennusten osalta vähintään kolmannen kertaluvun heijastukset.
Lämpötila ja kosteus	Lämpötila 15°C ja suhteellinen kosteus 70 %
Viivalähteen segmentin enimmäispituus, rasterointi arvo	50 metriä, rasterin koko 0,5
Rakennusten ja meluesteiden heijastusvaimennus	1 dB (α = 0,21)

Akustisesti kovat alueet	(G = 0) Laajat asfalttialueet, vesistöt, katualue, ja rakennusten katot/pohjat
Akustisesti pehmeät alueet	(G = 1) Puistot, sepeliradat, nurmialueet ja metsät
Kukin melulähde yksittäisenä emissiolähteenä	(pohjoismaisen tiemelumallin mukaisesti)
Heijastustason määrittelyssä suurin sallittu poikkeama	0,5 tai 1 metriä, kovassa ympäristössä 0,5 on suositeltu arvo

4.9 Mallinnettavat laskentatilanteet

Melumallinnus tehdään pääsääntöisesti vain ennustetilanteen liikennetiedoilla ja ennustetilanteen rakennusmassoilla. Mikäli nykytilanne on meluntorjunnan kannalta mitoittavampi melutilanne (suuremmat melutasot), silloin myös nykytilanne tulee mallintaa. Vaiheittain rakentamisen tarkastelua harkitaan tapauskohtaisesti.

Tarvittaessa on esitettävä ja mallinnettava vähintään yksi toimiva, riittävä ja realistinen meluntorjuntaratkaisu (ohjearvot alittuvat oleskelualueilla; riittävä suojaustaso varmistettava kaupungin kommenttikierroksella).

Mallinnettavat laskentatilanteet tie- ja raideliikenteen yhteismelu päivä- ja yöaikaan

- Nykytilanne
- Ennustetilanne, johon varaudutaan:
  - Ennusteliikenne, viitesuunnitelman mukaiset uudet rakennusmassat, ilman meluntorjuntaa
  - Ennusteliikenne, viitesuunnitelman mukaiset uudet rakennusmassat, meluntorjunnalla. (Mallinnetaan tarvittaessa).
  - Vaiheittain rakentamisen tarkastelut (Mallinnetaan tarvittaessa)

Tarvittaessa tie- ja raideliikenteen melu mallinnetaan erikseen, mutta lähtökohtaisesti riittää, kun raportissa todetaan, kumpi on mitoittavampi vai ovatko suunnilleen yhtä äänekkäitä.

4.9.1 Rakennuslupavaihe

Mikäli mallinnettu ennustetilanne on oleellisesti muuttunut asemakaavavaiheen jälkeen, niin meluselvitys tulee päivittää viimeisimmän suunnitteluratkaisun ja liikennetietojen perusteella. Oleellisina muutoksina voidaan pitää tulevien rakennuksien korkeuteen, sijaintiin tai pihan korkeusasemassa tapahtuneita muutoksia, vaiheittain toteutuksessa tai katu- ja liikennejärjestelyiden merkittävä muutokset.

Keskeisinä mallinnustuloksina tulee esittää, onko muutoksilla vaikusta kaavassa esitettyihin äänitasoerovaatimuksiin ja meluntorjuntaratkaisuihin.

Rakennuslupavaiheessa tehdään ääneneristävyyden mitoituslaskenta, joilla osoitetaan, että asemakaavassa tai poikkeamispäätöksessä esitetyt sekä ympäristöministeriön asetuksen (796/2017) tekniset vaatimukset täyttyvät. Äänieristävyyden mitoituslaskennassa käytetään joko ympäristöministeriön oppaan 108 [3] mukaista menettelyä tai RIL 243-1-2007 äänitasoeromenetelmää. Parvekelasituksen mitoituksessa voidaan käyttää esimerkiksi ympäristöhallinnon ohjetta 6/2016 [23].

5 Tavoitearvot

5.1 Melutason ohjearvot

Melutasoja verrataan valtioneuvoston päätöksessä (993/1992) annettuihin melutason ohjearvoihin [1]. Melun ohjearvot on tarkoitettu käytettäväksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyissä. Ohjearvot on annettu erikseen päivä- (klo 7 - 22) ja yöajan (klo 22 - 7) melutasoille.

Vantaan kaupungissa sovelletaan ulko-oleskelualueiden päiväajan 55 dB ja pääsääntöisesti yöajan 50 dB ohjearvoja, koska rakentaminen on useimmiten olemassa olevan alueen täydennysrakentamista. Uusilla asuinalueilla sovelletaan 45 dB yöajan ohjearvoa. Uudella alueella tarkoitetaan pääsääntöisesti vähintään korttelin kokoista aluetta (noin vähintään 25 000 kem), jolla on ennestään hyvin vähän tai ei lainkaan asuinrakennuksia, jolle luodaan uutta infrastruktuuria ja jolla laajennetaan kaavoitettua aluetta tai luodaan uutta. Tulkintaan vaikuttaa lisäksi alueen sijainti muihin alueisiin nähden.

Julkisivujen äänitasoerovaatimuksen ΔL määrittämiseen sovelletaan asuinhuoneiden osalta päiväajan 35 dB ja yöajan 30 dB sisätilojen ohjearvoja. Opetustilojen osalta sisämelutason päiväohjearvo on 35 dB. Liike- ja toimistohuoneiden osalta sisämelutason päiväohjearvo on 45 dB. [1]
Useimmiten päiväajan melutilanne on määräävämpi ja meluntorjuntaa mitoittava melutilanne, koska liikenteen jakauman takia yömelutasot ovat yli 5 dB pienemmät kuin päivämelutasot. Raideliikenteessä yöajan melutilanne voi olla määräävämpi ja meluntorjuntaa mitoittava.

5.2 Enimmäistasot

Raideliikenteen aiheuttaman sisämelun enimmäistason suositusarvona sovelletaan enimmäisäänitasoa $L_{Amax} \leq 45$ dB [3]. Tavoitteena on, että L_{Amax} 45 dB ei ylity yöaikaan lepoon ja nukkumiseen käytettävissä tiloissa. Yksittäinen äänekäs tapahtuma ei vielä tarkoita suositusarvon ylitystä, vaan sallittuja ylityksiä voi olla muutamia.

6 Meluntorjunnan mitoitusperusteet

6.1 Ulko-oleskelualueiden melutilanne

Mikäli ohjearvot [1] ylittyvät, eli mallinnustulos on ohjearvoa suurempi, niin on tutkittava tarvittavat toimet leikki- ja oleskelupihan suojaamiseksi siten, että ohjearvot päivällä ja yöllä alittuvat. Meluselvityksessä on esitettävä vähintään yksi toteuttamiskelpoinen meluntorjuntaratkaisu. Pihalle, rakennusten ja esteiden suojaisalle puolelle tulee muodostua riittävän suuria melutason ohjearvot alittavia oleskelualueita. Rakennustapaohjeessa (RT 89-10966) on annettu ohjeita mm. leikkialueiden kokoon. Virkistykseen käytettävän oleskelualueen vähimmäiskoko riippuu tilanteesta ja sen riittävyys tulee varmistaa kaavoittajalta.

6.2 Julkisivujen äänitasoerovaatimukset

Julkisivujen äänitasoerovaatimusten tulee olla riittävät, jotta sisämelutason ohjearvot [1] eivät ylity. Tavoitteena tulee lisäksi olla, ettei (raideliikenteen osalta) enimmäisäänitason suositusarvo ($L_{Amax} \leq 45$ dB) ylity. Meluselvityksestä tulee selvästi käydä ilmi suositukset sekä keski- että enimmäisäänitason perusteella. Lisäksi on kerrottava, tuleeko vaatimuksen täyttyä tie-, lento vai junaliikennemelua vastaan, eli

onko ilmaäänieristysluvun laskennassa käytettävä spektripainotustermi C_{tr} (tieliikenne) vai C (junaliikenne suuremmilla nopeuksilla). Eri suuntaan avautuvilla julkisivuilla voi olla eri melulähde. Äänitasoerovaatimus voidaan antaa junaliikenteen melua vastaan, mikäli kyseessä on suora rataosuus ilman vaihteita ja junaliikenteen melu on selvästi mitoittavin melulähde. Lentoliikennemelun äänitasoerovaatimukset asetetaan aina yleistä liikennemelua vastaan (C_{tr}).

Pohjaratkaisun ja massoittelun suunnittelussa tavoitteena on, että tuuletusmahdollisuus ja makuuhuoneet ovat hiljaisemmalta ohjearvot alittavalta puolelta.

Kaikkien uusien melualueella olevien asuinrakennuksien tulee täyttää vähintään 30 dB äänitasoerovaatimus [lähdeviite] ja poikkeustapauksissa hiljaisilla melualueen ulkopuolisilla alueilla Vantaalla sovelletaan vähintään 28 dB äänitasoerovaatimusta.

6.3 Lentoliikenteen aiheuttama melu

Lentoliikenteen aiheuttaman melun osalta noudatetaan Vantaan yleiskaavan 2020 lentomeluvyöhykkeitä.

Lentomelun äänitasoerovaatimukset ovat rakennusvalvonnan rakentamisohjeen (Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyysvaatimukset) [25] mukaan seuraavat:

- Lentomeluvyöhyke 1, L_{den} yli 60 dB, ulkovaipan ääneneristävyysvaatimus Δ*L* lento- ja tieliikennemelua vastaan tulee olla vähintään 38 dB, ei saa rakentaa uusia asuntoja eikä muita melulle herkkiä toimintoja;
- Lentomeluvyöhyke 2, L_{den} 55–60 dB, ulkovaipan ääneneristävyysvaatimus Δ*L* lento- ja tieliikennemelua vastaan tulee olla vähintään 35 dB, ei saa sijoittaa uusia alueita eikä melulle herkkiä toimintoja.
- Lentomeluvyöhyke 3, L_{den} 50–55 dB. ulkovaipan ääneneristävyysvaatimus Δ*L* lento- ja tieliikennemelua vastaan tulee olla vähintään 32 dB. [25]
- Lentokoneiden laskeutumisvyöhykkeellä melu on huomioitava rakentamisessa. Asumiseen ja muihin melulle herkkiin toimintoihin käytettävien rakennusten ulkokuoren ääneneristävyyden ΔL lento- ja tieliikennemelua vastaan tulee olla vähintään 35 dB.

Uusimmat yleiskaavan 2020 lentomeluvyöhykkeet ovat saatavilla Vantaan karttapalvelussa karttatasolla *Luonto ja ympäristö, Melualueet*.[4]

LENTOMELU			
Yleiskaavanmukainen lentomeluvyöhyke	**Lentomeluvyöhyke**	**Äänitasoero** Asuin-, potilas- ja majoitushuoneissa sekä opetus- ja kokoontumistiloissa	**Äänitasoero** Toimistotiloissa yleensä
	L_{DEN} (dB)	ΔL (dB)	ΔL (dB)
m1	> 60	-	35
m2	55 … 60	35	32
m3	50 … 55	32	28
Meluntorjuntatarvealue	-	28	25

Kuva 2 Lentomelualueiden äänitasoerovaatimukset [25]

6.4 Oleskeluparvekkeen toteutettavuus

Oleskeluparvekkeet, jotka sijoittuvat yli 52 dB päivämelun tai 47(42) dB yömelun (julkisivuun kohdistuva melutaso ilman heijastusta) julkisivuille, tulee suojata parvekelasituksen avulla. Uusilla asuinalueilla sovelletaan tiukempaa 45 dB yöohjearvoa (julkisivuun kohdistuu 42 dB).

Tässä 52 dB melutasossa ei ole huomioitu julkisivusta heijastuvaa melua, jolloin avoimella parvekkeella vallitseva melutaso on noin +1…+3 dB suurempi kuin julkisivuun kohdistuva melutaso. Parvekkeilla, joihin kohdistuva melutaso on päivällä välillä 52 - 64 dB (yöllä 5-10 dB vähemmän), meluntorjunta on mahdollista toteuttaa tavanomaisella parvekelasituksella (avattavalla lasituksella ja välilistoilla). Tarvittaessa parvekkeen melutilannetta voidaan vielä parantaa akustoinnin avulla, kuitenkin enintään noin 2 - 4 dB.

Voimakkaan melutason julkisivuille, joihin kohdistuu 65 - 69 dB päivämelutaso tai 60 - 64 dB (55 - 59) dB yömelutaso, ei suositella oleskeluparvekkeita. Tällä melutasolla oleskeluparvekkeiden jatkosuunnittelu vaatii yksityiskohtaisempaa akustiikkasuunnittelua ja parvekkeiden toteuttamiskelpoisuutta on suositeltavaa tarkastella jo asemakaavavaiheessa esimerkiksi YM-ohjeen 6/2016 [21] mukaisesti tarkemmalla alustavalla akustisella mitoituksella. Tällöin tulee myös huomioitua parvekkeen muoto (L-parveke tai sisään vedetty) sekä kiinteän lasituksen osuus. Uloke-parveke (”noppa parveke”) ei ole suositeltava. Lisäksi parvekkeen ilmanvaihto voi edellyttää erityisratkaisuja. Mitoituslaskennassa tulee käyttää varmuusvaraa eli ilman lisättävää absorptiota.

Yli 70 dB päivämelun tai 65(60) dB yömelun julkisivuille ei tule esittää oleskeluparvekkeita. Viherhuone on mahdollinen kyseisillä julkisivuilla. Viherhuoneissa päiväajan melutaso saa olla korkeintaan 45 dB.

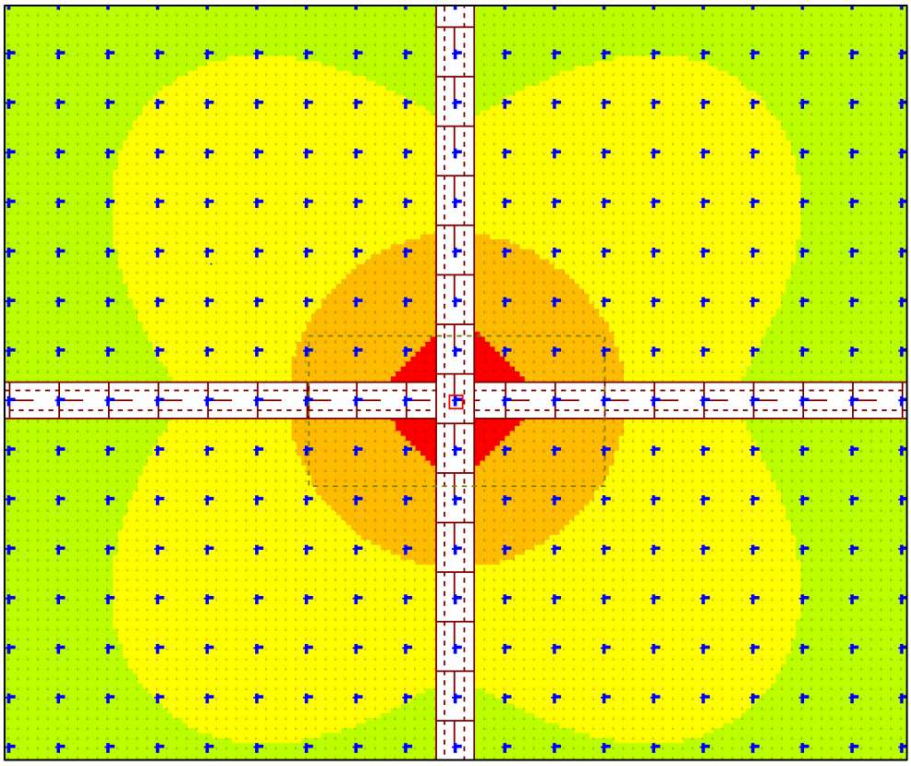
6.5 Epävarmuuksien huomioon ottaminen

Erityisesti raitioliikenteen mallintamiseen liittyviä epävarmuustekijöitä on syytä pohtia tarkasti meluntorjunnan mitoituksen kokonaisarviota tehtäessä.

Liikennemelun mallintamiseen, mutta erityisesti raitioliikenteen mallintamiseen liittyy useita epävarmuustekijöitä, jotka on syytä ottaa meluntorjunnan mitoituksen kokonaisarviota tehdessä tapauskohtaisesti huomioon.

Kokonaisarvioon vaikuttaa eri melulähteiden osuus kokonaismelutasot. Esimerkiksi jos katuliikenteen melu on selkeästi mitoittavin melulähde, niin raitioliikenteen melumallinnukseen liittyvää epävarmuutta ei tarvitse huomioida äänitasoerovaatimuksien lisävarmuusvaroissa. Asiantuntija esittää arvion siitä, missä määrin mm. alla kuvattuja epävarmuuksia on syytä ottaa huomioon laskentatuloksesta poikkeavalla tavalla.

- Kaarrekirskuntaan voi esiintyä myös loivemmilla kaarresäteillä (50 m < R < 200 m). Joissain tapauksissa voi olla perusteltua varautua esimerkiksi vauhdikkaan kaarteen välittömään läheisyyteen sijoittuvan rakennuksen julkisivun mitoituksessa 2-3 dB mallinnustulosta suurempaan raitioliikenteestä aiheutuvaan äänitasoon. Kaarrekirskunnan esiintymisen todennäköisyyttä jyrkemmissäkin (R < 50 m) kaarteissa on vaikea ennakoida, minkä takia mallinnustulos saattaa myös liioitella tavanomaista tilannetta.
- Vaihdekolinan lähtöarvo on mitattu 14 km/h nopeudella. Joissain tilanteissa voi olla perusteltua varautua siihen, että lähtöarvo skaalataan 20 km/h ajonopeuteen. Toisaalta vaihteisiin, joiden sijaintia ei vielä pystytä ennakoimaan, voi joissain kohdin olla perusteltua varautua 2-3 dB mallinnustulosta suurempaan äänitasoon.
- Mikäli kyseessä on tuleva rata ja vaihteiden paikat ei ole tiedossa, niin epävarmuustarkastelussa voidaan huomioida raitioliikennemelun osalta +2…+3 dB lisävarmuusvara suorilla rataosuuksilla. Kaartuvilla osuuksilla ei voi olla vaihdetta.
- Vaihdekolinat ovat vakioliikennettä pienitaajuisempaa, joten rakennusten julkisivut eristävät kolinamelua heikommin. Rakennusten julkisivujen äänitasoerovaatimukseen voi joissain tilanteissa olla suositeltavaa lisätä enimmäisäänitasotarkastelussa (L_{AFmax}) lisä-varmuusvara +2…+3 dB. Keskiäänitasolaskentojen osalta + 5 dB impulssikorjauksen lisäämistä äänilähteen lähtöarvoon voidaan pitää riittävänä, eikä ole tarvetta asettaa lisä-varmuusvaroja pienitaajuisen äänen suhteen.
- Tunnelia ei ole mallinnettu. Tunnelin suuaukon välittömässä läheisyydessä on tarpeen esittää vähintään 2 - 3 dB lisävarmuusvara. Rinteessä tai yläviistoon ylempiin kerroksiin tunnelin suuaukolla voi olla suurempikin vaikutus
- Pohjoismaisten liikennemelulaskentamallien oletuksista poikkeavat olosuhteet kuten kiihdytykset, risteykset (kts. Kuva 2), bussipysäkit, vaikutus melutasoon sekä tekijät, joita ei mahdollisesti ole huomioitu mallinnuksessa.



Kuva 3. Esimerkki CNOSSOS-EU mallin risteyskorjauksen vaikutus melutasoihin 50 km/h nopeus alueella, kun raskaan liikenteen osuus on 12 %, joista 60 % kuuluu luokkaan 3. Värit 1 dB välein, punaisella +3 dB oranssilla +2 dB. Siniset ruudukot 10 m välein. Pienemmällä nopeudella ja raskaanliikenteen osuudella pienempi vaikutus.

Vaikka melumallinnustilanne vastaisi pohjoismaisien laskentamallin olosuhteita, niin myös normaaliin melumallinnustilanteeseen liittyy aina epätarkkuutta. Tyypillisesti melulähteen läheisyydessä mallinnustarkkuus on noin ±2 dB. Tätä ei kuitenkaan huomioida äänieristysvaatimuksia määritettäessä, koska kyseinen epätarkkuus huomioidaan rakenteiden mitoitusvaiheessa [3].

7 Raportointi ja tulosten esittäminen

7.1 Raportin sisältövaatimukset

Alla on esitetty meluselvityksen raportin viitteelliset otsikkotasot ja sisältövaatimukset. Otsikko-tasojen nimiä ja rakennetta voi muokata tapauskohtaisesti konsultin oman harkinnan mukaan. Sisältövaatimuksista ja lähtökohdista voi poiketa perustellusti. Oleellisista poikkeamisista tulee ensin neuvotella kaupungin kanssa. Lähtötietojen esittämistarkkuuden lähtökohta on, että meluselvitys on toistettavissa raportoiduilla lähtöarvoilla ja -tiedoilla.

Meluselvityksen raportin viitteelliset otsikkotasot ja kuvaus sisällöstä:

- Taustatiedot
    - Hankkeen perustiedot (**aina kaavanumero kaavojen meluselvityksissä, päiväys**)

- Hankkeen sijaintitiedot (esim. kohteen sijainti kartalla siten, että selviää, missä hankealue on)
- Hankkeen yhteyshenkilöt (mm. meluselvityksen tilaaja ja konsultti)

- Arviointimenetelmät ja lähtötiedot
  - Viittaus tähän ohjeeseen
  - Tavoitearvot
  - Laskenta- ja mallinnusmenettelyt
    - Laskentamallit ja -ohjelmistot
    - Laskentasuureet
    - Laskenta-asetukset (jos poiketaan tämän ohjeen mukaisista)
  - Liikennetiedot nykytilanteessa ja ennustetilanteessa
    - Huom. nykytietoja ei voi aina esittää, jos esim. uusi raide, katu
    - Liikennetiedot esitetään selkeästi siten, että on yksiselitteistä, mikä liikennemäärä kuuluu millekin rata-/tie-/katuosalle esim. tarvittaessa liikennemäärät voidaan esittää melukartalla, erillisellä liitekartalla tai melukartoilla nimetään katuosat selvästi.
  - Teollisuusmelulähteiden sijainti (x,y,z) ja lähtöarvot (toiminta-ajat, oktaavikaistat ensimmäisen desimaalin tarkkuudella jne.)
  - Tiedot viitesuunnitelmasta
    - Erityisesti oleskelualueiden sijainnin esittämiseen tulee kiinnittää huomiota
- Tulokset
  - Sanallinen kuvaus tuloksista
  - Lisäksi erilliset liitemelukartat (kts. ohjeen luku ”5.2 Melukartat”)
  - Tulokset mallinnus- ja mittaustarkkuus huomioiden aina kokonaislukuina
- Tulosten tarkastelu/Analyysi/Loppupäätelmät/Johtopäätökset/Jatkotoimenpidesuositukset
  - Melutasojen vertailu ohje- tai tavoitearvoihin
  - Arvioidaan meluvaikutukset viitesuunnitelman mukaisille oleskeluun ja leikkiin tarkoitetuille piha-alueille
  - Arvioidaan leikki- ja oleskelualueiden meluntorjunnan tarve ja tarvittaessa esitetään yksi riittävä/hyväksyttävä/realistinen meluntorjuntaratkaisu
  - Arvioidaan meluvaikutukset viitesuunnitelman mukaisille rakennusten julkisivuille
  - Julkisivumelutasojen perusteella määritetään suositukset rakennusten rakenteiden äänitasoerovaatimuksille (erikseen perustelut L_{Aeq} ja $L_{A,max}$) ja suositukset parvekelasituksen äänitasoerovaatimuksille
    - Suosituksiin erittely mitä melua (tie vai raide) vastaan mitoitus tehdään, eli käytetäänkö rakenteiden äänieristyksen mitoituksessa yleistä liikennemelun taajuusjakaumaa (R_w+C_{tr}) vai voidaanko käyttää raideliikenteen taajuusjakaumaa (R_w+C).
    - Eri suuntiin avautuville julkisivuille voi olla eri suositukset
    - $R_w + C$ vaatimus raideliikennemelua vastaan, mikäli vastaa äänen taajuusjakaumaa, eli raideliikenne on selvästi merkittävin/mitoittavin melulähde ja on suora rataosuus eikä vaihteita
    - Lentoliikenteen osalta on syytä käyttää yleistä liikennemelun taajuusjakaumaa C_{tr}
  - Esitetään suositukset hankkeen melunhallinnan ja -torjunnan jatkosuunnittelulle
  - Vaiheittain rakentaminen selvitettävä tarvittaessa selkeissä tapauksissa
  - Mikäli tarkoituksenmukaista, arvioidaan hankkeen meluvaikutukset nykyiselle asutukselle mm. heijaste- ja suojausvaikutukset (kielteiset ja myönteiset vaikutukset).

    - Mikäli tarkoituksenmukaista, arvioidaan muutos nykytilanteeseen ja vertaillaan ennustetilannetta nykytilanteeseen, vaikka sitä ei mallinnettaisi. Mikäli nykytilanne on melun suhteen mitoittavampi (suuremmat melutasot), niin silloin myös kyseinen tilanne tulee mallintaa.
- Herkkyystarkastelu/Epävarmuustarkastelu
    - Lähtöarvoihin mahdollisesti liittyvä tavanomaista suurempi epävarmuus sekä vaikutus tuloksiin ja johtopäätöksiin
    - Raitioliikenteen laskentatulokseen liittyvien epävarmuuksien arviointi
    - Eri osamelulähteiden merkittävyys ja epävarmuus (esim. raitioliikennemelun voimakkuuden suhde katuliikennemeluun) sekä vaikutus tuloksiin ja johtopäätöksiin
    - Esim. laskentamallista poikkeavat olosuhteet kuten kiihdytykset, risteykset, bussipysäkit, vaikutus melutasoon sekä tekijät, joita ei mahdollisesti ole huomioitu mallinnuksessa:
        - Tunnelien suuaukot
        - Mallinnusnopeus vs. todellinen nopeus (erityisesti raideliikenne)
    - Terminaalit ja varikot/lastauslaiturit ja muut teollisuusmelulähdetyyppiset meluvaikutukset, joita ei ole mallinnettu. HUOM! mikäli arvioidaan, että teollisuusmelulähteet ylittävät ohjearvot oleskelualueella tai vaikuttavat sisämelutasoihin (myös L_{AMax}), niin ne tulee mallintaa teollisuusmelumallilla.
    - Suositeltavaa on myös kuvata meluvaikutukset, joita ei voi verrata tavoitearvoihin, kuten ääniympäristön laadulliset tekijät esim. kaupan lastauslaituri
- Liitteet
    - Listaus melukartoista ja muista mahdollisista liitteistä

- Viitteet
    - Viitesuunnitelmat
    - Tämä ”Liikennemeluselvityksen laatiminen maankäytön suunnitteluun” -ohje
    - Lainsäädäntö
    - Laskentamallit

7.2 Melukartat

Melulaskennan tulokset esitetään melukartoilla, joissa meluvyöhykkeet kuvataan viiden desibelin välein Taulukko 9 esitetyillä väreillä siten, että yksi ohjearvoa alempi meluvyöhyke jää näkyviin. Melukartat esitetään raportissa aina erillisenä liitteenä. Lisäksi melukuvia voi haluttaessaan esittää myös osana raportin tekstiosuutta. Melukartoilla esitetään meluvyöhykkeet ja julkisivumelutasot sekä suositukset uusien rakennusien ulkovaipan äänitasoerovaatimuksille.
Melukartat laaditaan seuraavista tilanteista, lähtökohtaisesti yhteismeluna ja tarvittaessa erikseen tie- ja raideliikennemelulle:

- nykytilanne päivä- ja yöaika
- ennustetilanne päivä- ja yöaika:
    - nykyisillä rakennuksilla (tarvittaessa esimerkiksi heijastusvaikutuksen arviointia varten)
    - uusien rakennuksien kanssa
    - uudet rakennukset ja mahdollinen meluntorjunta
    - vaiheittain rakentaminen (tarvittaessa erityistapauksissa)

Suositukset äänitasoerovaatimuksille esitetään raportissa äänitasoerovaatimuksesta 30 dB alkaen. Lisäksi melukartoilla esitetään suunniteltu meluntorjunta korkeustietoineen. Esteen korkeusaseman tulee olla suhteessa suojattavan oleskelualueen korkeusasemaan. Melukartoilla tulee esittää meluselvityksen nimi, laskentatilanne ja liikennetiedot sekä eri väreillä vanhat/uudet/erityyppiset rakennukset, mittakaavajana. Melukartoilla on myös suositeltavaa esittää esim. pihojen ja rakennusten korkotasot, oleskelualueiden sijainti, pohjoisnuoli, katujen nimet tai muita hankealueen sijaintiin liittyviä tietoja.

Taulukko 9. Melukartoissa käytettävät värit

Meluvyöhyke	Värin nimi	RGB	Hex	Väri
45–50 dB	Green	155-255-0	#9BFF00	
50–55 dB	Dark green	0-155-0	#009B00	
55–60 dB	Yellow	255-255-0	#FFFF00	
60–65 dB	Ocher	255-215-99	#FFD763	
65–70 dB	Orange	255-155-0	#FF9B00	
70–75 dB	Red	255-0-0	#FF0000	
Yli 75 dB	Violet	155-0-255	#9900FF	

7.3 Aineistoin toimittaminen ja kaupunkimalli

Asemakaavan meluselvitysaineisto toimitetaan pdf-muodossa ja meluvyöhykkeet dwg- tai dxf-muodossa kaupungin M-files-järjestelmään. Rakennuslupa-vaiheen meluselvitysaineisto lupapiste.fi-järjestelmään. Aineiston nimissä tulee näkyä kaavanumero tai rakennuslupavaiheessa rakennusluvan numero.

Vantaan kaupungilla on tavoitteena tehdä ja ylläpitää kaupungista digitaalinen kaksonen eli 4D-kaupunkimalli. Myös melulaskennan tuloksia on tarkoitus esittää ja hyödyntää kaupunkimallissa. Melulaskennan tulokset toimitetaan muun raporttiaineiston oheisaineistona asemakaava suunnittelijalle ja M-files-järjestelmään tai rakennuslupavaiheessa rakennusvalvonnan lupakäsittelijälle (lupapiste.fi) SHP-paikkatietomuodossa seuraavasti:

- Meluselvityksessä käytetyt uudet 3D-rakennusmassat (Eli kaikki ne rakennukset, joihin on ennustemelutasot laskettu) ja uudet meluesteet. (SHP-muodossa)
    - purettavat rakennukset omana tiedostona
    - vaiheittain tilanteet omina tiedostoina, mikäli mallinnettu vaiheittain toteutuminen
- Julkisivuille kohdistuvat melutasot toimitetaan 3D-pisteinä XYZ-koordinaatit, tietolajeina LP1-päivämelutaso ja LP2-yömelutaso. (SHP-muodossa)
    - vaiheittain tilanteet omina tiedostoina, mikäli mallinnettu vaiheittain toteutuminen
- Meluvyöhykkeet 5 dB portain sulkeutuvina melualueina. Pienin vyöhyke vähintään 5 dB pienempi kuin ohjearvo. (tyypillisesti toimii parhaiten SHP-muodossa)
    - vaiheittain tilanteet omina tiedostoina, mikäli mallinnettu vaiheittain toteutuminen
    - vyöhykkeet alkaen päivällä 50 dB eli 50-55, 55-60, 60-65, 65-70, 70-75, yli 75-> ääretön)
    - vastaavasti yöllä alkaen 40 dB eli 40-45, 45-50, 50-55, 55-60, 60-65, 65-70, yli 70-> ääretön)
- Melualueet rasterimuodossa (ASCII- muoto; X,Y,melutaso)
- Asemakaavan meluselvityksissä kaavanumero (tiedostojen nimissä)

- Rakennusluvan meluselvityksissä rakennusluvan numero (tiedostojen nimissä)
- Meluselvityksen laadinta vuosi, liikenne-ennuste vuosi (tiedostojen nimissä)

8 Liiteluettelo

Liite 1. Junaliikennemäärät ennustetilanteessa
Liite 2. Kaukojunien nopeustiedot, päärata
Liite 3. Lähijunien nopeustiedot, Kehäradan I- ja P-junat, pysähtyy jokaisella asemalla
Liite 4. Lähijunien nopeustiedot, pääradan K-junat, pysähtyy jokaisella asemalla
Liite 5. Lähijunien nopeustiedot, pääradan R- ja Z-junat, ei pysähdy jokaisella asemalla
Liite 6. Pohjoismaisen raideliikennemelumallin mukaiset a- ja b-kertoimet raideliikenteelle
Liite 7. Tunnelin suuaukkojen mallintaminen
Liite 8. Vaihdekolinan ja kaarrekirskunnan laskentapohja

9 Lähdeluettelo

[1] Liikennemeluselvityksen laatiminen maankäytön suunnitteluun. Helsingin kaupunki, Maankäytön yleissuunnittelun ohje 9.9.2019.
[2] Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 29.10.1992/993. Voimaantulo: 1.1.1993. Saatavissa (tarkistettu 14.8.2019): http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993
[3] Rakennuksen julkisivun ääneneristävyyden mitoittaminen, Ympäristöopas: 108, Ympäristöministeriö 2003.
[4] Vantaan kaupungin karttapalvelu (tarkistettu 11.11.2020): https://kartta.vantaa.fi/
[5] Vantaan liikennemelu 2017, ympäristömeludirektiivin mukainen meluselvitys. Laatinut: Sito Oy. Raportti saa-tavilla: https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaawwwstructure/134247_vantaan_meluselvitys_2017.pdf
[6] Road traffic noise – Nordic prediction method, TemaNord 1996:525, Nordic Council of Ministers 1996.
[7] Railway traffic noise – Nordic prediction method, TemaNord 1996:524, Nordic Council of Ministers 1996.
[8] Kragh J.; B Andersen B.; J Jakobsen J., Environmental noise from industrial plants. General prediction method. Danish Acoustical Laboratory, Report 32. Lyngby 1982.
[9] Tien meluesteiden suunnittelu, Liikenneviraston ohjeita 21/2015
[10] Liikenneviraston Oskari-palvelu (tarkistettu 14.8.2019): https://julkinen.liikennevirasto.fi/oskari/
[11] Lahti T., Helsingin raitiovaunut – Risteys- ja vaihdemelun mittaukset, TL akustiikka 11214, Helsinki 11.5.2012.
[12] Lyly T., Jussila K., Kauhanen M. ja Niskanen I., Artic-raitiovaunujen risteys- ja kaarremelun mittaukset 17.2.2016. WSP, Helsinki, 1.9.2016.
[13] Raideliikennemelun laskentamalli. Ympäristöministeriön ympäristöopas 97. Helsinki 2002. 117 s.
[14] Eurasto, R. Suomessa käytössä olevien junatyyppien meluemissiomittaukset ja raideliikenne— melun laskentamallin lähtöarvojen ja junatyyppikorjausten määrittäminen. VTT Rakennustekniikka tutkimusselostus Nro RTE897/00. Espoo 14.3.2000. 60 s.
[15] Eurasto, R. Raideliikennemelun laskentamallin lähtöarvot ja junatyyppikorjaukset Sm4- ja IC2-junille. VTT Rakennustekniikka Tutkimusraportti nro RTE3 069/00. Espoo 2000. 48 s.

[16]Eurasto, R. Raideliikennemelun laskentamallin lähtöarvot metrojunille. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka Tutkimusraportti Nro RTE2028/03. Espoo 28.5.2003. 17 s.
[17]Gouatarbès B., Lahti T., Artic-raitiovaunu – Raideliikennemelun laskentamallin lähtöarvot. Akukon, raportti 160454-1. Helsinki, 23.5.2016.
[18]Lyly T., Kauhanen M., Niskanen I., Raitiovaunujen melumittaukset Crusellin sillalla 30.11.2016-24.4.2017. WSP, Helsinki, 13.6.2017.
[19]Gunnar, H.; Glenn, F., Raidejokeri-workshop, Helsinki 26.9.2018
[20]K. Takagi et.al., Prediction of Road Traffic Noise around Tunnel Mouth Proc. Internoise 2000, pp3099-3104
[21]Jonasson, Storeheier, Nord 2000. New Nordic Prediction Method for Road Traffic Noise, Version 1.0, 2001-12-21
[22]Jonasson, Storeheier, Nord 2000. New Nordic Prediction Method for Rail Traffic Noise, Version 1.0, 2001-12-21
[23]Lasitettujen parvekkeiden ääneneristävyys liikennemelualueilla, Kovalainen V., Kylliäinen M., Ympäristöhallinnon ohjeita 6/2016
[24]Kokkonen J.; Kontkanen O.; CNOSSOS-EU laskenta-asetukset ja mallinnusperiaatteet, Liikenneviraston ohjeita 4/2017
[25]Rakennuksen ulkovaipan ääneneristysvaatimukset. Rakennusvalvonta, Rakentamisohje. Vantaan kaupunki 30.10.2007.