



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet

Melun- ja tärinäntorjunta- ratkaisut sekä niiden vaikutukset kaavoituksessa

Ympäristöministeriön julkaisuja 2023:28

Melun- ja tärinätorjuntaratkaisut sekä niiden vaikutukset kaavoituksessa

Ympäristöministeriö Helsinki 2023

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Julkaisumyynti

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**

Statsrådets
nätbokhandel

vnjulkaisumyynti.fi

Ympäristöministeriö

This publication is copyrighted. You may download, display and print it for Your own personal use.
Commercial use is prohibited.

ISBN pdf: 978-952-361-571-7

ISSN pdf: 2490-1024

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2023

Melun- ja tärinätorjuntaratkaisut sekä niiden vaikutukset kaavoituksessa

Ympäristöministeriön julkaisuja 2023:28		Teema	Rakennettu ympäristö
Julkaisija	Ympäristöministeriö		
Tekijä/t	Jarno Kokkonen, Timo Huhtala, Mikko Kylliäinen		
Kieli	suomi	Sivumäärä	73
Tiivistelmä	<p>Terveellisen ja viihtyisän asuin ympäristön turvaaminen, ongelmien ennaltaehkäisy ja rakentamisessa syntyvien lisäkustannuksien välttäminen edellyttävät rakennuspaikalta sopivaa ääniympäristöä. Alueidenkäytön suunnittelujärjestelmä on keskeinen ympäristömelun haittojen ennalta ehkäisyssä. Ohje keskittyy tie-, raide- ja lentoliikenteen aiheuttaman melun torjuntaan sekä raskaan ajoneuvoliikenteen ja raideliikenteen aiheuttaman tärinän ja runkomelun torjuntaan. Ohjeen tarkoituksena on kuvata kaavoittajan tehtäväkenttään kuuluvia ratkaisuvaihtoehtoja melun, runkomelun ja tärinän torjumiseksi, sekä lisätä tietämystä erilaisten meluntorjuntaratkaisujen toiminnasta ja vaikutuksista sekä tukea tarkoituksenmukaisten kaavamääräysten laatimisessa.</p>		
Asiasanat	ääniympäristö, ympäristömelu, kaavoitus, meluntorjunta, tärinätorjunta, liikenne, rakennettu ympäristö		
ISBN PDF	978-952-361-571-7	ISSN PDF	2490-1024
Julkaisun osoite	https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-571-7		

Lösningar för buller- och vibrationsbekämpning och deras konsekvenser för planläggningen

Miljöministeriets publikationer 2023:28		Tema	Byggd miljö
Utgivare	Miljöministeriet		
Författare	Jarno Kokkonen, Timo Huhtala, Mikko Kylliäinen	Sidantal	73
Språk	finska		
Referat	<p>För att man ska kunna trygga en hälsosam och trivsamt boendemiljö, förebygga problem och undvika extra kostnader för byggandet krävs det att byggplatsen har en lämplig ljudmiljö. Systemet för planering av områdesanvändningen är viktigt när det gäller att förebygga olägenheter av omgivningsbuller. Anvisningen fokuserar på bekämpning av buller som orsakas av vägtrafiken, järnvägstrafiken och flygtrafiken och på bekämpning av vibrationer och stombuller som orsakas av tung fordonstrafik och järnvägstrafik. Syftet med anvisningen är att beskriva de lösningalternativ för att bekämpa buller, stombuller och vibrationer som hör till planläggarens uppgiftsområde, att öka kunskapen om hur olika lösningar för bullerbekämpning fungerar och vilka konsekvenser de har och att stödja utarbetandet av ändamålsenliga planbestämmelser.</p>		
Nyckelord	ljudmiljö, omgivningsbuller, planläggning, bullerbekämpning, vibrationsbekämpning, trafik, byggd miljö		
ISBN PDF	978-952-361-571-7	ISSN PDF	2490-1024
URN-adress	https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-571-7		

Noise and Vibration Abatement Solutions and Their Impacts in Planning

Publications of the Ministry of the Environment 2023:28	Subject	Built environment
Publisher	Ministry of the Environment	

Author(s)	Jarno Kokkonen, Timo Huhtala, Mikko Kylliäinen	Pages	73
Language	Finnish		

Abstract

Ensuring a healthy and attractive living environment, preventing problems in advance and avoiding additional costs for construction require construction sites with a suitable sound environment. The land use planning system is a key instrument for preventing harm caused by environmental noise in advance. The focus of the guide is on preventing noise caused by road, rail and air transport and vibration and structure-borne noise caused by heavy road transport and rail transport. The guide describes alternative solutions for these operations that aim to prevent noise, structure-borne noise and vibration, enhance knowledge on the functioning and impacts of different kinds of noise abatement solutions, and support the processes to draw up appropriate plan regulations.

Keywords	sound environment, environmental noise, planning, noise abatement, vibration abatement, transport, built environment
-----------------	--

ISBN PDF	978-952-361-571-7	ISSN PDF	2490-1024
-----------------	-------------------	-----------------	-----------

URN address	https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-361-571-7
--------------------	---

Sisältö

Esipuhe.....	8
1 Johdanto	9
2 Määritelmät	10
3 Melu, värinä ja runkomelu.....	15
3.1 Melun, värinän ja runkomelun huomioon ottaminen eri kaavatasoilla.....	16
3.2 Melutason muutoksen vaikutus altistuvan kannalta.....	16
3.3 Melun ja värähtelyn haittavaikutukset.....	17
3.4 Toimijoiden vaikutusmahdollisuudet	19
3.4.1 Kaavoittaja.....	19
3.4.2 Väylänpitäjä	20
3.4.3 Rakennusvalvonta	21
4 Liikennemuotojen melu, värinä ja runkomelu	22
4.1 Melu	22
4.1.1 Tieliikenne	22
4.1.2 Raideliikenne	22
4.1.3 Raitieliikenne.....	22
4.1.4 Lentoliikenne.....	22
4.1.5 Laivaliikenne ja satamatoiminnot	23
4.2 Värinä ja runkomelu.....	24
4.2.1 Raideliikenne	24
4.2.2 Raitiotie	25
4.2.3 Tieliikenne	25
5 Asuinalueen suunnittelu liikennemelulle alttiilla alueella.....	26
5.1 Alueelliset ratkaisut.....	26
5.1.1 Liikenne- ja katujärjestelyt	27
5.1.2 Etäisyys- ja maavaimennus.....	29
5.1.3 Kasvillisuus ja puusto.....	30
5.1.4 Rakennusten, pihojen ja katujen pintamateriaalit	31
5.1.5 Uuden alueen vaikutus ääniympäristöön	32
5.2 Minne melulle alttiita kohteita ei lähtökohtaisesti tulisi kaavoittaa	33
5.3 Korttelikohtaiset ratkaisut	34
5.3.1 Rakennusmassat	34
5.3.2 Meluesteet	36
5.4 Tonttikohtaiset ratkaisut.....	37
5.4.1 Asuntosuunnittelu	37
5.4.2 Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys	39

5.4.3	Ikkunoiden koko ja tyyppi	41
5.4.4	Rakennuksen ilmanvaihto	42
5.4.5	Pihojen sijoitus	42
5.4.6	Parveke	43
5.5	Meluselvityksen teettäminen	44
5.5.1	Tarvearvio	44
5.6	Kaavamääräysten muodostuminen ja esimerkkejä	45
5.6.1	Piha- ja oleskelualueiden äänitasot	45
5.6.2	Ulkovaipan äänitasoero	45
5.6.3	Melusteet	46
5.6.4	Parvekelasitus	47
5.6.5	Vaiheittainen rakentaminen ja ajoitusmääräykset	47
5.6.6	Rakennusmassaan liittyvät määräykset	47
5.7	Muita suunnittelussa huomioon otettavia asioita	48
5.7.1	Asuntojen avautuminen hiljaiselle puolelle	48
5.7.2	Suuret oleskeluparvekkeen äänitasot	48
5.7.3	Lastauslaiturit	48
5.8	Kaavamääräysten kustannusvaikutuksia	49
6	Asuinalueen suunnittelu tärinälle tai runkomelulle alttiilla alueella	50
6.1	Ratkaisut tie- ja ratarakenteessa	51
6.2	Ratkaisut maaperässä	52
6.3	Ratkaisut rakennuksissa	53
6.4	Ratkaisut aluesuunnittelussa	55
6.5	Tärinän ja runkomelun torjunnan kustannusvaikutukset	58
6.6	Tärinä- ja runkomeluselvityksen teettäminen	58
6.6.1	Tarvearvio	58
6.6.2	Tärinä- ja runkomeluselvitystapoja	58
6.7	Kaavamääräykset	59
6.7.1	Kaavamääräysten muodostuminen	59
6.7.2	Tärinän ja runkomelun kaavamääräyksiä	60
	Lähteet	62
	Liite 1: Liikennemeluselvityksen sisältö ja laatiminen	65
1	Meluselvityksen sisältö ja laadinta	65
2	Laskentamallit	66
3	Lähtötiedot	66
4	Mallinnettavat laskentatilanteet	69
5	Äänen erityisominaisuudet ja epävarmuudet	69
6	Raportointi ja tulosten esittäminen	70
	Liite 2: Tärinä- ja runkomeluselvityksen sisältö ja laatiminen	72

ESIPUHE

Terveellisen ja viihtyisän asuinympäristön turvaaminen, ongelmien ennaltaehkäisy ja rakentamisessa syntyvien lisäkustannuksien välttäminen edellyttävät rakennuspaikalta sopivaa ääniympäristöä. Yhdyskuntarakenteen tiivistyminen ja eheytyminen edellyttävät erityistä meluntorjunnan huomioimista rakennusten sijainninhjauksessa. EU:n vihreässä siirtymässä tavoitteena on nollasaasteinen Eurooppa. Ääniympäristön osalta tavoitteena on tieliikenteen melulle altistuvien määrän väheneminen 30 prosentilla. Alueidenkäytön suunnittelujärjestelmä on keskeinen ympäristömelun haittojen ennalta ehkäisyssä.

Ohje keskittyy yleisimpien melulähteiden eli tie-, raide- ja lentoliikenteen aiheuttaman melun torjuntaan sekä raskaan ajoneuvoliikenteen ja raideliikenteen aiheuttaman tärinän ja runkomelun torjuntaan. Ohjeessa on otettu huomioon uusin tieto ja nykytekniikan mahdollistamat ratkaisut.

Ohjeen esityönä on laadittu selvitys, jossa kyselyllä ja haastatteluilla kartoitettiin tarvetta ja sisältöä. Ohjeluonnoksen viimeistelyyn on pyydetty asiantuntijakommentit. Ohjeen ovat laatineet ympäristöministeriön ja Väyläviraston toimeksiannosta dipl.ins. Jarno Kokkonen ja dipl.ins. Timo Huhtala sekä tekn. toht. Mikko Kylliäinen A-Insinööreiltä. Lisäksi työhön ovat osallistuneet ins. (AMK) Mirkku Kauhanen ja dipl.ins. Lauri Talus A-Insinööreiltä. Työtä ovat valvoneet ja ohjanneet ympäristöministeriön puolesta ympäristöneuvokset Ari Saarinen ja Samuli Alppi sekä Väyläviraston puolesta asiantuntija Taiju Virtanen.

Ohjeen tarkoituksena on kuvata kaavoittajan tehtäväkenttään kuuluvia tarkoituksenmukaisimpia ratkaisuvaihtoehtoja melun, runkomelun ja tärinän torjumiseksi käyttötarkoituksen mukaisen hyvän ääniympäristön syntymiseksi sovitettaessa yhteen eri näkökohtia alueidenkäyttöä suunniteltaessa. Tavoitteena on myös lisätä kaavoittajien tietämystä erilaisten meluntorjuntaratkaisujen toiminnasta ja vaikutuksista sekä tukea tarkoituksenmukaisten kaavamääräysten laatimisessa. Esitettyä tietoa ja menettelyjä voidaan käyttää hyödyksi kaavamääräysten laatimisessa erityisesti asema- ja yleiskaavoihin. Ohje ei ole viranomaisia tai suunnittelijoita sitova.

Helsingissä kesäkuussa 2023
Ari Saarinen Ympäristöneuvos

1 Johdanto

Valtioneuvoston päätös 993 melutason ohjearvoista [43] on annettu vuonna 1992 (jäljempänä ohjearvopäätös). Päätöksen sanamuotojen mukaan ohjearvoissa on kyse ohjeesta, minkä johdosta on katsottu, ettei päätöksen sisältö ohjearvojen osalta ole oikeudellisesti velvoittava. Ohjearvopäätöksessä esitetyt lukuarvot vastaavat kynnystä, joiden ylitystä tulisi välttää, kun halutaan välttää väestötason terveys- tai viihtyisyyshaittoja alueiden käyttöä suunniteltaessa. Ohjearvopäätöstä on sovellettu kaavan sisältövaatimusten toteutumista arvioitaessa.

VTT:n ohjeet tärinän ja runkomelun mittaamisesta ja arvioinnista on julkaistu vuosina 2004–2011 [33–37]. Lisäksi ympäristöministeriö ja ELY-keskus ovat julkaisseet ohjeita liikennemelun, tärinän ja runkomelun huomioon ottamisesta kaavoituksessa [1, 20]. Ohjearvopäätöksen voimassaoloaikana sekä VTT:n ohjeiden julkaisemisen jälkeen on saatu runsaasti tietoa uudentlaisista ratkaisuista melun, runkomelun ja tärinän torjumiseksi.

Meluntorjuntaan on käytettävissä monenlaisia ratkaisuja, kuten toimintojen ja rakennusmassojen sijoittelu, meluesteet ja -vallit, rakennuksen ulkovaipan ääneneristys sekä parvekelasitukset. Myös tärinän ja runkomelun torjuntaan voidaan käyttää monia keinoja, kuten ratarakenteeseen tai rakennuksen perustuksiin sijoitettavia vaimennusratkaisuja, maahan tehtäviä ponttiseiniä tai stabilointirakenteita tai välipohjien resonanssimitoitusta.

2 Määritelmät

A-painotettu äänenpaine (Pa)

Äänitasomittarin painotussuotimella A mitattu äänenpaine, joka jäljittelee kuulon herkkyyden taajuusriippuvuutta. Äänenpainetason mittaluvussa tämä on osoitettu merkintänä

L_{pA} .

Asuinhuone

Asuinhuoneistoon kuuluva huonetila, joka on ensisijaisesti tarkoitettu jatkuvaan asumiskäyttöön. Asuinhuoneita ovat muun muassa keittiö, makuuhuone ja olohuone. Asuinhuoneena ei pidetä tässä esimerkiksi eteistä, käytävää, kylpyhuonetta tai muuta vastaavaa huonetilaa

Desibeli (dB)

Äänenvoimakkuutta kuvaava suhdeluku. Desibeliasteikko on logaritminen ja se yhdistää äänenpaineen suhteelliset muutokset kuulon vasteeseen. Esimerkiksi äänenpaineen muutos 10 Pascalista (Pa) 20 Pascaliin kuullaan yhtä voimakkaana kuin muutos 1 Pascalista 2 Pascaliin.

Enimmäisäänitaso $L_{Amax,T}$ (dB)

Tarkasteluajanjaksona T esiintynyt voimakkuudeltaan suurin äänitaso määritellyllä F (fast) tai S (slow) aikapainotuksella ja A-taajuuspainotuksella. Enimmäisäänitasoon sisältyy koko mitattava taajuusalue 20–20 000 Hz.

Ilmaääneneristysluku R_w (dB)

Taajuuskaistoittain taajuusalueella 100–3150 Hz laboratoriossa mitatuista tai mallinnetuista ilmaääneneristävyyksistä R laskettu mittasuure, jolla voidaan kuvata yksittäisten rakennusosien ilmaääneneristysominaisuuksia puhetta ja muuta asumismelua vastaan.

Keskiäänitaso $L_{Aeq,T}$ (dB)

A-painotetun äänenpaineen keskimääräistä tehollisarvoa määritetyllä aikavälillä T vastaava äänitaso. Keskiäänitasoon sisältyy koko mitattava taajuusalue 20–20 000 Hz.

Liikennetärinä

Liikenteen aiheuttama haitalliseksi koettu rakenteen tai rakennusosan värähtely, joka havaitaan tuntoaistin kautta. Värähtely etenee ja kytkeytyy huonetilaan maaperän ja rakenteiden välityksellä. Liikennetärinä voi aiheuttaa myös esineiden heilumista ja saada esimerkiksi astiastot helisemään. Häiriintymiskynnys ylitetään melko pian aistimiskynnyksen jälkeen.

Melu

Epätoivottu, haitallinen tai tarpeeton ääni. Tässä oppaassa melu tarkoittaa erityisesti liikenteen aiheuttamaa melua, joka voi edetä ilman kautta tai maan ja rakenteiden kautta.

Melualue

Alue, missä ulkomelutaso ylittää alueen käyttötarkoitukseen perustuvan melusta säädetyn lukuarvon.

Melulle altis kohde

Asumiseen, loma-asumiseen, virkistykseen ja leirintään käytettävät alueet, kansallispuistot, sekä hoito- ja oppilaitokset.

Oleskeluparveke

Parveke, joka on suorassa yhteydessä asuinhuoneeseen ja on asuntokohtainen ulko-oleskelualue.

Parveke

Parveke on rakennuksen kerrosalaan kuulumaton lämmittämätön ulkotila, johon on yhteys rakennuksen sisältä. Parvekkeessa on kaide ja ulkotilaan rajoittuva rakenne ei saa olla ulkoseinän kaltainen. Se voidaan suojata avattavilla rakenteilla kuten liukulaseilla ja avattavan lasituksen osuus on tyypillisesti noin 30 % pystysuorasta, ulkoilmaan rajoittuvasta pinnasta. Parvekkeen rakentamiselle asuinkeuhkaloihin ei ole velvoitetta.

Päiväajan keskiäänitaso $L_{Aeq,07-22}$ (dB)

A-painotetun äänenpaineen keskimääräistä tehollisarvoa aikavälillä klo 07–22 vastaava äänitaso.

Runkomelu

Häiritseväksi koettava tai haitallinen runkoääni, joka on pienitaajuisia ja voi muistuttaa esimerkiksi kaukaisen ukkosen ääntä. Runkomelun ohjearvot [29, 37, 45] koskevat sisätiloihin muodostuvia melutasoja, jotka aiheutuvat ohi ajavan kulkuneuvon rakennuksen rakenteisiin aiheuttamasta värähtelystä. Runkomelu aiheutuu pääosin raideliikenteestä.

Runkoääni

Maaperän ja rakenteiden kautta huonetilaan välittyvä mekaaninen värähtely, joka havaitaan kuuloaistin välityksellä.

Runkomelun tunnusluku L_{prn} (dB)

Liikenteen aiheuttaman runkoäänen tarkastelualueena käytettävä ohiajon aikana sisällä huonetilassa esiintyvä runkomelutaso. Runkomelun tunnusluku edustaa tilastollista pysyvyytensä tasoa, jota 95 % ohiajoista ei ylitä. Mittausalueena käytetään ohiajojen Slow-painotettua enimmäisäänitasoa $L_{AS,max}$. Tarkastelualue L_{prn} määritellään ohiajojen 15 merkitsevimmän enimmäistason $L_{AS,max}$ perusteella.

Spektripainotusermi C_{tr} (dB)

Spektripainotusermi C_{tr} ottaa huomioon tieliikennemelun puheäänestä poikkeavan luonteen. Ilmääneneristyslukua $R_w + C_{tr}$ käytetään rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyden mitoittamiseen tieliikennemelua vastaan.

Taajuus (Hz)

Taajuus kuvaa jonkin fyysikaalisen ilmiön toistumisen määrää aikayksikköä kohti. Äänen taajuus riippuu ilmamolekyylien värähtelynopeudesta ja sitä mitataan värähtelysykliä määränä sekunnissa eli hertseinä (Hz). Ihmisen kuulon kannalta keskeinen taajuusväli on 20–20 000 Hz. Taajuutta tarkastellaan usein taajuuskaistoina. Tärinän kannalta tarkasteltava taajuusalue on 1–80 Hz ja runkomelun 16–500 Hz.

Taajuuskaista

Tarkastettava äänen taajuusjakauma voidaan jakaa pienempiin osiin eli taajuuskaistoihin. Tavallisesti käytetään oktaavikaistoja ja kolmannesoktaavikaistoja (terssikaistoja). Kun äänen taajuus kasvaa oktaavin, taajuus kaksinkertaistuu.

Tärinä

Haitalliseksi koettu rakenteen tai rakennusosan värähtely, jonka ihminen aistii tuntoaistinsa välityksellä.

Tärinän tunnusluku v_{w95} (mm/s)

Liikennetärinän tarkastelualueena käytettävä ohiajon aikana sisällä huonetilassa esiintyvä värähtelyn enimmäisarvo, joka edustaa tilastollista pysyvyytensä, jota 95 % ohiajoista ei ylitä. Mittaussuurena on ohiajojen W_m -taajuuspainotettu värähtelyn nopeuden yhden sekunnin liukuvan tehollisarvon enimmäistaso $v_{Wm,max}$. Tarkastelualue v_{w95} määritellään ohiajojen 15 merkitsevimmän enimmäistason $v_{Wm,max}$ perusteella.

Ulkovaippa

Rakennuksen ulkovaipalla tarkoitetaan niitä rakennuksen rakennusosia, jotka erottavat rakennuksen tilat ulkoilmasta. Ulkovaipan osia ovat esimerkiksi ulkoseinät ja yläpohja.

Ulkovaipan äänitasoero ΔL_A (dB)

Rakennuksen ulkovaippaan kohdistuvan ja sisällä vallitsevan tai sallittavan A-äänitason erotus, joka perustuu joko keskiäänitasoihin L_{Aeq} tai enimmäisäänitasoihin $L_{A,max}$.

Viherhuone

Viherhuone on lämmin tai puolilämmin tila, joka soveltuu ympärivuotiseen käyttöön. Viherhuoneen ominaisuudet poikkeavat parvekkeen määritelmästä ja tila voidaan laskea kerrosalaan.

Värähtely

Tässä oppaassa värähtely tarkoittaa ilman, maan tai rakenteiden jaksollista liikettä ajan suhteen eli mekaanista värähtelyä.

Yöajan keskiäänitaso $L_{Aeq,22-07}$ (dB)

A-painotetun äänenpaineen keskimääräistä tehollisarvoa aikavälillä klo 22–07 vastaava äänitaso.

Äänenpainetaso L_p (dB)

Äänenpainetaso on hetkellisen äänen kokonaispaineen mitta tarkastelupisteessä.

Ääni

Kimmoisassa väliaineessa vallitseva painevaihtelu, jonka taajuus on kuuloalueella. Ääni syntyy tavallisesti pinnan värähtelystä, joka aiheuttaa painevaihtelun ilmaan. Ääni etenee väliaineessa ääniaaltoina ja sitä voidaan kuvata äänenpaineen avulla.

Äänitaso L_A (dB)

Äänitasomittarin A-taajuuspainotettu äänenpainetaso. Kuulon kautta aistittava äänen voimakkuus, joka riippuu taajuudesta.

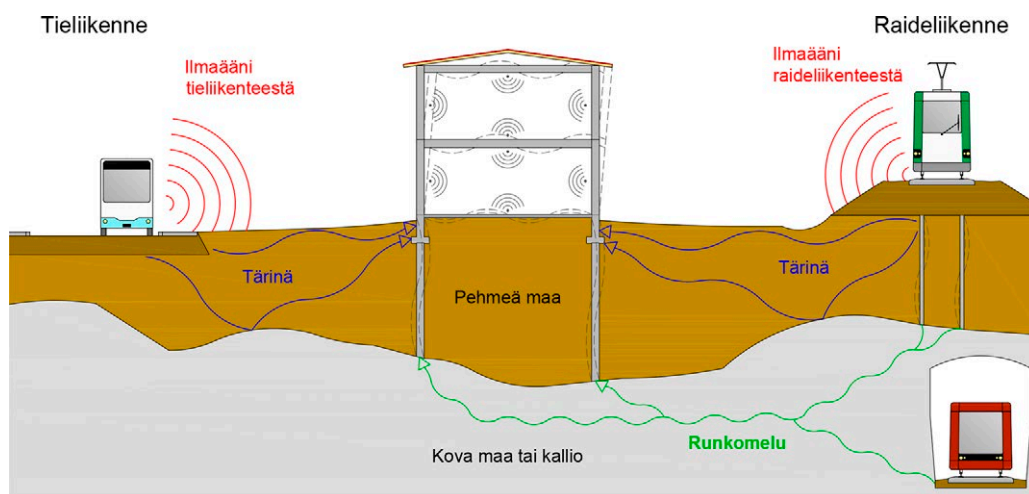
3 Melu, värinä ja runkomelu

Tie- ja raideliikenteen vaikutukset rakennuksiin ja rakennuksissa oleviin ihmisiin välittyvät sekä ilman että maan tai kallion kautta (kuva 1). Tie- ja raideliikenteen ympäristöön tuottama melu etenee ilman välityksellä rakennuksen piha- ja oleskelualueille, parvekkeille ja rakennuksen ulkovaipan pinnalle. Rakennuksen ulkovaippaan kohdistuva ilmaääni saa ulkovaipan rakennusosat värähtelemään. Tämä värähtely edelleen aiheuttaa sisätilojen ilmaan liikettä, jonka ihminen havaitsee kuuloaistin kautta ilmaäänenä.

Liikennetärinä aiheuttaa rakenteiden liikettä, jonka ihminen aistii tuntoaistinsa välityksellä kehossaan. Rakenteiden liike voi aiheuttaa myös esineiden heilumista ja saada esimerkiksi astiastot helisemään. Häiritsevyyssynnys ylitetään pian aistimiskynnyksen jälkeen.

Maaperän ja rakenteiden kautta huonetilaan välittyvä runkoääni aistitaan kuuloaistin välityksellä pienitaajuisena meluna, joka voi muistuttaa kaukaisen ukkosen ääntä. Maaperän kautta rakenteisiin kytkeytynyt värähtely saa rakenteet säteilemään ääntä tilaan kaiutinkalvon tapaan.

Kuva 1. Ilmaääni etenee äänilähteestä ilman välityksellä. Pehmeillä maaperillä liikenne aiheuttaa tyypillisesti tärinää ja kovilla runkomelua. Lyhyillä, alle 50 m etäisyyksillä molemmat voivat olla hyvän ääniympäristön saavuttamista haittaavia tekijöitä. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



3.1 Melun, värinän ja runkomelun huomioon ottaminen eri kaavatasoilla

Yksi valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista on ehkäistä melusta ja värinästä aiheutuvia ympäristö- ja terveyshaittoja [42]. Maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti maankäytön suunnittelu jakautuu kolmeen kaavatasoon. Maakuntakaavassa osoitetaan valtakunnallisesti, maakunnallisesti tai seudullisesti merkittävä maankäyttö. Maakuntakaavassa voidaan tehdä vaikutuksiltaan merkittäviä päätöksiä siitä, mihin sijoitetaan melu- tai värähtelylähteitä, kuten lentokenttiä, satamia, tie- ja raideliikenteen pääväyliä tai energiantuotantoa. Myös melulle alttiiden toimintojen, kuten taajamatoimintojen, sijainti voidaan osoittaa maakuntakaavassa.

Maakuntakaava on ohjeena laadittaessa ja muutettaessa yleiskaavaa ja asemakaavaa. Yleiskaavoituksessa tehtävillä eri toimintojen sijoitusvalinnoilla on merkittävä vaikutus melu-, värinä- ja runkomeluhaittojen torjuntatarpeeseen asemakaava- tai rakennusvaiheessa. Yleiskaavoituksessa on siten yleensä käytettävissä paljon vaikutusmahdollisuuksia, joita asemakaavavaiheessa ei enää välttämättä ole.

Asemakaavatasolla annetaan yksityiskohtaiset käyttötarkoitukset sekä määräykset rakentamiselle. Esimerkiksi rakennusten muoto ja sijoittuminen, leikkipaikat sekä virkistysalueiden sijainnit määritetään asemakaavassa. Asemakaavamääräyksissä esitetään myös tarvittavat vaatimukset rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyydestä sekä liikennemeluun ja värinä- ja runkomelutasoihin liittyen. Mahdollisesti kaavamääräyksessä voidaan esittää myös sijainnit melusteille sekä värinän- ja runkomeluntorjuntarakenteille.

3.2 Melutason muutoksen vaikutus altistuvan kannalta

Äänen kokeminen riippuu sen fysikaalisista ominaisuuksista (taajuus, ajallinen vaihtelu), äänen psykologisista ominaisuuksista (äänen sisältö ja laatu), altistuvan yksilöllisistä ominaisuuksista sekä tilanteesta, jossa altistuminen tapahtuu. Säädöksissä on, soveltamisalasta riippuen, useita tilanteesta riippuvia ohje- tai raja-arvoja melulle (taulukko 1).

Keskeinen tekijä melutason kokemisen kannalta on äänen voimakkuus, joka ilmaistaan äänenpainetasoina L_p , yksikkönä desibeli (lyhenne dB). Äänenpainetaso arvo 0 dB tarkoittaa, että äänen voimakkuus vastaa kuulokynnystä eli hiljaisinta ääntä, jonka ihminen voi havaita kuuloaistillaan. Äänenpainetaso arvo 120 dB vastaa kipukynnystä, jonka ylittyttyä kuuloaistimus muuttuu kipuaistimukseksi. Yhden desibelin muutosta äänenpainetasossa pidetään kuuloaistimuksen kannalta havaittavissa olevana muutoksena ja kolmen desibelin muutos voidaan katsoa merkitykselliseksi muutokseksi.

Kaavoitukseen liittyvissä selvityksissä äänenvoimakkuus useimmiten ilmastaan A-painotettuina keskiäänitasoina $L_{A,eq}$ (taulukko 1). A-painotus ottaa huomioon kuulon herkkyyden eri taajuusalueilla.

Taulukko 1. Eri säädöksissä annettuja altistustilanteeseen perustuvia raja-arvoja melutasoille [25, 44].

Tilanne	Keskiäänitaso L_{Aeq}
Nukahtaminen ja musiikkimelu	25 dB
Talotekniikka asuinhuoneessa	28 dB
Liikennemelu asuinhuoneessa yöllä	30 dB
Liikennemelu asuinhuoneessa päivällä	35 dB
Tuulivoimamelu ulkona, herkäät kohteet	45 dB
Liikennemelu pihojen oleskelualueilla yöllä	50 dB
Liikennemelu pihojen oleskelualueilla päivällä	55 dB
Altistumisen tarkastelu melutyössä	70 dB
Altistumisen alaraja melutyössä	80 dB

3.3 Melun ja värähtelyn haittavaikutukset

Riittävän voimakkaana ja usein toistuessaan liikennemelu voi pitkäaikaisena altistumisena aiheuttaa haitallisia terveysvaikutuksia [6], kuten

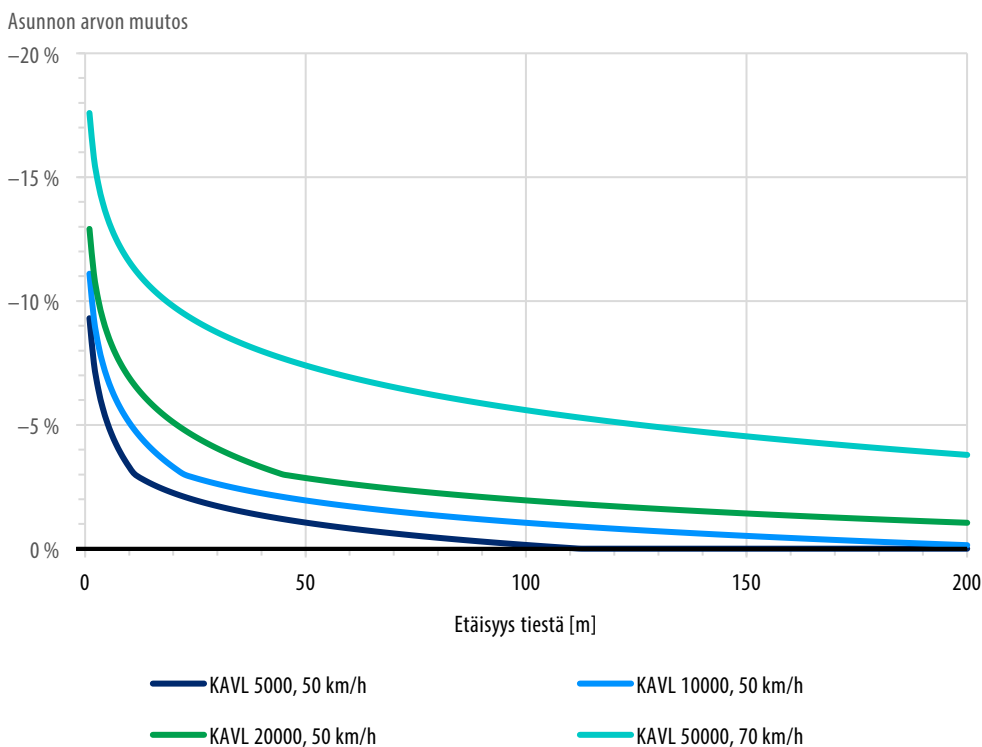
- sepelvaltimotautia
- vakavia unihäiriöitä
- suurta häiritsevyyttä

Melu vaikuttaa alueiden arvoon sekä omaisuuden käyttöön, kuten piha- ja oleskelualueiden viihtyisyyteen. Yhteiskunnalle suoria kustannuksia aiheutuu terveysvaikutuksista sekä meluntorjunnan toteuttamisesta.

Melu laskee asuntojen arvoa ja meluntorjunnan edellyttämät toimet voivat kasvattaa rakennuskustannuksia ja asuntojen hintoja. Liikennemelu alkaa vaikuttaa asunnon arvoon, kun keskiäänitaso L_{Aeq} ylittää 50 dB. Tämän ylityksen jälkeen asunnon arvo pienenee noin

–0,3 % desibeliä kohti. Kun keskiäänitaso ylittää 60 dB, asunnon arvo pienenee noin –0,6 % desibeliä kohti [41]. Jos rakennus sijaitsee esimerkiksi 65 dB:n melualueella, asunnon arvon muutos on noin –6 %. Asunnon arvon muutos voidaan laskea myös etäisyyden suhteen (kuva 2).

Kuva 2. Asunnon arvon muutos liikennemääriltään (arjen keskivuorokausiliikenne KAVL) erilaisten liikenneväylien läheisyydessä [11].



Tärinä ja runkomelu voivat heikentää asumisviihtyvyyttä ja häiritä keskittymiskykyä sekä riittävän usein ja voimakkaana toistuessaan vaikeuttaa lepoa ja unta. Joissakin tapauksissa voimakas tärinä voi aiheuttaa rakennevaurioita. Tärinä voi vaikuttaa haitallisesti myös esimerkiksi laboratoriolaitteiden ja sairaaloiden kuvantamislaitteiden toimintaan. Melun tavoin tärinän ja runkomelun torjunta sekä mahdolliset negatiiviset terveysvaikutukset aiheuttavat kustannuksia yhteiskunnalle.

Tärinä tai runkomelu voi rajoittaa alueen rakennettavuutta tai lisätä rakennuskustannuksia, ellei alueelle, tonteille tai väyliin tehdä eristin- tai vaimennusratkaisuja. Ilman teknisiä ratkaisuja suunnittelualueen taloudellista potentiaalia ei pystytä täysmääräisesti hyödyntämään. Erityisesti tämä korostuu asutuskeskuksissa, asemien läheisyydessä sekä täydennysrakentamisessa.

3.4 Toimijoiden vaikutusmahdollisuudet

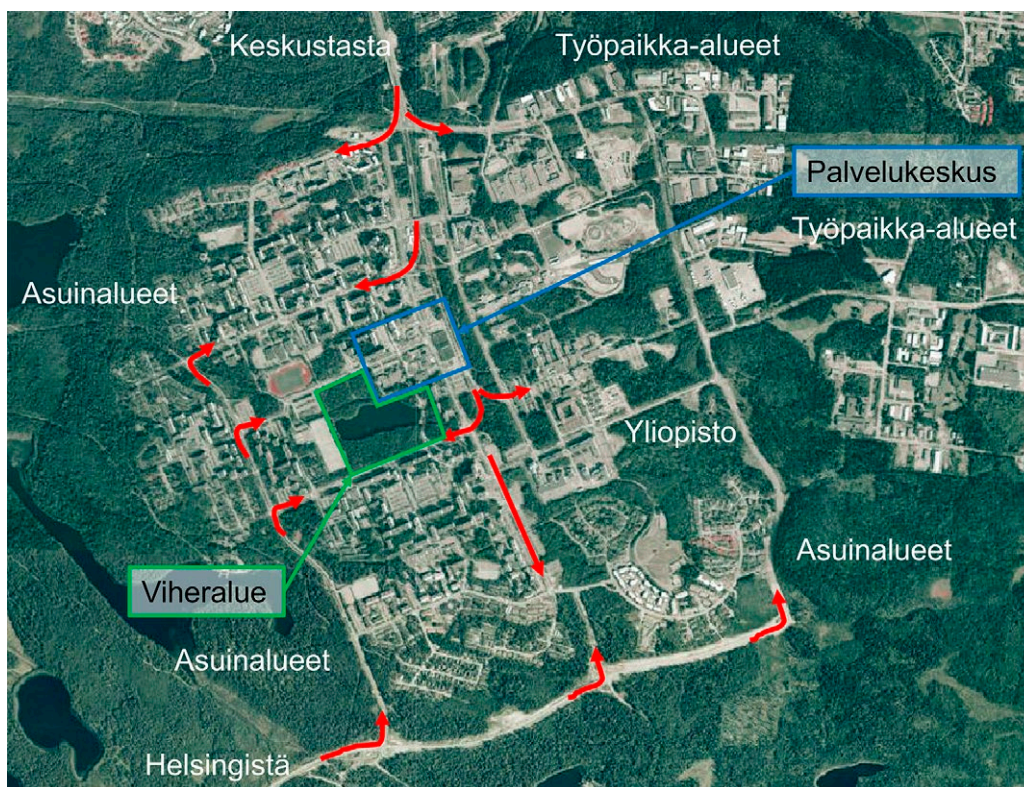
3.4.1 Kaavoittaja

Maankäyttö- ja rakennuslain 132/1999 [21] tavoitteena on järjestää alueiden käyttö ja rakentaminen niin, että luodaan edellytykset hyvälle elinympäristölle sekä edistetään ekologisesti, taloudellisesti, sosiaalisesti ja kulttuurisesti kestävä kehitystä. Lain mukaan asemakaava on laadittava siten, että luodaan edellytykset terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle elinympäristölle, palvelujen alueelliselle saatavuudelle ja liikenteen järjestämiselle. Ympäristönsuojelulain 257/2014 [47] mukaan kaikessa toiminnassa on tavoiteltava sellaista ääniympäristön laatua, jossa melua ei esiinny terveyshaittaa, ympäristön pilaantumista, ympäristön yleisen viihtyvyyden tai erityisten kulttuuriarvojen vähentymistä, ympäristön yleiseen virkistyskäyttöön soveltuvuuden vähentymistä, haittaa luonnolle tai merkittävää muuta seurausta tai sen vaaraa aiheuttavassa määrin.

Kaavoittajan merkittävimmät työkalut ääniympäristön laadun varmistamiseksi ovat melulle alttiin rakennettavan alueen valinta suhteessa melua tuottaviin toimintoihin, rakennusmassojen ja piha-alueiden sijainnin määrittäminen sekä massojen käyttötarkoitustontilla ja niiden korkeus. Lisäksi kaavassa voidaan määrätä julkisivun äänitasoero-vaatimukset ja meluesteen tai sitä korvaavan rakenteen tai rakennuksen (esimerkiksi ulkorakennus) sijainti ja korkeus.

Yksittäisen tontin, korttelialueen tai asemakaavan muutosalueiden osalta kaavoittajalla on rajalliset mahdollisuudet vaikuttaa liikenteellisiin ratkaisuihin erityisesti täydennysrakentamisalueilla. Uusien alueiden yleiskaavoituksen yhteydessä laaditaan liikenne- ja katusuunnitelmia, joissa on mahdollista vaikuttaa kaava-alueen ääniympäristöön liikennettä ohjaamalla tai nopeusrajoituksia pienentämällä (kuva 3).

Kuva 3. Tampereen Hervannan kaupunginosan alkuperäiset liikennejärjestelyt ovat tähänneet siihen, että liikenne ohjautuu pääväylältä kokoojakaduille, joiden välille jää laajoja rauhallisia korttelialueita. Ilmakuvaan vuodelta 1995 on lisätty Hervannan eri osien toimintoja kuvaavia tekstejä ja tieliikenteen kulkua osoittavia merkintöjä. Kuvalähde: Tampereen kaupunki.



Asemakaavassa voidaan määrätä pihakadusta ja hidaskadusta (yhteinen katutila), jotka rajoittavat ajonopeutta. Jos piha- ja hidaskadut tai niiden osat on toteutettu kokonaan tai osin noppakivetyksellä, voi muutos kokonaisuutena lisätä melua. Erityisestä syystä, joita voivat esimerkiksi olla melutasojen alentaminen, liikenneturvallisuuden parantaminen tai kulttuurihistoriallisten rakennusten suojeleminen, asemakaavassa voidaan määrätä myös nopeusrajoituksesta [2].

3.4.2 Väylänpitäjä

Valtio pitää väylänpitäjänä yllä teitä ja ratoja. Toteutettaessa uusi taajama-alue väylän läheisyyteen väylänpitäjä ei lähtökohtaisesti alenna nopeusrajoituksia kaavoitettavan maakäytön meluntorjuntatarpeiden vuoksi. Sitä vastoin meluntorjuntatoimenpiteet tulee tehdä kaava-alueella, joko rakennusten massoitteilla tai rakenteellisella meluntorjunnalla.

Joissakin tapauksissa nopeusrajoitusta voidaan alentaa turvallisuussyistä, kuten toteutettaessa uusia liittymiä. Jäädessään uuden kaava-alueen sisälle tie muuttuu kaduksi, jolloin meluntorjunta on kunnan ratkaistava.

Rakenteellinen meluntorjunta voi sijaita tie- tai rata-alueella, mutta tällöin siitä tulee laatia tie- ja rakennussuunnitelma sekä sopia kustannusjaosta.

3.4.3 Rakennusvalvonta

Rakennusvalvontaviranomainen valvoo kaavojen noudattamista ja rakennuksen ääniympäristöä koskevan olennaisen teknisen vaatimuksen toteutumista perustuen maankäyttö- ja rakennuslain 117 f §:n ja sen nojalla annettuun rakennuksen ääniympäristöasetukseen [44].

Rakennuslupaa haettaessa esitetään selvitys rakennuksen ulkovaipan ääneneristystä koskevan kaavamääräyksen toteutumisesta. Koska saavutettava äänitasoero riippuu ulkovaipan rakennusosien pinta-aloista ja ilmääneneristävydestä sekä tilan koosta, laskelma on tehtävä jokaiseen erilaiseen huoneeseen erikseen. Meluselvityksellä osoitetaan melutasoille asetettujen ohjearvojen täyttyminen pihojen oleskelualueilla. Jos parvekkeille on annettu kaavamääräys, myös niille muodostuvasta ääniympäristöstä on esitettävä selvitys.

Ääniympäristöasetuksessa [44] säädetään, että melualueille toteutettavien asuntojen, majoitus-, ja potilashuoneiden ulkovaipan ääneneristys on suunniteltava ja toteutettava niin, että äänitasoero on vähintään 30 dB. Ääniympäristöasetuksessa säädetyn johdosta rakennuksen ulkovaipan ääneneristykselle voi siten tulla vaatimuksia, vaikka asema-kaavassa ei olisikaan sitä koskevaa kaavamääräystä.

Liikennemäärien tai liikenteen kulkumuotojakauman muutosten johdosta tai muusta syystä melutasot rakennuspaikalla ovat voineet muuttua merkittävästi asemakaavan laatimisen jälkeen tai ne voivat muuttua tulevaisuudessa [45]. Muutokset voivat kasvattaa melutasoja, mutta myös alentaa niitä. Rakennuslupavaiheessa on tarkoituksenmukaista selvittää tapauskohtaisesti kaavamääräyksen sovellettavuus ja sitovuus. Tilanteesta riippuen meluolosuhteita voidaan arvioida uudelleen liikennemääriin, ennusteisiin ja ajonopeuksiin perustuvalla meluselvityksellä.

4 Liikennemuotojen melu, tärinä ja runkomelu

4.1 Melu

4.1.1 Tieliikenne

Tieliikenteen melu on vilkkailla väylillä ajallisesti jatkuvaa kohinaa. Vilkkaiden väylien jatkuva kohina koetaan häiritsevämpänä kuin yhtä voimakas lähikadun ajoneuvoliikenteen melu [32]. Jarrutuksista ja kiihdytyksistä taajamien risteysalueilla tai linja-autojapysäkeillä voi aiheutua yksittäisiä voimakkaita äänen enimmäistasoja, joista voi aiheutua häiriötä.

4.1.2 Raideliikenne

Raideliikenteen melu on ajallisesti vaihtelevaa ja ohitusten välillä on hiljaista. Tieliikennemeluun verrattuna raideliikennemelun äänen taajuusjakauma painottuu suuremmille taajuuksille (kuva 4), joskin vaihteista tai muista ratalaitteista tuleviin ääniin sisältyy merkittävästi myös pieniä taajuuksia. Raideliikenteen ohiajoista sekä radoissa ja raitioiteissa olevista vaihteista, epäjatkuvuuskohdista sekä kaarteista voi syntyä voimakkaitakin enimmäisäänitasoja.

4.1.3 Raitioliikenne

Raitioliikenne on junaliikennettä hiljaisempaa ja tyypillisesti raitiorata sijaitsee äänekkäällä kadulla, jolloin keskiäänitason kannalta se ei useinkaan ole merkityksellistä. Altistuvat kohteet ovat kuitenkin yleensä hyvin lähellä raitiorataa, jolloin yöajan enimmäisäänitasot voivat olla suuria. Lisäksi raitiorataverkolla on usein tiukkoja kaarteita sekä risteysalueen ristikkoja, joista voi syntyä erityisen häiritsevää kapeakaistaista kirskuntaa ja impulssimaisia kolahduksia.

4.1.4 Lentoliikenne

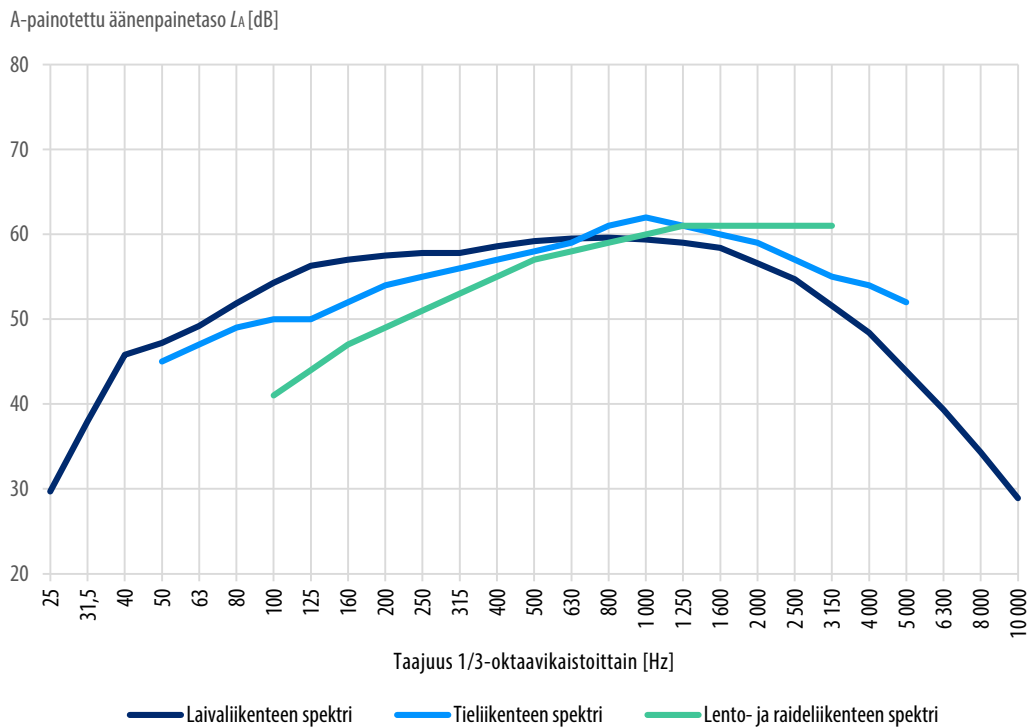
Lentoliikenteen aiheuttama melu on voimakkaasti ajallisesti vaihtelevaa. Tuulen suunnasta ja käytettävistä kiitoteistä riippuen ylilentoja ei välttämättä tule joka päivä. Sääolosuhteet näyttäytyvät joissakin kohteissa muutoksena nousevien ja laskevien koneiden lukumäärässä. Lentoliikenteen aiheuttama enimmäisäänitaso vaikuttaa merkittävästi koettuun häiritsevyyteen.

Lentomelu (kuva 4) poikkeaa tie- ja raideliikennemelusta siinä suhteessa, että ainoastaan sisälle tulevaa melua voidaan torjua mitoittamalla rakennuksen ulkovaipan ääneneristys riittäväksi. Piha- ja oleskelualueiden ylhäältä suuntautuvaa melua ei voida teknistaloudellisesti syistä rakenteellisesti torjua.

4.1.5 Laivaliikenne ja satamatoiminnot

Laivaliikenne ja satamatoiminnot aiheuttavat pienitaajuisia melua (kuva 4). Julkisivujen ääneneristävyyden mitoituksessa käytetään kyseisen sataman toimintoja vastaavaa laivamelun taajuussovituspektriä. Laivamelun taajuussovituspektri määritetään mittaamalla. Kaavatyössä laiva- ja satamatoimintojen melutasot mallinnetaan teollisuusmelumallilla ja mallinnustuloksien perusteella voidaan antaa äänitasoerovaatimukset laivamelua vastaan.

Kuva 4. Laivamelun, tieliikennemelun sekä raide- ja lentoliikennemelun spektrit taajuuskaistoittain, kaikissa tapauksissa keskiäänitaso L_{Aeq} on 70 dB. Tieliikenne-, raide- ja lentoliikennemelun spektrit on määritetty standardin EN ISO 717-1 [30] mukaisesti. Laivaliikenteen spektri on määritetty lähteen [19] mukaisesti. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



4.2 Tärinä ja runkomelu

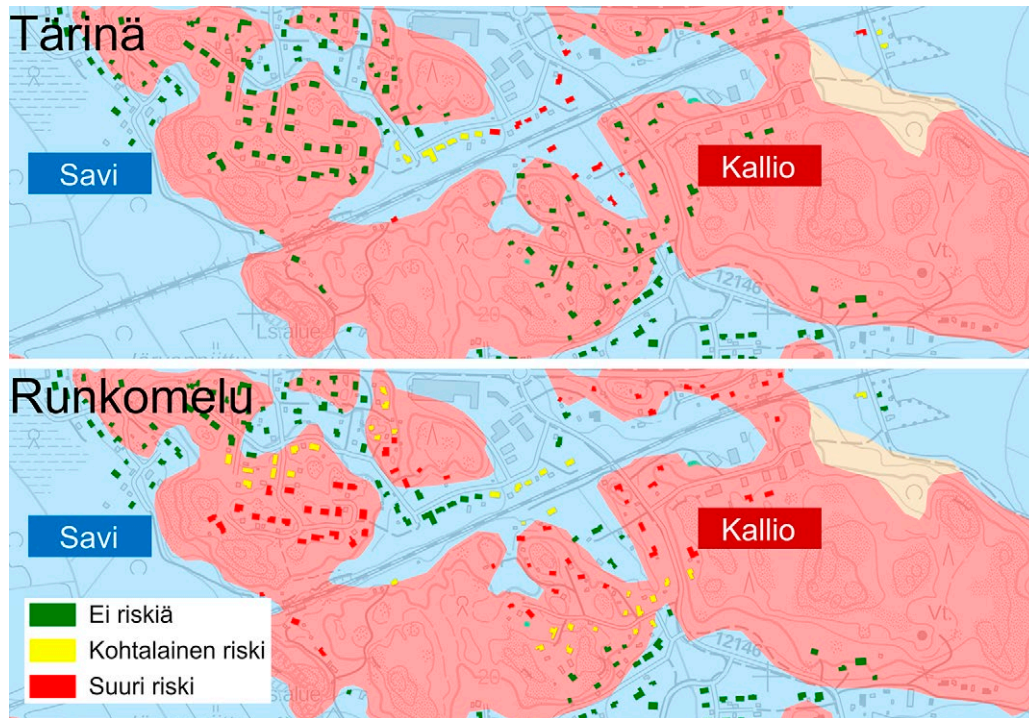
4.2.1 Raideliikenne

Liikennetärinän ja runkomelun tyypillisin aiheuttaja on raideliikenne. Tärinä ja runkomelu vaikuttavat samalla alueella usein eri tavoin. Erityisesti painavat tavarajunat aiheuttavat pehmeillä maapohjilla tärinää, jota tarkastellaan taajuusalueella 1–80 Hz. Runkomelua voivat taajuusalueella 16–500 Hz aiheuttaa kovilla maapohjilla erityisesti nopeat kaukoliikenteen junat (kuva 5).

Tärinän ja runkomelun leviämisen riskietäisyydet riippuvat maalajeista. Värähtelyn etenemisen kannalta pehmeitä maalajeja ovat savi ja siltti, kovia maalajeja ovat hiekka, sora ja moreeni. Pehmeillä maalajeilla raskaiden tavarajunien tärinän riskietäisyys voi ulottua jopa 500 m etäisyydelle radasta. Kovilla maalajeilla tärinän riskietäisyys on huomattavasti lyhyempi ja yleensä alle 100 m. Runkomelun riskialue ulottuu tyypillisesti kovilla maalajeilla ja kalliolla enimmillään noin 200 m etäisyydelle. Pehmeillä maalajeilla runkomelun riskietäisyys on yleensä noin 60 m. Tärinää tai runkomelua voivat lisätä taustastaan irti olevat ratapölkkyt, vaihteet, eristinkatkokset, kiskovauriot ja tukirakenteen muutokset esimerkiksi siltojen yhteydessä. Ratarakenteeseen, maaperään ja rakennukseen kohdistetut vaimennusratkaisut vaikuttavat tärinän ja runkomelun etenemiseen alttiisiin kohteisiin.

Kuvassa 5 on esitetty samalta alueelta esimerkkinä lasketut tärinä- ja runkomelukartat. Alueella on sekä pehmeää savimaata (sinisellä) että kovaa kalliomaata (punaisella). Ylemmässä kuvassa on tärinän ja runkomelun mallinnustyökalulla laskettu tärinäkartta, jossa keltaisella ja punaisella on esitetty tärinän riskialueella sijaitsevat rakennukset. Tärinärisä sijoittuu lähinnä pehmeiden maalajien alueille. Alemmassa kuvassa on esitetty samalta alueelta laskettu runkomelukartta, jossa on vastaavasti keltaisella ja punaisella esitetty runkomelun riskialueella sijaitsevat rakennukset. Runkomelun riskialueet rajoittuvat kallioalueille tai hyvin lähelle rataa. Lähin ratapiste ei välttämättä määritä runkomeluriskiä, vaan pääasiallinen lähde voi olla kauempana oleva rataosa, joka on kovemalla pohjamaalla. Myös radan perustamistapa vaikuttaa värähtelyn kytkeytymiseen eri maalajeihin ja siten tärinä- ja runkomeluriskiin.

Kuva 5. Tärinän ja runkomelun riskialueiden laajuudet riippuvat liikennöivän kaluston lisäksi oleellisesti maaperästä. Ylempänä samalta alueelta laskettuna tärinäkartta ja alempana runkomelukartta. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



4.2.2 Raitiotie

Tiiviissä kaupunkiympäristössä rakennuspaikkojen etäisyydet ratoihin ovat usein varsin lyhyitä, jolloin myös raitovaunut sekä metro voivat aiheuttaa tärinää ja runkomelua. Pehmeillä maalajeilla tärinän riskietäisyys voi ulottua noin 50 m etäisyydelle radasta. Kovilla maalajeilla ja kalliolla runkomelun riskietäisyys voi ulottua noin 100 metrin etäisyydelle. Tärinää tai runkomelua voivat lisätä radalla olevat vaihteet, tiukat kaarteet tai ratojen risteyskohdat.

4.2.3 Tieliikenne

Raskaan tieliikenteen aiheuttama tärinä- tai runkomeluriski rajautuu lyhyemmille etäisyyksille verrattuna raideliikenteeseen. Runkomelun riskietäisyys on yleensä alle 10 m ja sitä ei ole lähtökohtaisesti tarve erikseen arvioida. Tärinän riskietäisyys linja- ja kuorma-autoilla voi ulottua noin 100 m etäisyydelle, mikäli maaperä on pehmeää ja tiellä on töyssyjä tai muita epäjatkuvuuskohtia. Kovilla maalajeilla tärinän riskietäisyys on yleensä alle 20 m. Tärinärisiä kasvattavat liikennöivän kaluston massa, hidastetöyssyt, korotetut suojatiealueet, tärnistävät keski- ja reunaviivat sekä liikuntasauamat esimerkiksi pysäköintihallien tai siltojen yhteydessä.

5 Asuinalueen suunnittelu liikennemelulle alttiilla alueella

5.1 Alueelliset ratkaisut

Uusi maankäyttö pyritään suunnittelemaan hyvien joukkoliikenneyhteyksien eli usein vilkasliikenteisten väylien ja raideliikenteen (raitiotie, lähijuna, metro) lähelle. Tämä keskittyvä maankäyttö mahdollistaa liikennemäärän säilymisen nykyisellä tasolla, mutta tuo uutta maankäyttöä lähelle melulähteitä ja lisää riskiä melulle altistumiselle [22]. Ääniympäristön laadun kannalta on parempi, mikäli uudet asuinalueet sijaitsevat kaukana melulähteistä, kuten esimerkiksi hajakeskitetyssä puutarhakaupunkimaisessa yhdyskuntarakenteessa, mikäli mahdollisesta liikkumisen lisääntymistarpeesta syntyvä meluntorjuntatarve huomioidaan tarkoituksenmukaisesti.

Alueellisin ratkaisuin voidaan vaikuttaa melun leviämiseen. Kuvassa 6 on melulähteiden suuntaan järjestetty yhtenäisiä ja korkeita rakennusmassoja, joihin on toteutettu toimisto- ja liikerakentamista suojaamaan sisempänä alueella sijaitsevia asuinkortteleita melulta.

Kuva 6. Helsingin Herttoniemessä (vas.) melun suuntaan sijoitetut umpikorttelit ja toimistorakennukset estävät melun leviämistä alueen sisäosiin, johon on voitu sijoittaa viheralueita ja pientalorakentamista. Espoon Leppävaarassa (oik.) meluisimpiin kohtiin on sijoitettu liike- ja toimistorakennuksia. Kuvälähde: Helsingin kaupunki, kaupunkimittauspalvelu, Espoon kaupunki.

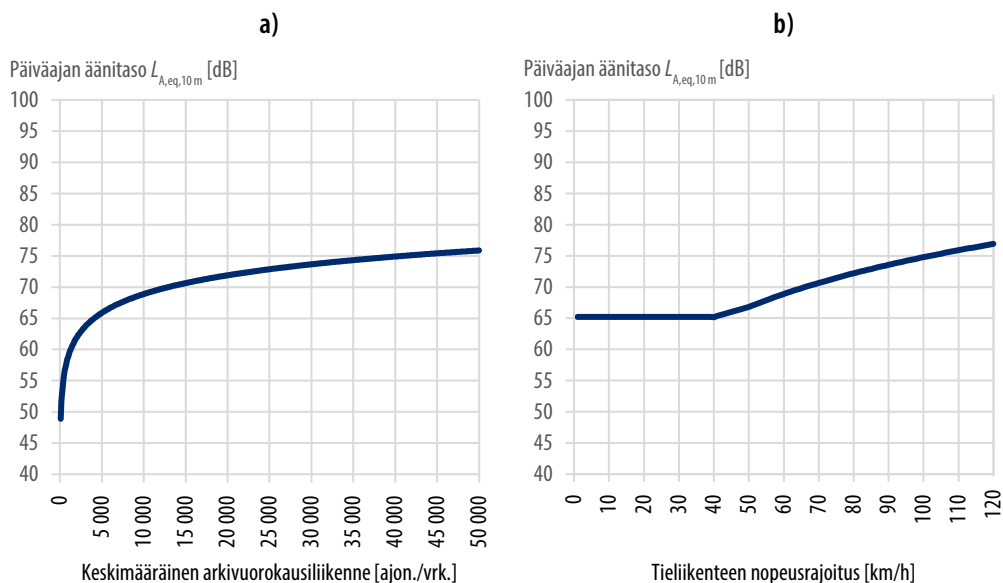


5.1.1 Liikenne- ja katujärjestelyt

Alueen läpiajavaa autoliikennettä, erityisesti raskasta liikennettä, tulisi pyrkiä ohjaamaan liikennejärjestelyin pois alemmilta katuverkoilta väylille ja pääkaduille. Yksi raskas ajoneuvo vastaa noin 5–7 henkilöauton melupäästöä ja sisämelutason kannalta vaikutus voi olla vielä suurempi, mikäli kohteessa kiihdytetään tai on mäki. Uusia paikalliskatuja suunniteltaessa on jo kadun linjauksessa ja katutilan mitoituksessa tärkeää luoda olosuhteet, jotka tukevat paikalliskadulle ominaista nopeustasoa ja eivät houkuttele läpiajoon. Nykykatuverkossa haitallisen läpiajon poistamiseksi tulee harkita erilaisia liikenteenrauhottamisen keinoja. Näitä ovat esimerkiksi fyysiset hidasteet, ylijatkettavat jalkakäytävät yhdistettynä alueelliseen nopeusrajoitusmerkkiin, jolla luodaan porttivaikutelma paikalliskadun rajalla. Lisäksi katujen yksisuuntaistamisella voidaan poistaa suoria läpiajoyhteyksiä.

Liikennemäärän puolittuminen (–50 %) tai kaksinkertaistuminen (+100 %) muuttaa liikenteen melupäästöä ± 3 dB. Nopeusrajoituksen muutoksella on suuri vaikutus (kuva 7). Ajonopeuden alentaminen 50 km/h nopeudesta 40 km/h nopeuteen alentaa melutasoa noin –1,5...–2 dB, mikä vastaa liikennemäärän pienentymistä noin 35 %. Kuvassa 7 on esitetty keskiäänitaso $L_{Aeq,10m}$ 10 m päässä tien keskilinjasta pohjoismaisen laskentamallin [23] mukaisesti laskettuna, kun liikennemäärä ja nopeusrajoitukset vaihtelevat. Kuvan laskentaesimerkeissä raskaan liikenteen osuus on 7 %.

Kuva 7. Päiväajan (klo 7–22) perusäänitaso $L_{Aeq,10m}$ kuvaa tieliikenteen tuottamaa äänitasoa 10 m päässä äärettömän pitkän, suoran tien keskilinjasta. Kuvassa a) on esitetty arjen keskivuorokausiliikenteen (KAVL) vaikutus melutasoon, kun liikenteen nopeus tieosuudella on 60 km/h. Kuvassa b) on esitetty tieliikenteen nopeuden vaikutus melutasoon, kun KAVL on 10 000 ajon/vrk. Kuvalähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



Liikennejärjestelyitä suunniteltaessa tarkastelu tulisi ulottaa myös kaava-alueen ulkopuolelle. Melukuorma voi siirtyä toisaalle, jossa ääniympäristön laadun heikennys voi olla suurempi kuin kaava-alueella saavutettu hyöty. Jos esimerkiksi vilkkaalle kadulle asetetaan pienempi nopeusrajoitus, voi osa liikenteestä ohjautua hiljaiselle kadulle, missä liikennemäärä moninkertaistuu.

Hidastetöyssyillä ja kadun kavennuksilla voidaan vähentää reitin houkuttelevuutta ja tehostaa nopeusrajoituksen noudattamista. Hidastetöyssyjen kohdalla melutaso saattaa töyssyn geometriasta ja rakenteesta riippuen kasvaa. Myös maaperäolosuhteet tulisi ottaa huomioon, jotta ei synny riskiä liikenteen aiheuttamasta tärinästä tai runkomelusta töyssyjen kohdalla.

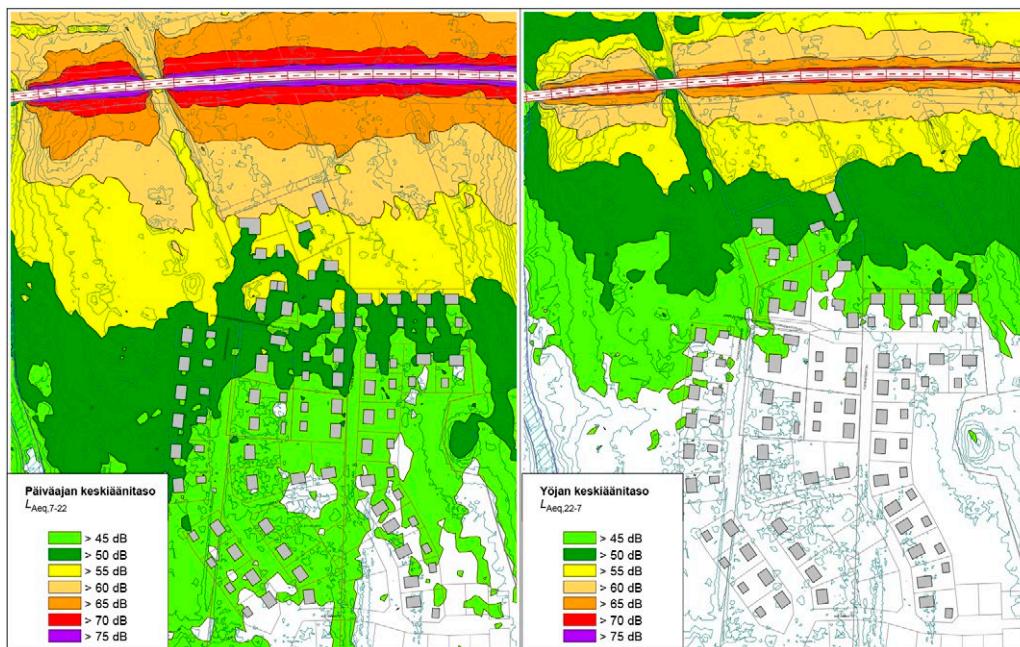
Nastarenkaiden vaikutus liikenteen kokonaismelutasoon (vierintä- ja käyttövoimamelu) riippuu päällysteestä, ajonopeudesta ja ajotilanteesta (tasainen nopeus vai kiihdytys/jarrutus) sekä nastarenkaiden ja raskaan liikenteen osuudesta. Nastarenkaiden käyttökielto mahdollistaa pienempirakeisten hiljaisempien päällysteiden hyödyntämisen, jolloin yhteisvaikutus on yli -3 dB. Asemakaavassa ei kuitenkaan voida määrätä nastarenkaiden käyttökiellosta.

Ajoneuvoliikenteen sähköistyminen vaikuttaa raskaiden ajoneuvojen melupäästöön pienillä alle 50 km/h nopeuksilla. Henkilöautoilla ajoneuvojen sähköistyminen ei käytännössä pienennä melupäästöä, koska vierintämelulla on suurempi vaikutus myös pienillä ajonopeuksilla. Sähköautojen vierintämelu voi olla keskimäärin suurempi johtuen isommasta massasta ja renkaiden rakenteesta. Mikäli raskaanliikenteen osuus kadulla on pieni, kuten esimerkiksi joukkoliikennekadulla, niin melutilanne ei liikenteen sähköistymisestä johtuen olennaisesti parane.

Radan kunto, kuten vaihteiden toimivuus ja kiskon karheus, vaikuttaa raideliikenteen melutasoon. Kiskon karheuden vaikutus melupäästöön on ± 5 dB verrattuna keskimääräiseen tilanteeseen [5]. Junan tai raitiovaunun melupäästö ei hyväkuntoisella (syväuraisella) vaihteella välttämättä poikkea sileän kiskon tilanteesta, mutta huonokuntoinen vaihte voi aiheuttaa haitallisen iskumaisen melupäästön.

Tieliikennemelua tarkasteltaessa päiväajan melu on useimmiten mitoittava, koska liikennemäärä yöllä on selvästi pienempi. Yöajan keskiäänitaso $L_{Aeq,22-07}$ on tyypillisesti noin 7 dB päiväajan keskiäänitasoa $L_{Aeq,07-22}$ pienempi (kuva 8). Raideliikennettä tarkasteltaessa yöajan ohjearvo on tavallisesti päivätilannetta mitoittavampi sekä uudella (yöajan ohjearvo 45 dB) että vanhalla asuinalueella (yöajan ohjearvo 50 dB), jos rataosalla on tavariikennettä. Radan välittömässä läheisyydessä yöajan enimmäisäänitaso (L_{max}) on usein suuri ja tulee ottaa huomioon äänitasoero vaatimuksia annettaessa, mikäli radan puolella on asuinhuoneita.

Kuva 8. Tieliikennemelun päiväajan keskiäänitason ($L_{Aeq,07-22}$) vyöhykkeet vasemmalla ja yöajan keskiäänitason vyöhykkeet ($L_{Aeq,22-07}$) oikealla. Kuvalähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



5.1.2 Etäisyys- ja maavaimennus

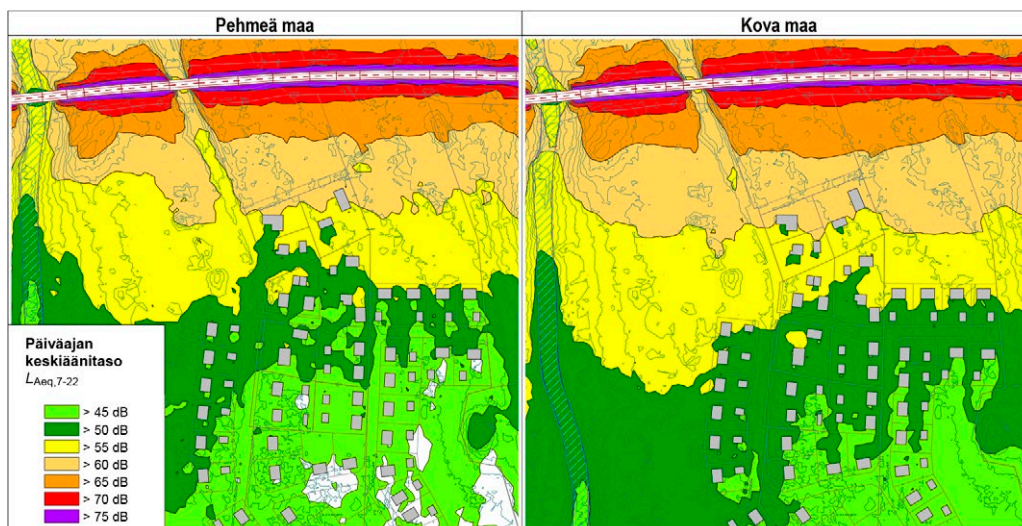
Melulähteen välittömässä läheisyydessä etäisyysvaimennus vaikuttaa äänitason pienene- miseen paljon, koska suhteellinen etäisyyden muutos on suurta. Tiivistyvässä kaupunki- rakentamisessa yksistään etäisyyteen perustuva meluntorjunta ei usein ole mahdollista, mutta mikäli melulähteen ja melulle alttiin kohteen välille voidaan sijoittaa esimerkiksi pysäköintialueet, etäisyys voi kaksinkertaistua ja alueen melutaso pienentyä.

Etäisyysvaimennuksen lisäksi äänen etenemiseen vaikuttaa maavaimennus, kun maa on akustisesti pehmeää (kuva 9). Maavaimennuksen lukuarvo suurenee etäisyyden kasvaessa (taulukko 2).

Taulukko 2. Viivamaisen äänilähteen aiheuttaman melutason vaimeneminen etäisyyden kasvaessa, kun maanpinta on kova tai pehmeä.

Etäisyyden muutos	Melutason vaimeneminen	
	Kova maanpinta	Pehmeä maanpinta
10 m → 20 m	3 dB	4 dB
10 m → 50 m	7 dB	12 dB
10 m → 100 m	10 dB	18 dB
10 m → 200 m	13 dB	23 dB
10 m → 500 m	17 dB	29 dB

Kuva 9. Tieliikennemelun päiväajan keskiäänitason ($L_{Aeq,07-22}$) vyöhykkeet vasemmalla pehmeällä maalla ja oikealla kovalla maalla. Tiemelulähteen osalta maanpinta on mallinnettu kovana molemmissa tilanteissa. Tästä johtuen melutaso ei vaimene pehmeän maan tilanteessa yhtä voimakkaasti kuin taulukon 2 mukaisessa yksinkertaisemmassa tilanteessa. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



5.1.3 Kasvillisuus ja puusto

Kasvillisuuden tai puuston vaikutukset ääniympäristöön voidaan huomioida myös asemakaavan jälkeisessä jatkosuunnittelussa. Vaikutuksia ei voida hyödyntää meluntorjuntaratkaisuin, mutta ne vahvistavat ääniympäristöön liittyviä myönteisiä kokemuksia.

Ääniympäristön kokemisen kannalta merkittäviä luonnon ääniä voidaan lisätä huolehtimalla riittävästä monipuolisesta kasvillisuudesta kaava-alueella ja/tai sen läheisyydessä. Kesäaikaan lehtipuiden havina ja linnunlaulu luo miellyttävää ääniympäristöä. Kookkaan suihkulähteen kohina peittää liikenteen humuääntä. Luonnonäänet eivät ole melua.

Tiheä ja syvä puustokasvillisuusvyöhyke vaikuttaa äänen etenemiseen. Tiheä ja korkea kasvillisuusvyöhyke katkaisee näköyhteyden äänilähteeseen, joka tällöin koetaan vähemmän häiritsevänä. Kasvillisuus tuo mukanaan luonnon ääniä, jotka parantavat ääniympäristöä. Lehvästöt ja kasvillisuus vaimentavat suuria taajuuksia, jolloin ääniympäristö voidaan kokea miellyttävämpänä. Lehvästön ja puun runkojen vaikutus on tavallisesti pienempi kuin metsän pehmeän maaperän vaikutus [3, 7]. Useampirivisellä tiemelulähteen viereen sijoitetulla ja 15–25 m syvällä puusto- ja kasvillisuusvyöhykkeellä voidaan saavuttaa kesäolosuhteissa 6–7 dB vaimennus verrattuna ruohikkoon [7]. Tarkasteltaessa koko vuoden melutilannetta toimivat havupuut paremmin melua torjuvissa kasvillisuusvyöhykkeissä.

Maavaimennus on pieni, mikäli maa on vettänyt tai lumettomana talvena jäänyt. Viheralueiden akustista toimivuutta voidaan parantaa kuivatuksen suunnittelulla tai käyttämällä tarkoitukseen suunniteltuja viherrakenteita.

Kasvipeitteiset viherseinät ja -tasakatot voivat pienentää äänitasoja 2–3 dB verrattuna akustisesti koviin pintoihin. Viherharjakaton äänitasoa pienentävä vaikutus sisäpihalla voi olla jopa 8 dB verrattuna peltikattoon [7].

5.1.4 Rakennusten, pihojen ja katujen pintamateriaalit

Pintamateriaalien äänenvaimennukseen perustuvia vaikutuksia ei voida lähtökohtaisesti hyödyntää kaavoituksessa meluntorjuntaratkaisuin, mutta ne vaikuttavat myönteisesti kokemukseen ääniympäristöstä.

Asfalttia sekä korkeita sileäpintaisia kivi- ja lasijulkisivuja, sisältävä ympäristö voi muodostua äänekkääksi ja hälyiseksi. Ääniympäristön sävy on terävämpi, kun suuritaajuiset äänet eivät vaimene yhtä paljon kuin akustisesti pehmeässä ympäristössä. Akustisesti pehmeämpää ympäristöä saadaan käyttämällä kasvillisuutta ja julkisivuja, joissa on struktuuria (muurattu tiili, parvekkeet). Ääntä vaimentavalla materiaalilla, kuten viherseinäisellä julkisivulla saavutetaan keskimäärin noin 4 dB vaimennus keskiäänitasoon, mikäli sisäpiha avautuu kadulle päin ja vertailukohtana on akustisesti kova julkisivu [7]. Leikkipaikkojen huokoisien ja joustavien kumisten turva-alustojen akustisia ominaisuuksia ei tiettävästi ole mitattu, mutta tuotteiden ominaisuuksien perusteella niitä voitaneen pitää akustisesti pehmeinä.

Huokoinen ääntä absorboiva ns. hiljainen päällyste vähentää pienemmän kiviaineksen raekoon sekä huokoisuuden ansiosta merkittävästi ajoneuvojen melua [27]. Kyseisiä huokoisia hiljaisia päällysteitä ei ole Suomessa käytetty kuin testitarkoituksessa, koska testien perusteella ne eivät kestä Suomen talviolosuhteita ja nastarenkaiden aiheuttamaa kulutusta.

5.1.5 Uuden alueen vaikutus ääniympäristöön

Uudella asuinalueella voidaan parantaa olemassa olevan asuinalueen melutilannetta, mikäli uusi asuinalue tulee melulähteen ja nykyisen asuinalueen väliin. Tämä edellyttää, että meluntorjunta voidaan ratkaista tarkoituksenmukaisesti uuden alueen osalta meluselvityksillä ja vaikutustenarvioinnilla.

Vastaavasti uusi asuinalue voi heikentää nykyisten asuinalueen melutilannetta melulähteen vastakkaisella puolella, mikäli melulähteen viereen toteutetaan korkea yhtenäinen ääntä heijastava julkisivu. Meluvaikutukset onkin erikoistapauksissa selvitettävä myös kaava-alueen ulkopuolelle. Tarvittaessa voidaan antaa julkisivun akustisia ominaisuuksia koskevia vaatimuksia.

Kuvassa 10 on esitetty esimerkkutilanne, missä radan länsipuolelle sijoittuva uusi kaava-alue parantaa ääniympäristöä radan länsipuolen vanhalla alueella, mutta heikentää jonkin verran ääniympäristöä radan itäpuolella. Radan itäpuolella maaston muodot varjostavat ratamelulähdettä, mutta radan toiselle puolelle suunniteltu pitkä yhtenäinen korkea julkisivu heijastaa äänen kummun yli. Tällöin heijastunut ääni on paikoin lähes yhtä voimakas (+2–3 dB) kuin kummun takaa tuleva ääni. Radan itäpuolen rakennusten julkisivuihin kohdistuvat melutasot kasvavat suurimmillaan noin 1 dB.

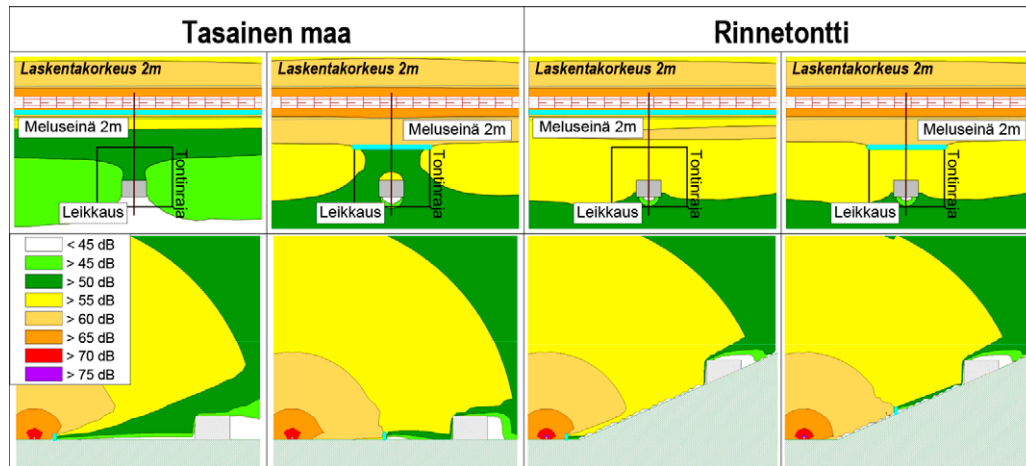
Kuva 10. Uusien rakennusten toteuttaminen radan länsipuolelle pienentää niiden taakse jäävän vanhan rakennetun alueen melutasoja. Radan itäpuolella heijastus uusista rakennuksista hieman kasvattaa melutasoja. Keltaisella on esitetty päiväajan ohjearvon 55 dB ylittävä alue. Vasemmalla puolella nykytilanne ja oikealla puolella ennustetilanne. Kuvalähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



5.2 Minne melulle alttiita kohteita ei lähtökohtaisesti tulisi kaavoittaa

Melulle alttiita kohteita ei tule kaavoittaa melualueille ilman riittäviä meluntorjuntatoimenpiteitä [48]. Teknisesti kaavoittamista melualueelle voi rajoittaa esimerkiksi melusteillä saavutettava estevaimennus. Asuinrakentaminen, erityisesti pientalorakentaminen, pyritään sijoittamaan ensisijaisesti melualueiden ulkopuolelle. Pientalovaltaista asuinalueita ei tulisi kaavoittaa vilkkaiden väylien läheisyyteen tai väliin, jos melusteillä joudutaan pienentämään äänitasoja yli 10 dB johtuen meluesteen rajallisesta vaimennuskyvystä. Melulähteeseen nähden ylärinteeseen suuntautuvalla tontilla jo selvästi pienempi estevaimennustarve voi osoittautua haasteelliseksi (kuva 11). Kerrostalorakentamista voidaan sijoittaa lähemmäksi melulähdettä, kunhan piha- ja oleskelualueiden riittävä meluntorjunta ja asumisviihtyisyys pystytään varmistamaan.

Kuva 11. Kaksi metriä korkean meluseinän vaikutus tasaisella maalla ja rinnetontilla. Maaperä on mallinnettu akustisesti kovana, jotta meluntorjuntatarve rinnetontilla ja tasaisella tontilla olisi samansuuruinen. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



Lentomelualue ei käytännössä luo edellytyksiä terveellisen ja viihtyisän asuin ympäristön toteutumiseksi. Piha- ja oleskelualueita ei voida suojata lentomelulta, joka leviää alueelle ylhäältä.

Aktiiviseen virkistykseen osoitetut alueet ja taajamien ulkopuoliset vapaa-ajan asuinalueet tulisi kaavoittaa melun ohjeavot alittavalle alueelle.

Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys on teknisesti vaikea toteuttaa, jos ulkovaipalle asetettava äänitasoero vaatimus ylittää 40 dB. Asiaan voidaan jossain määrin vaikuttaa asuntopohjien suunnittelulla sijoittamalla muita kuin asuinhuoneita melulähteen puolelle ja ikkunoiden ja ikkunaovien määrää tai pinta-alaa rajoittamalla.

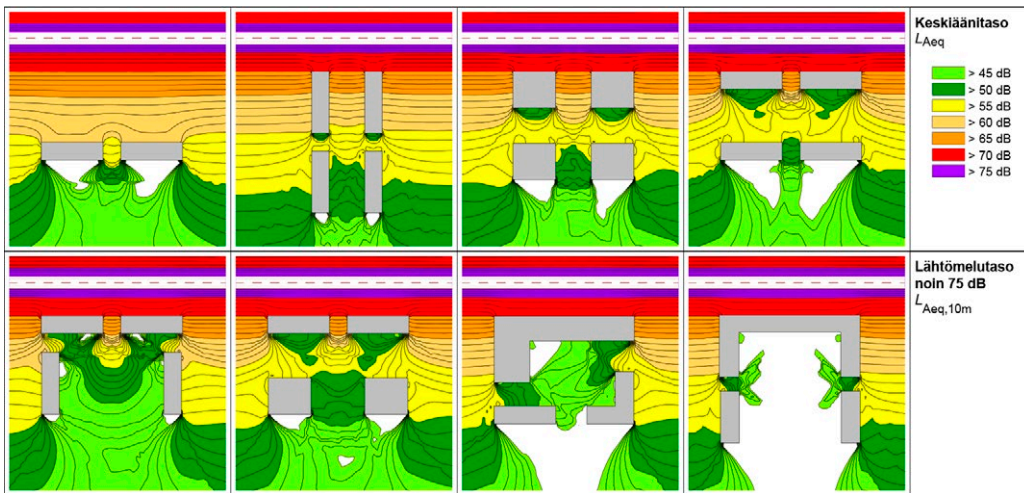
5.3 Korttelikohtaiset ratkaisut

5.3.1 Rakennusmassat

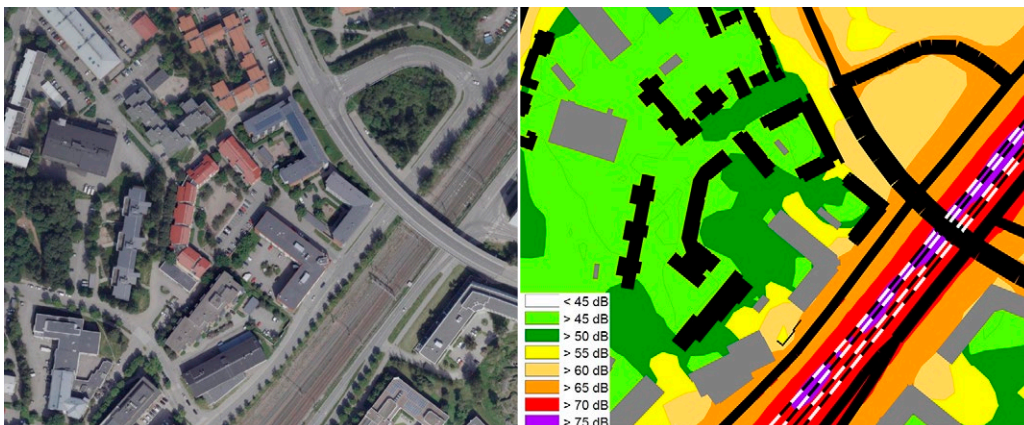
Rakennusmassat ja melusteet toimivat akustisesti samalla tavalla, joten rakennusmassoja voidaan hyödyntää sekä alueellisessa että korttelikohtaisessa meluntorjunnan suunnittelussa. Rakennusmassojen tulisi olla ensisijainen meluntorjunnan keino ja muita keinoja tulisi käyttää meluntorjunnassa ratkaisemaan niitä seikkoja, joita rakennusmassoilla ei voida järjestää.

Rakennusten massoittelulla on merkittävä vaikutus siihen, millainen ääniympäristö piha-alueella on mahdollista saada aikaan. Kuvassa 12 on esitetty kaavamaisesti, miten erilaiset rakennusmassat toimivat meluntorjunnan näkökulmasta. Kapearunkoiset umpikorttelimaiset ratkaisut toimivat tehokkaasti myös silloin, kun äänilähteitä on useammasta ilmasuunnasta (kuva 13).

Kuva 12. Massoittelun vaikutus piha-alueen päiväajan keskiäänitasoon $L_{Aeq,07-22}$. Melutason päiväohjearvot piha-alueella täyttyvät vihreillä ja valkoisilla alueilla. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



Kuva 13. Rautatien ja sen ylittävän kadun kulmassa on L-mallinen rakennusmassa, jossa pääradan ja sillan suuntaisilla julkisivuilla luhtikäytävät. Rakennusmassa ja piharakennus suojaavat pihan. Vihreällä on esitetty päiväajan ohjearvon 55 dB allittava-alue. Melulähteinä ovat vilkas päärata ja katumelulähteet, joiden keskimääräiset arkivuorokauden liikenteet ovat 5 900 ja 4 400 ajoneuvoa. Kuvälähde: Helsingin kaupunki, kaupunkimittauspäälvelut (ilmakuva vasemmalla), A-Insinöörien kuva-arkisto.

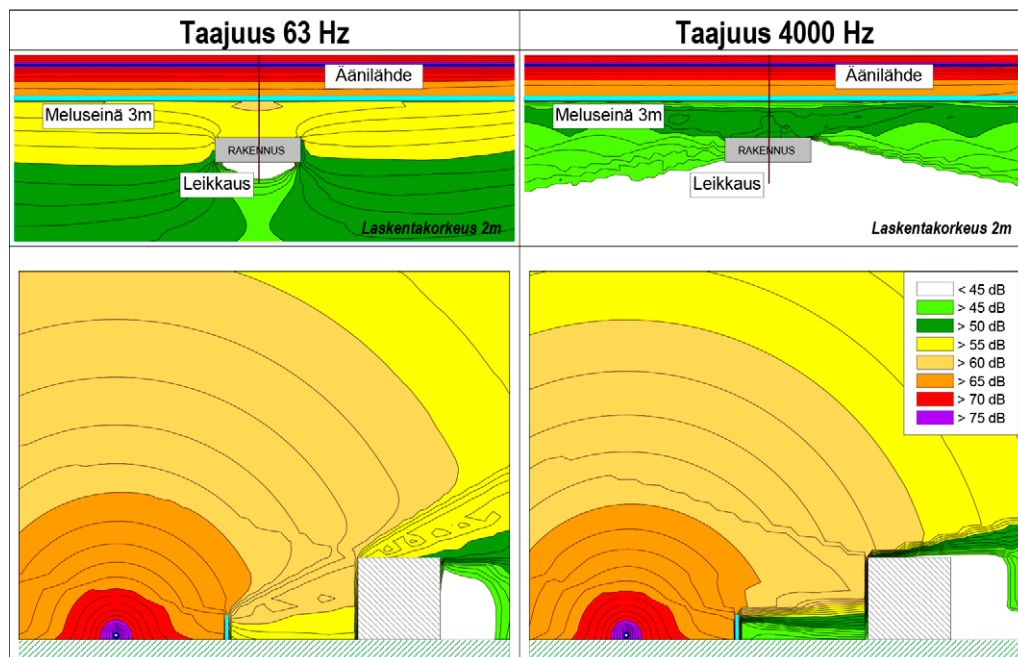


Hybridirakentamisessa on yhdistetty eri käyttötarkoituksia kortteli- tai rakennustasolla. Esimerkiksi hybridikorttelissa on asuinrakennuksien lisäksi liike- tai toimistorakennus tai asuinkorttelissa on asuinrakennuksessa liiketila, kuten kuntosali. Hybridikorttelissa voidaan sijoittaa melulle vähemmän alttiit kohteet melulähteen lähelle. Hybridirakennuksissa voidaan sijoittaa vähemmän melulle alttiita toimintoja voimakkaan melutason kohtiin, eli tyypillisesti alempiin kerroksiin.

5.3.2 Melusteet

Meluste on sitä tehokkaampi, mitä korkeampi ja pidempi se on. Melusteet vaikuttavat tarkastelupisteen äänitasoon silloin, kun tarkastelupisteestä ei ole näköyhteyttä melulähteeseen. Esimerkiksi korkean rakennuksen ylimpien kerrosten julkisivujen äänitasoihin korkeimmatkaan melusteet eivät vaikuta, jos niiden yli näkee melua tuottavan väylän. Melusteen takana ei ole täysin hiljaista, sillä esteen harjalla ääni siroaa eli taipuu esteen taakse. Mitä pienempi on äänen taajuus, sitä enemmän sirontaa tapahtuu (kuva 14).

Kuva 14. Meluste ei ole erityisen tehokas meluntorjuntakeino siksi, että äänen pienet taajuudet siroavat eli taipuvat esteen taakse. Siten melusteen takana ei ole koskaan täysin hiljaista. Lisäksi meluste ei vaikuta lainkaan meluun silloin, kun tarkastelupisteestä on näköyhteys melulähteeseen. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



Meluste on tehokkain lähellä melulähdettä tai suojattavaa kohdetta. Korkealla ja riittävän pitkällä melusteella voidaan saavuttaa noin 10...15 dB estevaimennus esteen läheisyydessä.

Rautatien ja metroradan rata-alue on tyypillisesti kapea. Rata-alueen reunaan sijoitettavilla ääntä absorboivilla melusteilla saavutetaan yleensä suuri estevaimennus. Rata-piha-alueet ja asemansuodut sekä keskustojen raitiorata-alueet ovat haastavia rata- ja katualueella toteutettavan rakenteellisen meluntorjunnan kannalta. Uusien rakennusten massoittelu sekä niihin kytkeytyvä meluste on usein ainoa käyttökelpoinen meluntorjuntaratkaisu. Väyläalueelle sijoitettava meluste suunnitellaan Väyläviraston teiden ja ratojen melusteiden suunnitteluohjeen mukaisesti [39].

Kaavavaiheessa tulisi tutkia toteuttamiskelpoinen meluntorjuntaratkaisu, mutta ei pääsääntöisesti määrätä toteutustapaa. Melusteen korkeustiedon antaminen kaavamääräyksessä ei ole lähtökohtaisesti suositeltavaa. Suunnitelmien tarkentuessa saattaa ilmetä, että ohjearvon alittamiseksi riittää matalampi meluste tai estettä ei tarvita. Tontille esitettävän meluntorjuntarakenteen korkeustiedot tulisi sitoa suojattavan piha-alueen korkeusasemaan.

Eritasoliittymäalueet ovat hankalia tiealueella toteutettavan meluntorjunnan kannalta. Leveillä useakaistaisilla väylillä tiealueella sijaitsevan melusteen tuoma estevaimennus voi jäädä keskinkertaiseksi tai vähäiseksi. Meluntorjunta on tehokkainta toteuttaa suojattavan kohteen läheisyydessä, joko massoittelulla tai rakenteellisella meluntorjunnalla.

5.4 Tonttikohtaiset ratkaisut

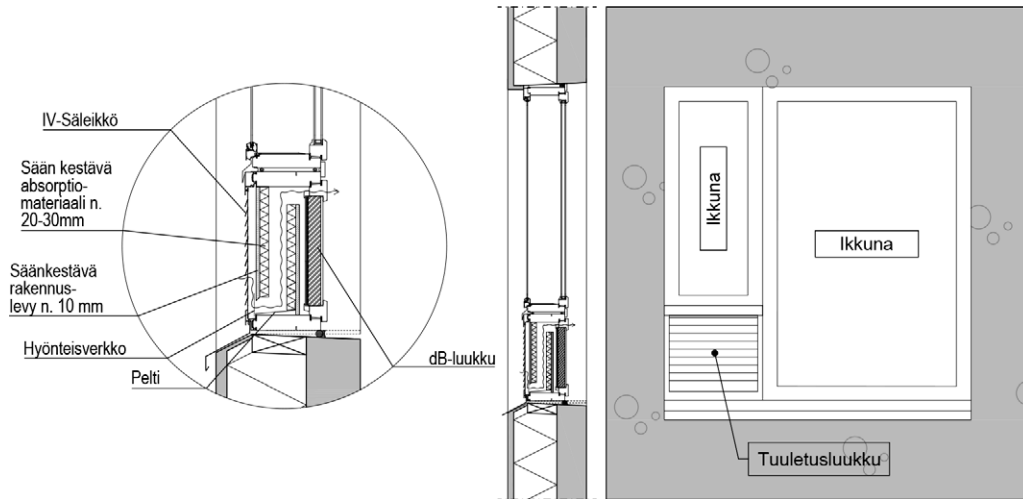
Tontilla voidaan meluisalle puolelle sijoittaa melulle vähemmän alttiit rakennukset ja alueet, kuten pysäköintialot, piharakennukset ja pysäköintialueet.

5.4.1 Asuntosuunnittelu

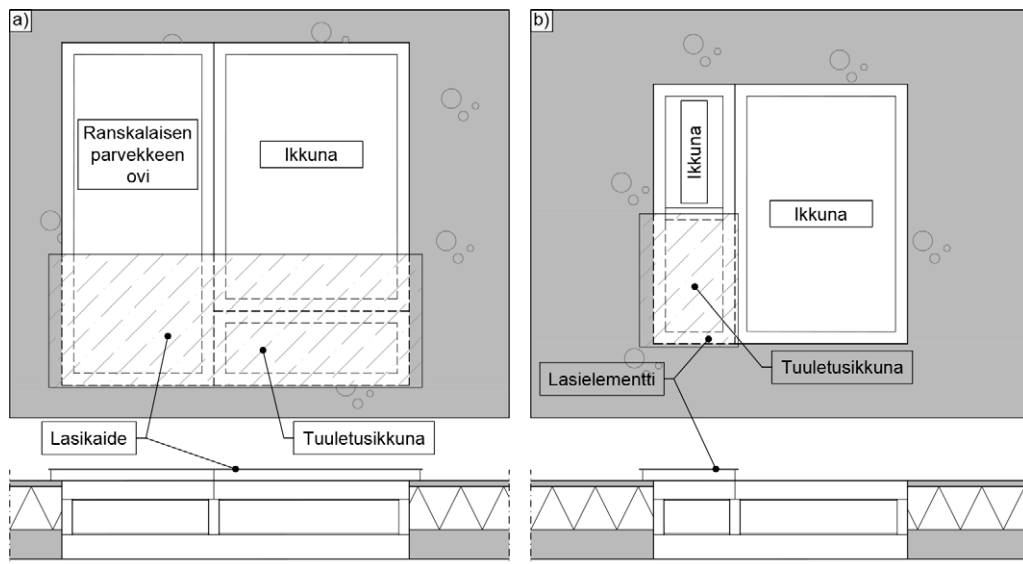
Nykyajan asunnoissa on koneellinen ilmanvaihto. Asuntojen avautuminen myös rakennuksen hiljaiselle puolelle parantaa asuinviihtyisyyttä.

Joissakin tapauksissa tuuletus on mahdollista järjestää vain rakennuksen meluisammalta puolelta. Häiritsevyyden kannalta oleellista on ulkoa sisään siirtyvän melun äänitaso. Teknisenä meluntorjuntaratkaisuna voidaan käyttää ääntä vaimentavaa tuuletusluukua (kuva 15) tai tuuletusluukun eteen sijoitettavaa levyrakennetta (kuva 16).

Kuva 15. Ääntä vaimentavan tuuletusluukun periaate. Tuuletusluukun ollessa auki ilma ja ääni kulkevat lamellivaimentimen läpi, jolloin ääni vaimenee. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



Kuva 16. Tuuletusikkunoiden suojaaminen liikennemelulta lasielementein. Laselementti toimii meluesteenä tuuletusikkunan edessä. Tuuletusikkunan ollessa auki ääni ei kohdistu suoraan avonaiseen ikkunaan, eikä siirry vaimentumatta sisätilaan. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



5.4.2 Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys

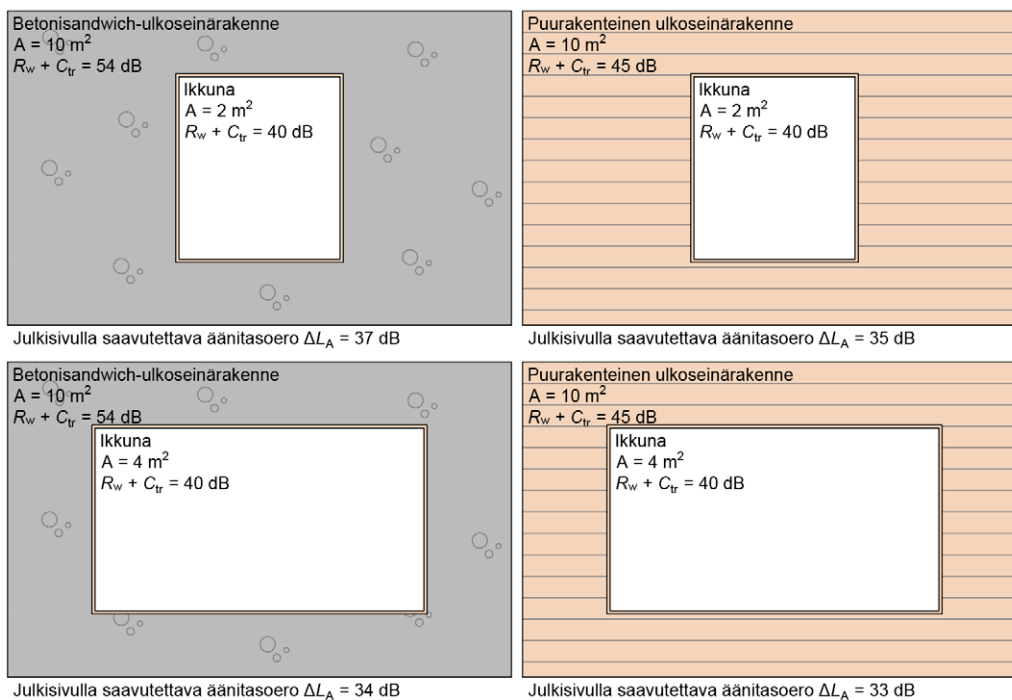
Kaavamääräys rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyydestä ilmoitetaan vaadittavana äänitasoerona $\Delta L_{A,vaad}$, joka tarkoittaa rakennuksen ulkovaippaan kohdistuvan ja sisällä sallittavan äänitason eroa. Ulkovaipalta vaadittavaan äänitasoeroon ei pääsääntöisesti tulisi lisätä varmuusvaroja, sillä sellaiset sisältyvät rakennuksen ulkovaipan rakennusosien ääneneristävyyden suunnittelumenetelmiin.

Ulkovaipan rakennusosien, kuten ikkunan tai ulkoseinärakenteen, ääneneristävyys ilmoitetaan pääsääntöisesti ilmaääneneristyslukuna $R_w + C_{tr}$, joka ei ole sama kuin ulkovaipalta vaadittava äänitasoero $\Delta L_{A,vaad}$. Rakennusosan ilmaääneneristysluku ei juurikaan riipu pinta-alasta, mutta mitä suurempi rakennusosan pinta-ala on, sitä enemmän ääntä sen kautta siirtyy ulkoa sisään. Esimerkiksi ikkunan pinta-alan kaksinkertaistaminen johtaa siihen, että ikkunan kautta siirtyä ääntä ulkoa sisään noin 3 dB enemmän (kuva 17).

Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyys raideliikenteen melua vastaan on parempi kuin tieliikennettä vastaan, koska rakenteiden ääneneristävyys on pienillä taajuuksilla heikompi kuin suurilla. Tämä pätee silloin, kun rataosalla on vain henkilöliikennettä, kaava-alueen vieressä ei ole vaihteita eikä tie- ja katuliikenne melu ole merkityksellistä. Tavallisesti raideliikenne on henkilö- ja tavaraliikenteestä muodostuvaa sekaliikennettä, jolloin rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyttä koskeva vaatimus asetetaan äänispektrin perusteella tieliikennemelua vastaan. Jos radalla on vain henkilöliikennettä, kuten pääkaupunkiseudun lähiliikenteessä, eikä alueella ole merkityksellistä tie- tai katuliikennettä, julkisivun äänitasoerovaatimus voidaan asettaa äänispektrin perusteella raideliikenteen melua vastaan.

Ulkovaipan ääneneristävyyden taulukkomitoitusmenetelmä on esitetty lähteessä [31] ja tarkempi laskennallinen menetelmä lähteessä [18]. Menetelmät johtavat pääsääntöisesti samaan lopputulokseen [16], joskin jälkimmäinen menetelmä mahdollistaa tarkemman laskennan ja ulkovaipan rakennusosien ääneneristävyyden optimoinnin.

Kuva 17. Erilaisilla ulkoseinärakenteen ja ikkunan yhdistelmillä saavutettava julkisivun laskennallinen äänitasoero ΔL_A . Kaikissa neljässä tilanteessa julkisivun bruttopinta-ala on 10 m^2 , ja huoneen lattiapinta-ala 10 m^2 . Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



Ääntä siirtyy ulkoa sisään rakennuksen ulkovaipan kaikkien rakennusosien kautta. Ulkovaipan ääneneristävyyttä tarkasteltaessa on otettava huomioon kaikki julkisivun rakennusosat, joista saavutettavan ääneneristävyyden yleensä ratkaisevat ikkunat ja ikkunaovet. Kevytrakenteinen ulkoseinä voi myös vaikuttaa saavutettavaan äänitasoeroon (kuva 17).

Ulkoa sisälle rakennuksen ulkovaipan kautta siirtynyt ääni vaimenee tavallisesti sitä enemmän, mitä suurempaan tilaan se on siirtynyt. Näin ollen saavutettava äänitasoero on tilakohtainen ja edellyttää laskentaa jokaisen erilaisen huonetilan osalta erikseen. Mitä suurempi vaadittava äänitasoero on, sitä enemmän huomiota on kiinnitettävä ulkoseinärakenteen valintaan [17]:

- äänitasoero $\Delta L_{A,vaad} = 40 \text{ dB}$: kevytrakenteisten ulkoseinien (puu- ja teräsrankaseinät, kevytbetoni, kevytsoraharkot ja vastaavat) käyttö edellyttää rakenteen huolellista suunnittelua, valintaa ja toteutusta. Massiiviset kivrakenteiset ulkoseinät (betonisandwich, tiilikuori-lämmöneristesisäkuori) johtavat suuremman massansa ansiosta parempaan eristävyyteen ja lievempiin vaatimuksiin ikkunoille. Tarvittaessa voidaan käyttää myös lasitettua luhtikäytävää tai kaksoisjulkisivua melulähteen puolella. Kaksoisjulkisivu vaikuttaa merkittävästi kustannuksiin, joten lasitettu luhtikäytävä on suositeltavampi vaihtoehto.

- äänitasoero $\Delta L_{A,vaad} = 35$ dB: kevytrakenteisen ulkoseinien käyttö on yleensä mahdollista, mutta rankarakenteisen seinän tuulensuojalevynä tulee olla tiivis rakennuslevy. Sisäverhouslevyjen määrää voidaan joutua lisäämään riittävän ääneneristävyyden saavuttamiseksi.
- äänitasoero $\Delta L_{A,vaad} = 30$ dB: useimmat tavanomaiset ulkoseinärakenteet täyttävät kaavamääräyksen vaatimukset. Tavallisesti rankarakenteisen ulkoseinän tuulensuojalevynä tulee kuitenkin olla tiivis rakennuslevy.

Yläpohjan ääneneristyskyky on huoneeseen muodostuvan äänitason kannalta merkittävä tekijä lähinnä lentomelualueilla. Asuinkerrostaloissa, oppilaitoksissa ja toimistorakennuksissa käytettävät betonirakenteet tuottavat lähtökohtaisesti hyvän ääneneristävyyden. Tällöin yläpohjarakenne ei juuri vaikuta huoneeseen muodostuvaan keskiäänitasoon, joka määräytyy pääasiassa julkisivun rakennusosien ääneneristävyyksien perusteella [17].

Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyttä on tarkasteltava lentomeluviikolla L_{den} 50-55, lentomelualueen laajenemisviikolla ja lentomelun laskeutumisviikolla. Vaatimus ulkovaipan äänitasoerolle muodostetaan tarkastelemalla melukarttoja ja -selvityksiä, joissa on esitetty lentoliikenteen aiheuttamat keskiäänitasot $L_{A,eq}$ päivällä ja yöllä sekä enimmäisäänitasot $L_{A,max}$. Näistä vähennetään rakennuksen asuinhuoneen keskiäänitasojen päivä- ja yöajan ohjearvo 35 dB tai 30 dB ja sisällä sallittava enimmäisäänitaso 45 dB. Erotuksista suurinta käytetään rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyden mitoituksessa.

5.4.3 Ikkunoiden koko ja tyyppi

Jos kaavamääräys edellyttää erittäin suurta äänitasoeroa ($\Delta L_A = 38-40$ dB), kaavoitusvaiheessa on suositeltavaa selvittää, että teknisiä ratkaisuja kaavamääräyksen mukaisen äänitasoeron saavuttamiseksi on löydettävissä [17]. Ikkunoiden rajallinen ääneneristyskyky johtaa siihen, että ikkunoiden pinta-alaa voidaan joutua rajoittamaan, kun ulkovaipalle kaavamääräyksenä asetettu äänitasoero $\Delta L_{A,vaad}$ on suuri.

Ikkunoiden ääneneristyskyky riippuu lasikerrosten paksuudesta ja niiden välissä olevien ilmväljen suuruudesta. Ääntä eristävät ikkunarakenteet ovat tavallisesti kolminkertaisia siten, että ulommainen lasi on omassa puitteessaan ja kaksi muuta sisäpuiteessa. Lasien paksuudet ovat tavallisesti 3...8 mm. Yli 8 mm paksuja laseja ei yleensä kannata käyttää, koska lasituksen ääneneristävyys ei massan kasvusta huolimatta käytännössä enää parane.

Markkinoilla olevien ikkunoiden suurimmat ilmaääneneristysluvut tieliikennemelua vastaan $R_w + C_{tr}$ ovat yleensä enintään 46–48 dB. Vaikka lasitusten paksuuksia ja ilmavälejä säätämällä voitaisiin saavuttaa suurempiakin ilmaääneneristyslukuja, ikkunoiden ääneneristyskykyä rajoittavat muut seikat. Mahdollisuudet kasvattaa karmisyvyttä ovat rajalliset jo ulkoseinän paksuudenkin takia. Ikkunan karmit toisaalta kytkevät lasiosat toisiinsa, mikä heikentää ääneneristävyttä. Ääneneristyksen kannalta tiiviys on oleellista, ja käytännössä ikkunoita on varsin vaikeaa saada täysin tiiviiksi. Lähinnä tiivisteiden vuoksi ikkunaovien ilmaääneneristysluvut ovatkin jonkin verran pienempiä kuin lasitukseltaan samanlaisten ikkunoiden. Yksilehtisen ikkunaovien ilmaääneneristysluvut $R_w + C_{tr}$ ovat yleensä alle 35 dB, kaksilehtisillä ikkunaovilla voidaan saavuttaa yli 40 dB ilmaääneneristyslukuja. Melualueilla on usein käytettävä kaksilehtisiä ikkunaovia.

5.4.4 Rakennuksen ilmanvaihto

Rakennuksen lämmöneristävyydelle ja energiatehokkuudelle asetettavien vaatimusten kasvu on johtanut siihen, että uudisrakentamisessa ei enää käytetä korvausilmaventtiileitä. Tämä on parantanut rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyttä. Uudistuotannossa ilmanvaihto toteutetaan joko huoneistokohtaisilla ilmanvaihtokoneilla tai yhteiskanavajärjestelmällä. Liikennemelua voisi periaatteessa siirtyä ulkoa sisään myös ilmanvaihdon jäte- ja raitisilmakanavien kautta.

Jos ilmanvaihto on suunniteltu niin, että se täyttää rakennuksen taloteknisten laitteiden aiheuttamaa äänitasoa koskevat määräykset, kanavistossa on yleensä äänenvaimentimet vähintään puhallinäänän vaimentamiseksi. Ulkoa sisään siirtyvää ääntä vaimentavat myös ilmanvaihdon päätelaitteet sekä ilmanvaihtokoneiden suodattimet ja muut ilmankäsittelyosat. Äänenvaimenninten ja muiden kanavaosien äänenvaimennuskyvyn takia ilmanvaihtojärjestelmä ei käytännössä vaikuta liikennemelun siirtymiseen ulkoa sisään [17].

5.4.5 Pihojen sijoitus

Maankäyttö- ja rakennuslain [21] mukaan asuinrakennuksen yhteyteen tulee järjestää riittävästi ulkotilaa leikkipaikkoja ja oleskelualueita varten. Ne on turvallisesti erotettava liikenteelle varatusta alueesta.

Leikkipaikkojen ja virkistykseen käytettävien oleskelualueiden riittävyttä arvioitaessa voidaan ottaa huomioon myös lähiympäristön tarjoamat vastaavat tilat ja alueet sekä kiinteistöjen yhteiset järjestelyt. Leikkipaikkojen ja oleskelualueiden järjestämisvelvollisuudesta

voidaan sallia poikkeus vähäisen lisärakentamisen sekä rakennuksen korjaus- ja muutostyön osalta, jos se kiinteistön koon, maaston tai muun vastaavan syyn vuoksi on perusteltua.

Ohjearvopäätöksen [43] mukaisten melutason ohjearvojen tulee täytyä tontille osoite-
tuilla leikkipaikoilla ja rakennusten virkistykseen käytettävillä oleskelualueilla. Tontilla on
näiden lisäksi muita alueita, joita ei ole tarpeen tai tarkoituksenmukaista suojata melulta.

5.4.6 Parveke

Ohjearvopäätöksen ulkomelutason ohjearvot koskevat asumiseen käytettävien alueiden
rakennusten pih- ja oleskelualueita, parvekkeita ja terasseja. Kaavamääräyksellä on mah-
dollista rajoittaa ulkomelusta aiheutuvaa äänitasoa oleskeluparvekkeella.

Oleskeluparvekkeet voidaan toteuttaa umpinaisina melulähteen suuntaan. Ne voidaan
myös yhdistää viereisen talon oleskeluparvekkeen kanssa siten että julkisivusta tulee käy-
tännössä umpinainen melulähteen suuntaan, vaikka kyseessä olisivat pistemäiset talot.
Julkisivua voidaan myös jatkaa ns. valejulkisivuna seinälinjaa pidemmälle, jolloin se suoja-
sisäpihaa ja oleskeluparvekkeita.

Lasitetun oleskeluparvekkeen äänitasoerovaatimus annetaan oleskeluparvekkeen ulko-
vaippaan kohdistuvan äänitason ja parvekkeella sallittavan äänitason erona $\Delta L_{A,vaad}$. Mikäli
äänitasoerovaatimus on 1–3 dB, vaatimus yleensä täytty tavanomaisella lasituksella.
Kun äänitasoerovaatimus on 4–9 dB, parvekelasien ääneneristävyydestä laaditaan sel-
vitys rakennuslupavaiheessa. Mikäli äänitasoerovaatimus on 10–14 dB, kaavavaiheessa
on tarkoituksenmukaista tehdä alustava mitoituskalkelma [14], jolla arvioidaan oleskelu-
parvekkeen toteuttamiskelpoisuus. Oleskeluparvekkeelle muodostuviin äänitasoihin
voidaan vaikuttaa myös rajoittamalla avattavien lasien pinta-alaa, kasvattamalla lasituk-
sia paremmin ääntä eristävien kaiteen umpiosien ja pieliien pinta-alaa sekä lisäämällä
oleskeluparvekkeelle ääntä absorboivaa materiaalia. Mikäli oleskeluparvekkeen lasituksen
äänitasoerovaatimus on 15 dB tai enemmän, oleskeluparvekkeen toteuttaminen on tekni-
sesti vaativaa, ja viherhuone on tällöin toimivampi ratkaisu.

Avattavan parvekelasituksen suurimpana mahdollisena ilmaääneneristyslukuna tieliik-
kennemelua vastaan $R_w + C_{tr}$ käytetään yleensä 21 dB, jota vastaavia avattavia parveke-
lasituksia on saatavilla useilta valmistajilta (taulukko 3). Kaiteen ja muiden kiinteiden
rakenteiden ilmaääneneristyslukuna tieliikennemelua vastaan $R_w + C_{tr}$ käytetään mitoi-
tusmenetelmän mukaisesti 30 dB tai avoimilla lasiväleillä varustettuna 21 dB (pinta-alasta
enintään 0,2 % lasivälejä). Nämä vastaavat tyypillistä laminoitua lasia 4+4 mm (pelkän lasi-
levyn arvoa). Tiiviissä kaiteessa lasivälit ja liitokset seinäpintoihin on tiivistetty. [14]

Taulukko 3. Erilaisilla parvekeratkaisuilla saavutettava äänitasoero ΔL_A . Laskennassa oleskeluparvekkeiden leveys oli 4 m, syvyys 2 m ja sisäkorkeus 2,7 m. Parvekekaiteen korkeutena käytettiin 1 100 mm ja lasituksen korkeutena 1 600 mm.

Oleskeluparveke	Rakennusosan pinta-ala	Rakennusosan $R_w + C_{tr}$	Äänitasoero ΔL_A
Ulkoparveke			11 dB
Parvekelasitus	12,8 m ²	21 dB	
Kaide	8,8 m ²	30 dB	
Kulmaparveke			12 dB
Parvekelasitus	9,6 m ²	21 dB	
Kaide	6,6 m ²	30 dB	
Sisäänvedetty parveke			14 dB
Parvekelasitus	6,4 m ²	21 dB	
Kaide	4,4 m ²	30 dB	

5.5 Meluselvityksen teettäminen

Meluselvitykset on suositeltavaa tehdä laskentamallein. Joillakin kaupungeilla on maankäytön suunnittelussa omia meluselvitysohjeita, esimerkiksi Helsingin ja Vantaan kaupungeilla [12–13]. Ohjeita noudatetaan kyseisten kaupunkien meluselvityksien laadinnassa. Meluselvityksen laatimiseen liittyvät keskeiset yleiset periaatteet on kuvattu liitteessä 1.

Kaavavaiheen meluselvitys on mahdollista yksinkertaisissa tapauksissa tehdä mittaamalla liikenteen äänitasot liikennemelumittausohjeiden [26, 40, 46] mukaisesti sekä normalisoimalla mittaustulos ennustetilanteeseen. Käytännössä se ei ole kustannustehokasta eikä luotettavuuden näkökulmasta suositeltavaa. Tällöin esimerkiksi melun leviäminen eri kerroskorkeuksiin jää ottamatta huomioon, sekä mahdolliset muutokset tontin korkeus-aseissa, mikä aiheuttaa merkittävää epävarmuutta.

5.5.1 Tarvearvio

Meluselvitysten tarve arvioidaan tapauskohtaisesti. Mikäli kaava-alueen äänitaso on nykytilanteessa 5 dB alle melun ohjearvojen, kaava-alueella ei ole ennustetilanteessa-kaan ongelmia liikennemelun suhteen, mikäli liikennejärjestelyt ja äänen etenemiseen

vaikuttavat maaston muodot ja rakennelmat säilyvät. Liikennemäärän kasvuun perustuva 5 dB melutason muutos edellyttäisi liikennemäärän kolminkertaistumista. Äänen heijastus rakennuksen julkisivusta lisäisi paikallisesti piha- ja oleskelualueiden äänitasotasoja 3 dB ja marginaali 2 dB vaatisi vähintään 60 % liikennemäärän kasvua, jotta päiväajan ohjearvo 55 dB ylittyisi. Melutilannetta voi arvioida esimerkiksi strategisten EU-meluselvityksien kansallisten mallinnustuloksien avulla. Tällöin tulee tarkistaa, että kaava-alueen kannalta kaikki oleelliset melulähteet on otettu melumallinnuksessa huomioon.

5.6 Kaavamääräysten muodostuminen ja esimerkkejä

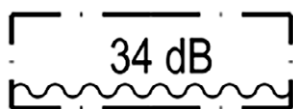
Tässä esitetyt kaavamääräystekstit ovat esimerkinomaisia. Meluntorjuntaa koskevat kaavamääräystekstit riippuvat suunnittelukohteesta.

5.6.1 Piha- ja oleskelualueiden äänitasot

Oleskelualueet tulee suojata siten, etteivät melutason ohjearvoista säädetyt lukuarvot ylity.

Asukkaiden yhteiskäyttöiset piha-alueet, päiväkodin leikkipiha sekä kattoterassin oleskeluterassit tulee suojata melulta siten, etteivät melutason ohjearvoista säädetyt lukuarvot ylity.

5.6.2 Ulkovaipan äänitasoero

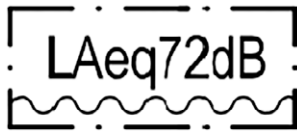


Merkintä osoittaa rakennusalan sivun, jolla rakennuksen ulkovaipan äänitasoeron liikennemelua vastaan tulee olla vähintään merkityn lukeman osoittaman äänitasoero-vaatimuksen tasolla ($\Delta L_{A,vaad} \geq 34$ dB).

Äänitasoerovaatimuksen raideliikennemelua vastaan voi antaa vain, mikäli äänitasoerovaatimus aiheutuu henkilöjunista eikä lähistöllä ole vaihteita. Muiden melulähteiden tulee olla vähintään 10 dB hiljaisempia. Tällöin ulkovaipan äänitasoerovaatimusta voidaan täydentää:

Radan puolella äänitasoerovaatimus on raideliikenteen melua vastaan.

Mikäli kaavamerkintä mahdollistaa rakennukselle meluohjearvojen kannalta eri käyttötarkoituksia, eikä kaavassa haluta lukita niiden sijoittelua tai toteutumista, voidaan äänitasoerovaatimuksen sijaan esittää mitoitusarvo sekä tavoitetaso näin:



Rakennuksen ulkovaippaan kohdistuva päiväaikainen (klo 7–22) äänitaso (L_{Aeq}), jonka perusteella voidaan määrittää ulkovaipan äänitasoerovaatimus ($\Delta L_{A,vaad}$) äänitason ja käyttötarkoituksen mukaisen sisä-äänitason ohjearvon erotuksena.

Suuret enimmäisäänitasot voivat häiritä unenlaatua, joten niille voi olla tarpeen antaa oma äänitasoerovaatimus.

Merkintä osoittaa rakennuksen ulkovaippaan kohdistuvan suurimman yöaikaisen rai-
deliikenteen enimmäisäänitason (L_{Amax}), jonka perusteella voidaan määrittää ulko-
vaipan äänitasoerovaatimus ($\Delta L_{A,vaad}$) raideliikennemelua vastaan rakennuksen
asuinhuoneille, joissa enimmäisäänitaso saa olla sisällä enintään 45 dB.

5.6.3 Meluesteet

Meluesteen sijainnin ja korkeuden asettaminen kaavavaiheessa voi johtaa jatkosuunnittelussa tarpeettomiin tai väärin mitoitettuihin meluesteisiin. Jatkosuunnittelua varten on parempi osoittaa meluntorjuntatarve:

Merkinnällä on osoitettu meluesteen ohjeellinen sijainti, jonka korkeus tulee mitoittaa siten että oleskelualueella melutason ohjearvoista säädetyt lukuarvot eivät ylitä.

Mikäli meluesteelle asetetaan sijainti ja korkeustieto, korkeustieto tulee sitoa meluntorjunnan kannalta oleelliseen korkeusasemaan. Mikäli melueste on lähellä suojattavaa kohdetta, sijainti ja korkeusvaatimus voidaan antaa näin:

Merkinnällä on osoitettu meluesteen sijainti, jonka korkeuden tulee olla pihan korkeusasema + 3 m

Mikäli tarvittava melueste on melulähteen läheisyydessä, vaatimus voidaan asettaa näin:

Merkinnällä on osoitettu meluesteen sijainti, jonka korkeus tulee olla tienpinta + 3 m.

Väylien yhteydessä käytetään usein määritelmää tasausviivaa (tsv) ja ratojen osalta korkeusviivaa (kv).

5.6.4 Parvekelasitus

Kaavamääräyksellä on mahdollista rajoittaa ulkomelusta aiheutuvaa haittaa oleskeluparvekkeella. Mikäli rakennuksen julkisivu on altis ulkomelulle, niin oleskeluparvekkeille voidaan asettaa esimerkiksi seuraava kaavamääräys:

Oleskeluparvekkeet tulee sijoittaa ja tarvittaessa suojata siten, etteivät melutason ohjearvoista säädetty lukuarvot ylity.

Rakennuksen sijoittamisessa ja suojaamisessa tulee ottaa huomioon liikennemelu.

Oleskeluparvekkeet tulee lasittaa meluntorjunnan vuoksi.

Tilanteissa, joissa julkisivun suuri äänitasoerovaatimus aiheutuu ulkomelun keskiäänitasosta (L_{Aeq}):

Oleskeluparvekkeita ei tule sijoittaa, niille julkisivuille, joilla keskiäänitaso ylittää 65 dB.

Oleskeluparvekkeita ei tule sijoittaa niille rakennuksen julkisivuille, joilla melutason ohjearvoista säädetty lukuarvot edellyttäisivät yli 15 dB äänitasoerovaatimusta parvekkeelta.

5.6.5 Vaiheittainen rakentaminen ja ajoitusmääräykset

Vaiheittain rakentamisen osalta on tarpeen asettaa vaatimuksia, mikäli melutilanteen kannalta on oleellista, että tietyt rakennukset valmistuvat ennen toisia. Esimerkki tällaisesta tilanteesta ovat melulähteen läheisyydessä olevat liike- ja toimistorakennukset, jotka toimivat melulta suojaavina rakenteina kaavan asuinrakennuksille.

Korttelin NN asuinrakennuksia ei saa ottaa käyttöön ennen korttelialueen muiden rakennusten valmistumista.

Korttelin NNN tienpuoleiset asuinrakennukset torjuvat liikenteen melua korttelialueella. Rakentaminen tulee toteuttaa siten, etteivät valtioneuvoston asettamat melutason ohjearvot ylity rakennusten asuintiloissa ja ulko-oleskelualueilla. Tämä tulee ottaa huomioon myös vaiheittain rakentamisessa.

5.6.6 Rakennusmassaan liittyvät määräykset

Radan puoleinen julkisivu tulee toteuttaa siten, että vähennetään raideliikenteen melun heijastumista vastakkaiselle puolelle joko ääntä sirottavilla julkisivumuotoiluilla tai ääntä vaimentavilla materiaaleilla.

5.7 Muita suunnittelussa huomioon otettavia asioita

5.7.1 Asuntojen avautuminen hiljaiselle puolelle

Kaavassa voidaan ohjata ja rajoittaa asuntojen avautumista tai antaa ehtoja, joilla asunnot voivat avautua voimakkaan melun puolelle. Asuntojen avautumisella tarkoitetaan rakennuksen sivuja, joiden suuntaan asunnon asuinhuoneiden ulkovaippa rajautuu, kun ulkovaipassa on ikkuna.

Asunnot eivät saa avautua pelkästään tien/radan puolelle ja valtioneuvoston asettama melutason ohjearvo ei saa ylittyä rakennuksen tien/radan vastakkaisella julkisivulla.

Tontilla X ensimmäisessä kerroksessa ei saa olla liikennealueiden suuntaan avautuvia asuntoja.

Jos rakennuksen ulkovaippaan kohdistuvan melun keskiäänitaso ylittää valtioneuvoston asettaman melutason ohjearvon, on käytettävä ääntä vaimentavia tuuletusluukkuja.

5.7.2 Suuret oleskelu-parvekkeen äänitasot

Mikäli oleskelu-parvekkeen äänitasot ovat hyvin suuret, on viherhuone ääniympäristön kannalta toimivampi ratkaisu.

5.7.3 Lastauslaiturit

Liiketilöiden lastauslaitureiden käytöstä voi aiheutua hetkellistä voimakasta ääntä, joka voi häiritä saman tai lähimpien rakennusten asukkaita erityisesti yöaikaan. Jos esimerkiksi rakennuksen julkisivun äänitasoerovaatimus on 30 dB, tulisi lastauslaiturista asuinhuoneiden julkisivuun kohdistuva enimmäisäänitaso L_{AFmax} olla enintään 75 dB (30+45 dB). Mitoittavin lähin asuinhuoneen julkisivu sekä sen äänitasoerovaatimus olisi tarkoituksenmukaista selvittää tapauskohtaisesti.

Lastauslaiturialue tulee toteuttaa siten, että toiminnasta aiheutuva enimmäisäänitaso (L_{AFmax}) ei ylitä yöaikaan (klo 22–7) arvoa 75 dB lähimpien rakennuksien asuinhuoneiden julkisivuilla.

5.8 Kaavamääräysten kustannusvaikutuksia

Kaavatalouden ja rakennuskustannusten näkökulmasta meluntorjunnan keinoilla voi olla merkittäviä kustannusvaikutuksia. Suurimmat kustannusvaikutukset syntyvät valinnoista, jotka tehdään maankäytön suunnittelun alkuvaiheissa.

Rakennusten massoitteilla on suuri vaikutus leikkipaikkojen ja virkistykseen käytettävien oleskelualueiden meluntorjuntatarpeeseen tontilla, koska rakennukset ovat korkeampia kuin melusteet yleensä. Kun rakennukset muodostavat yhtenäisen muurimaisen massan melulähteen suuntaan, kuten lamellitalot, äänitaso korttelin sisäosissa on pienempi ja ääniympäristön laatu parempi kuin esimerkiksi pistetaloista muodostuvissa kortteleissa ja melusteitä ei tarvitse toteuttaa (kuva 12). Kaavamääräysten kustannusvaikutuksista tehdyn selvityksen mukaan lamellitalon rakennuskustannukset ovat pistetaloja jonkin verran pienemmät [28].

Tontille sijoitettavien piharakennusten käyttö meluntorjuntaan tuottaa vähäisiä kustannusvaikutuksia, sillä esimerkiksi autokatoksen tai pyöräsuojan rakennuskustannukset eivät juuri kasva, jos niitä hyödynnetään myös melusteinä.

Meluseinien kustannukset ovat maaperäolosuhteista ja laatusoivaatimuksista riippuen noin 500–1 000 €/m² (melusteen korkeus x melusteen pituus). Meluste on aina ylimääräinen kustannustekijä, joka hyvällä suunnittelulla voidaan välttää. Resurssiviisauden kannalta on edullista pyrkiä sijoittamaan melusteet rakennusmassojen väliin, jolloin esteiden pituudet jäävät pieniksi. Suurin kustannus meluseinistä syntyy silloin, jos meluntorjunta toteutetaan tontin rakennusmassoista täysin erillisin rakentein.

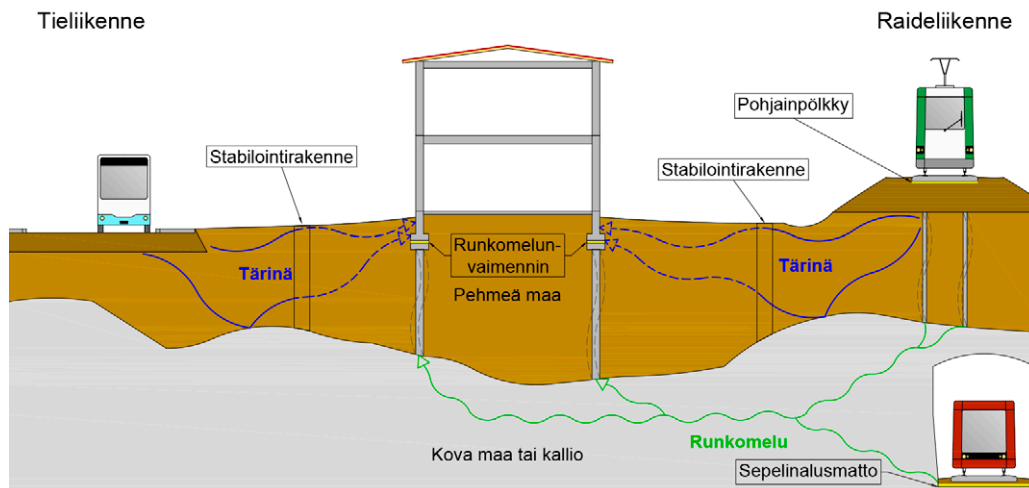
Meluvallien kustannukset riippuvat siitä, saadaanko hyödynnettyksi ylijäämämassoja ja joudutaanko tekemään maaperän stabiloimistoimenpiteitä tai meluvallin kevennyksiä. Tavallisesti meluvalli on meluseinää edullisempi ratkaisu ja voi kustannusvaikutuksiltaan olla negatiivinenkin, jos ylijäämämassoja ei tarvitse kuljettaa muualle. Meluvalli toisaalta vie tontilta enemmän tilaa kuin meluseinä.

Rakennuksen ulkovaipan ääneneristävyyttä koskevilla kaavamääräyksillä on myös kustannusvaikutuksia. Tavallisesti rakennusten ulkoseinärakenne on ääneneristävyydeltään kaavamääräyksen äänitasoeroon nähden hyvä, ja äänen merkittävin kulkureitti ulkoa sisään muodostuu ikkunan kautta. Ikkunoiden kustannuksia voidaan vähentää ottamalla ulkoseinärakenteiden ääneneristyskyky huomioon. Jos ulkovaipalle asetettu äänitasoero on hyvin suuri, ikkunoiden ääneneristävyydestä muodostuvia kustannuksia voidaan alentaa pienentämällä ikkunoiden pinta-alaa.

6 Asuinalueen suunnittelu tärinälle tai runkomelulle alttiilla alueella

Suunniteltaessa asuinaluetta tai muuta tärinälle tai runkomelulle altista toimintoa riskialueelle on suositeltavaa mahdollisimman aikaisin tehdä tärinä- ja runkomeluselvitys. Riskialueen laajuus riippuu mm. maalajista sekä liikennöivästä kalustosta. Riskietäisyyksiä on esitetty kappaleessa 4.2. Selvityksen tulosten avulla on mahdollista vertailla eri vaihtoehtoja varhaisessa vaiheessa aluesuunnittelua ja löytää kohteeseen parhaiten soveltuvat kokonaisratkaisut. Tiiviissä kaupunkiympäristössä ja lähellä rataa kokonaisratkaisu ei välttämättä muodostu yhdestä periaateratkaisusta, vaan näiden yhdistelmistä. Kuvassa 18 on esitetty vaihtoehtoisia vaimennusratkaisujen sijainteja. Ne voidaan jaotella kolmeen luokkaan, joiden mukaisesti niitä on esitelty tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Kuva 18. Teknisiä tärinän ja runkomelun vaimennusratkaisuja voidaan sijoittaa osaksi tie- tai ratarakennetta, maaperää tai rakennusta. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



6.1 Ratkaisut tie- ja ratarakenteessa

Vastuu tärinän ja runkomelun torjunnasta on ensisijaisesti rakennushankkeeseen ryhtyvällä, sillä useimmiten rata on rakennettavalla alueella olemassa eikä siihen voida vaikuttaa. Tärinän ja runkomelun torjumiseksi teknisesti hyvä tapa olisi vaimennuksen toteuttaminen tie- tai ratarakenteessa, jolla tapahtuva liikennöinti aiheuttaa värähtelyn. Vaimennus vaikuttaisi kaikkiin ympäristön rakennuksiin sekä jo mahdollisesti olemassa oleviin rakennuksiin. Tämä ratkaisu on useimmiten toteutettavissa vain uusien ratojen rakentamisen yhteydessä.

Isoimmissa aluerakentamiskohteissa, jotka ovat sisältäneet uusia raitiotieosuuksia, on usein saatettu kaavamääräyksinkin edellyttää tärinän ja runkomelun torjunnan toteuttamista radan rakentamisen yhteydessä. Kaavoituksen keinovalikoima ei kuitenkaan läheskään aina mahdollista vaimennusratkaisujen sijoittamista katu-, tie- tai ratarakenteeseen etenäkään olemassa olevien väylien osalta. Tästä huolimatta on hyvä tiedostaa, että myös ajoneuvon ja radan muodostamassa värähtelylähteessä on mahdollista erilaisin ratkaisuin parantaa tilannetta koko ympäröivän rakennuskannan osalta.

Esimerkiksi pohjainpölkyn asentaminen rataan tavanomaisen betonipölkyn sijaan radan perusparannuksen tai päällysrakenteen uusimisen yhteydessä on osoittautunut vaihtoehdoksi, jolla olisi mahdollista tietyissä olosuhteissa saavuttaa vaimennusta sekä tärinään että runkomeluun [10].

Ratarakenteessa toteutettavia vaimennusvaihtoehtoja on pölkkytyypin lisäksi mm. sepelinalusmatto, kellutettu betonilaatta, radan perustaminen paalujen varaan tehdyille teräsbetonilaatalle tai maanvaraiselle teräsbetonilaatalle. Myös radan alapuolisia pehmeitä maakerroksia voidaan vahvistaa syvästabiloinnilla tai suihkuinjektoinnilla. Alueellisesti haittoja voidaan pienentää myös asettamalla tarvittavalle rataosalle nopeusrajoituksia. Nopeusrajoitus alentaa kuitenkin radan kapasiteettia ja yleensä myös vaikuttaa laajemmin rataverkoston suorituskykyyn ja aikatauluihin. Radan vieressä olevan alueen kaavoitus tai kaavan muuttaminen ei ole peruste raideliikenteen nopeuden alentamiseksi.

Tieliikenteen tärinä- ja runkomeluhaitat rajoittuvat yleensä jonkin värähtelyä kasvattavan epätasaisuuden läheisyyteen. Tällaisia ovat esimerkiksi hidastetöyssyt, korotetut suojatie- tai risteysalueet, nupukiveys, kaivonkannet tai vauriot tiessä. Erilaisten hidasteiden suunnittelussa tulisi tarkastella näiden sijoitteluvaihtoehtoja suhteessa mahdollisesti tärinälle ja runkomelulle alttiisiin kohteisiin. Mahdollisia vaihtoehtoja voisivat olla tien kavennus, nopeusrajoitus kameravalvonnalla tai kadunvarsipysäköinti. Pehmeiden maalajien alueilla tulisi kiinnittää huomiota riittävän hyviin pohjanvahvistuksiin. Myös raskaan liikenteen ohjaaminen toiselle väylälle tai sileän pinnoitteen käyttö nupukiven sijaan voi olla ratkaisu.

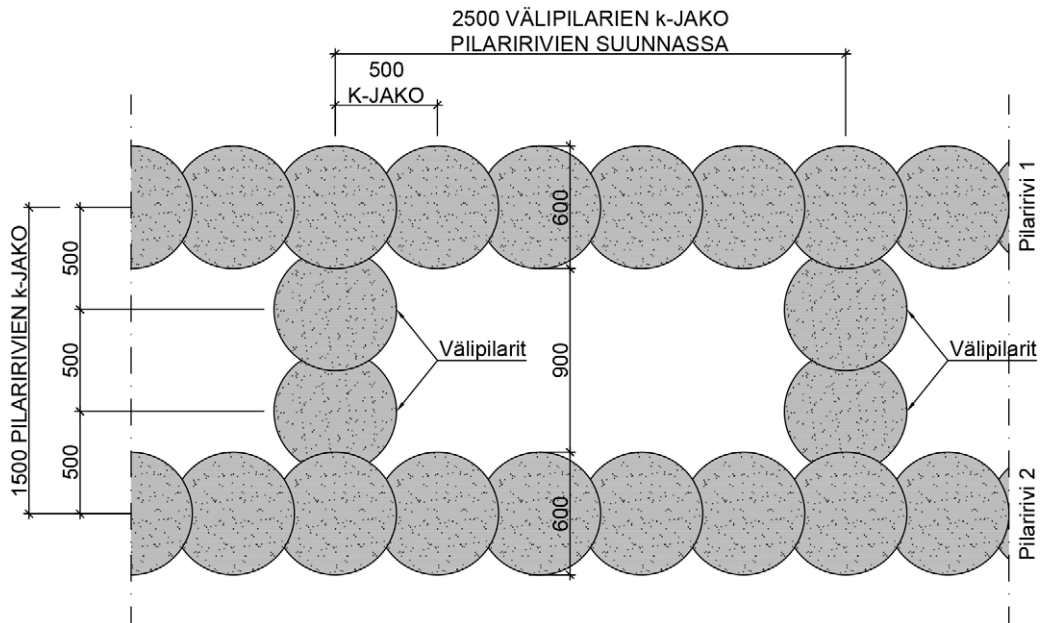
6.2 Ratkaisut maaperässä

Vaimennusratkaisuja voidaan toteuttaa myös värähtelylähteen ja suojattavan kohteen väliin maaperään esimerkiksi seuraavilla keinoilla:

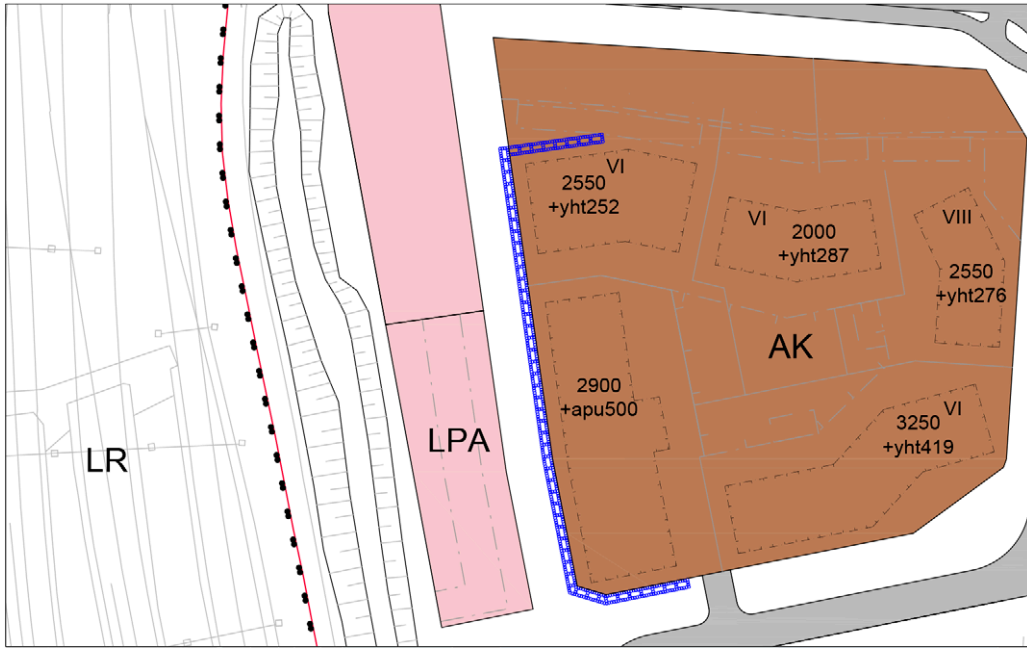
- ankkuroitu tai vapaasti seisova teräsponttiseinä,
- lokerikkomainen kalkkisementtistabilointi
- radan viereen lisätty massa, joka viritetään halutulle taajuusalueelle.

Kuvassa 19 on esitetty korttelin suojaamiseen käytetty lokerikkomainen stabilointirakenne sekä kuvassa 20 toteutettu laajuus [9]. Vaimennusrakenteena käytettyä stabilointia on aiemmin käytetty myös radan ja rakennusten välisen tien alapuoleisissa maakerroksissa osana pohjanvahvistuksia [8]. Ratkaisun etuna on, että rakennetta voidaan tarvittaessa hyödyntää tiepohjan vahvistamiseen eikä rakenne vie tilaa muualta tontilta.

Kuva 19. Stabilointirakenteena toteutetun tärinäseinän periaatepiirros [9].



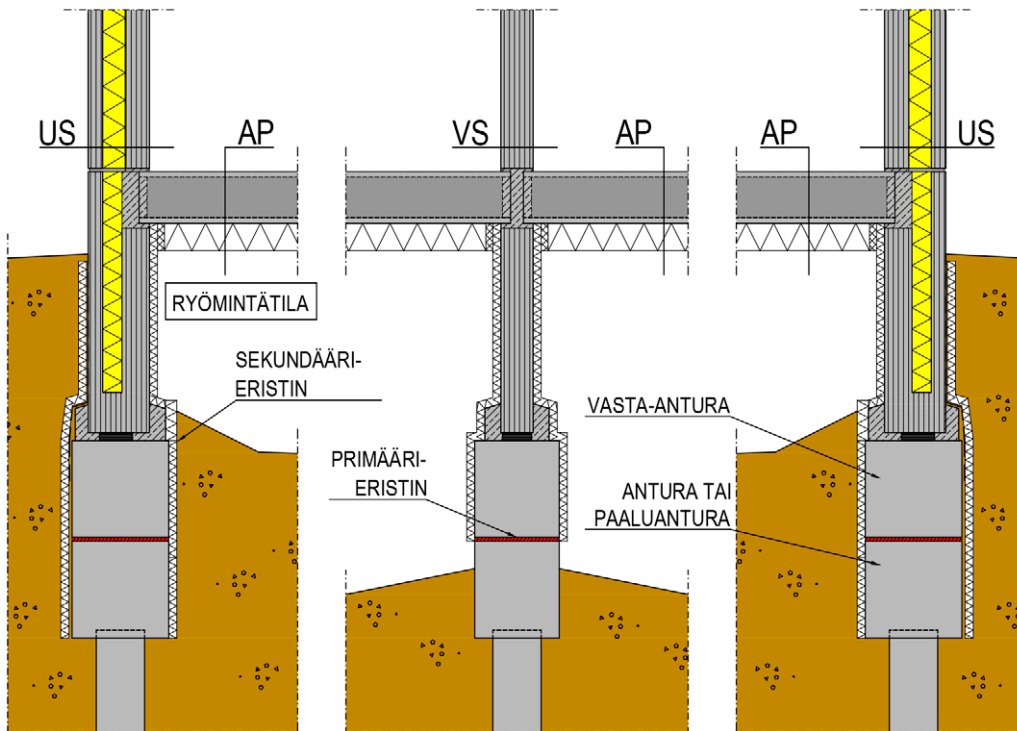
Kuva 20. Lokerikkoomainen stabilointirakenne toteutettuna korttelin alueelle lähelle rakennuksia C-kirjaimen muotoisena. Kuvalähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



6.3 Ratkaisut rakennuksissa

Yleisesti käytetyin ratkaisu runkomelun vaimennukseen on kelluttaa rakennus perustuksiinsa toteuttamalla kaksoisanturoiden väliin runkomeluvaimennin. Vaimentimen paksuus on tyypillisesti 12,5–25 mm. Periaateratkaisu on esitetty kuvassa 21. Ratkaisu on toimiva vain runkomelunvaimennukseen ja väärin mitoitettuna se voi kasvattaa tärinäriskiä.

Kuva 21. Toteutusperiaate runkomelun vaimennusratkaisusta rakennuksen perustuksissa.
Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



Tärinän vaimentamiseksi vaaditaan pienempi ominaistaajuus, joka on mahdollista saavuttaa toteuttamalla kellutus teräsjousilla [8]. Kuvassa 22 on esitetty esimerkki teräsjousiratkaisun toteutustavasta.

Kuva 22. Toteutusperiaate tärinän vaimennuksesta teräsjousiratkaisulla. Kuvassa teräsjouset ovat kotelorakenteen sisällä ja taustalla näkyy alemmasta eristämättömästä rakennusmassasta tuettu maanpaineisinä [8].



Mikäli runkomelun tavoitearvojen ylitykset ovat vähäisiä tai vain rajatulla alueella rakennusmassaa, myös tilakohtaisia vaimennusratkaisuja on mahdollista toteuttaa. Tällaisia ovat pienelle ominaistaajuudelle viritetty kelluva lattia sekä huone huoneessa -järjestelmä, jossa lattian lisäksi sekä seinät että katto on verhottu äänensäteilyä vähentävällä lisärakenteella.

6.4 Ratkaisut aluesuunnittelussa

Asuntojen sijoittaminen riskialueen ulkopuolelle voi olla käyttökelpoinen ratkaisu harvemmin asutuilla alueilla, mutta ei välttämättä tiiviissä kaupunkirakenteessa. Mikäli riskialue käsittää vain osan suunnittelualueesta, on suositeltavaa sijoittaa tärinälle ja runkomelulle vähemmän alttiit toiminnot lähemmäs rataa ja alttiit kohteet kuten asunnot kauemmas. Tiiviissä kaupunkiympäristössä suppeampi suunnittelualue voi olla myös kokonaan riskialuetta, jolloin turvaetäisyyden käyttö ei ole mahdollista ja joudutaan hyödyntämään muita teknisiä ratkaisuja haittojen välttämiseksi.

Tärinän aiheuttamaa haittaa voidaan olennaisesti pienentää välttämällä tärinän voimistuminen rakennuksessa. Lattian ominaistaajuus mitoitetaan siten, että se ei osu tärinän kannalta merkittävälle taajuusalueelle. Rakennusten korkeus vaikuttaa tärinän

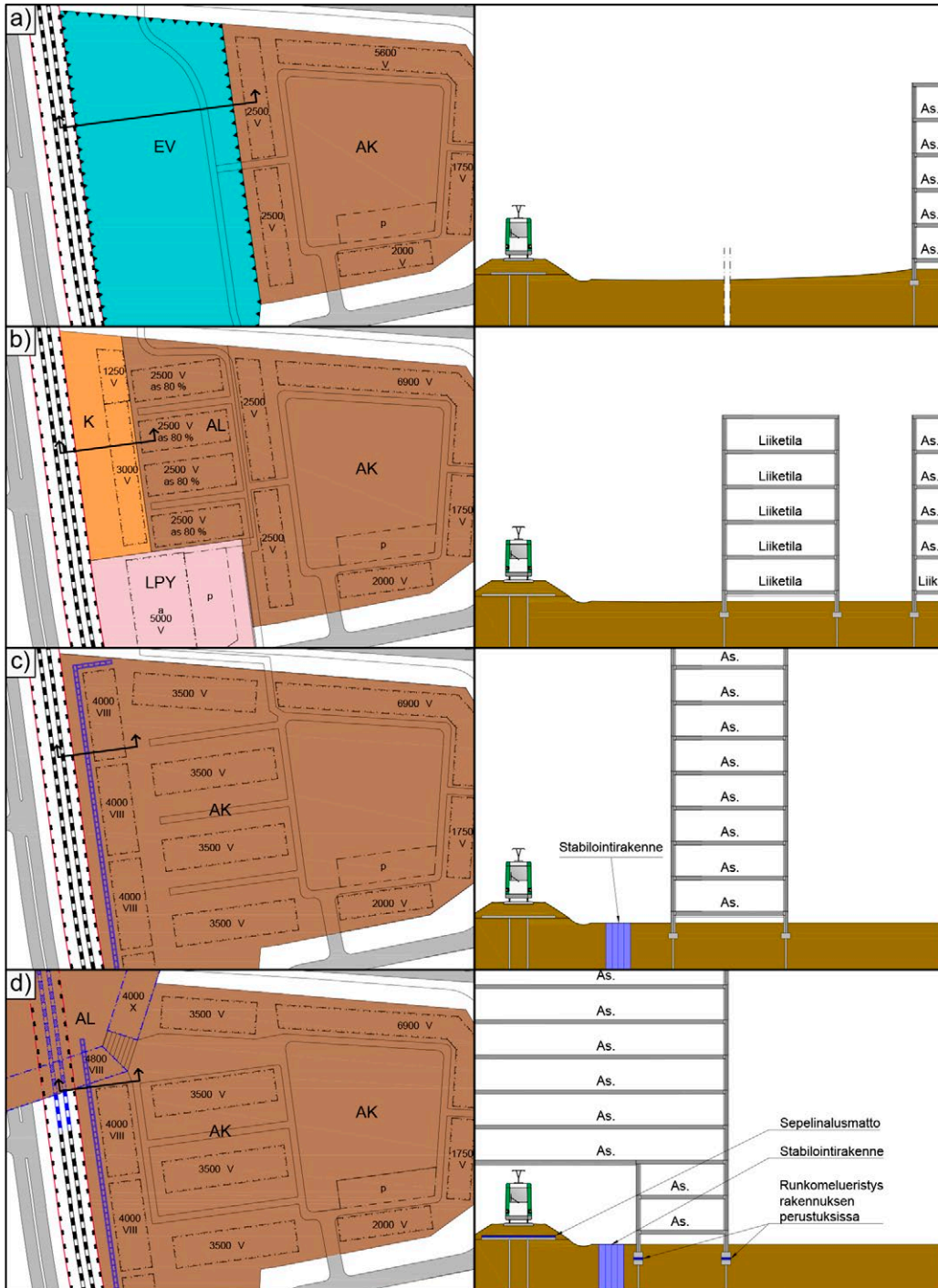
voimistumisriskiin. On olennaista, että alueelle ei sijoiteta tärinän kannalta väärän korkuisia rakennuksia. Laatomalla tärinäselvitys ajoissa on mahdollista selvittää minkä korkuiset rakennukset soveltuvat suunnittelualueelle.

Runkomelu vaimenee rakennuksessa ylöspäin siirryttäessä muutamia desibelejä kerrosta kohden. Asuntojen sijoittaminen ylempiin kerroksiin pienentää vaimennustarvetta tai voi poistaa vaimennustarpeen kokonaan. Tällöin tarvitaan yleensä useampia puskurikerroksia, joita voivat olla esimerkiksi pysäköinti-, liike- ja toimistokerrokset.

Osa edellä kuvatuista ratkaisuista soveltuu runkomelun ja osa tärinän vaimennukseen. Lisäksi vaimennustarve voi olla haastavimpien kohteiden osalta niin suuri, että on tarpeen käyttää useampaa ratkaisua yhteen sovitettuna samanaikaisesti.

Kuvassa 23 on havainnollistettu ratkaisuvaihtoehtoja erimerkkikorttelin avulla. Vaihtoehdossa A toiminnot on sijoitettu riskialueen ulkopuolelle riittävän kauas radasta, jolloin radan ja rakennusten välissä on hyödyntämätöntä aluetta. Vaihtoehto B poikkeaa vaihtoehdosta A siten, että vähemmän herkkiä toimintoja on sijoitettu lähemmäs rataa ja lähimmissä asuinrakennuksissa asuntoja ei ole sijoitettu alimpiin kerroksiin. Vaihtoehdossa C asunnot on mahdollistettu lähelle rataa toteuttamalla maaperään vaimennusratkaisu ja määrittämällä lähelle rataa oikean korkuisia rakennuksia (vältetään tärinän voimistuminen rungon resonanssin seurauksena). Vaihtoehdossa D rakentamista on sijoitettu myös radan päälle. Tämä on mahdollista hybridiratkaisulla eli toteuttamalla vaimennusta sekä rataa että rakennukseen (esitetty kuvassa sinisellä).

Kuva 23. Erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja esimerkkikorttelissa. Kuvissa C ja D on esitetty sinisellä toteutettujen vaimennusratkaisujen sijainteja. Vaimennusta on toteutettu maaperään radan ja rakennusten väliin sekä lisäksi rataan ja lähimpiin rakennuksiin. Kuvälähde: A-Insinöörien kuva-arkisto.



6.5 Tärinän ja runkomelun torjunnan kustannusvaikutukset

Betonirunkoisen asuinrakennuksen perustuksiin toteutettavan runkomelueristyksen kustannus riippuu värähtelylähteen ominaisuuksista, vaimennustarpeen suuruudesta sekä rakennuksen perustamistavasta, massasta ja muodosta. Eristinmateriaalien lisäksi kustannuksia muodostuu kaksinkertaisesta anturarakenteesta sekä työn osuudesta. Puukerrostalojen eristinkustannus on betonirakennuksia edullisempi. Samoin pohjapinta-alaltaan pienten ja korkeiden asuinkerrostalojen eristinratkaisujen yksikkökustannus asuineliötä kohti on yleensä edullisempi.

Tärinätorjunta rakennusten perustuksissa on yleensä monin kerroin kalliimpaa kuin runkomelun eristäminen. Erityisesti pientalorakentajilla ei ole teknisiä tai taloudellisia mahdollisuuksia tärinävaimennuksen toteuttamiseksi.

Tärinätorjunnassa kustannustehokkaita tapoja ovat mm. lattioiden ja runkojen resonanssimitoitus sekä maaperään toteutettavat vaimennusratkaisut. Maaperään toteutettavista ratkaisuista kalkkisementtistabilointi on osoittautunut toimivaksi sekä edullisemmaksi kuin teräsponttiseinä [9]. Kustannustaso riippuu mm. maaperän ominaisuuksista sekä pehmeiden maalajien paksuuksista, käytettävästä toteutustekniikasta sekä suojattavien rakennusten laajuudesta sekä sijoittumisesta suhteessa tärinälähteeseen.

6.6 Tärinä- ja runkomeluselvityksen teettäminen

6.6.1 Tarvearvio

Kappaleessa 2.2 esitettiin tärinän ja runkomelun riskietäisyydet raide- ja tieliikenteen osalta. Jos tärinälle alttiita toimintoja tai asumista sijoitetaan tätä lähemmäs, riskiä voidaan pienentää teettämällä tärinä- ja runkomeluselvitys.

6.6.2 Tärinä- ja runkomeluselvitystapoja

Tärinä- ja runkomeluselvitys voidaan tehdä perustuen mittauksiin, laskentamalleihin tai näiden yhdistelmään. Mittauksiin perustuvissa selvityksissä tulee laatia mittaus-suunnitelma ennen varsinaisten mittausten tekemistä. Suunnitelmassa tulee ottaa huomioon mittaushetken liikenne ja sen edustavuus, muutokset ratarakenteessa (vaihteet, alikulut), maaperässä sekä suunniteltujen rakennusten ja eri toimintojen sijoittuminen alueelle. Lisäksi voi olla tarpeen tarkastella radan kantavuuden kannalta suurimpia mahdollisia akselipainoja ja niihin liittyviä suurimpia liikennenopeuksia. Jos massoittelusta

ei ole tietoa, on suositeltavaa sijoittaa eri maaperäalueille mittauspisteitä kohtisuoraan rataa vasten, jolloin ne muodostavat mittauslinjoja. Näin määritettynä tuloksista pystytään arvioimaan helpommin tärinä- ja runkomelualueiden etäisyydet radasta. Koska tärinään ja runkomeluun vaikuttaa moni tekijä ja maaperä ei ole vertailukelpoinen eri kohteiden välillä, ei ole suositeltavaa suorittaa tärinän tai runkomelun arviointia perustuen yksinomaan referenssikohteesta saatuihin tuloksiin.

Tärinä- ja runkomeluselvityksen laatimiseen liittyvät keskeiset, yleiset periaatteet on esitetty liitteessä 2.

6.7 Kaavamääräykset

6.7.1 Kaavamääräysten muodostuminen

VTT:n ohjeissa on esitetty suosituksia tärinän ja runkomelun raja-arvoiksi [33, 37]. Tärinän raja-arvot on esitetty asuinrakennuksille, mutta runkomelun raja-arvoja myös muille rakennustyypeille. Ääniympäristöasetuksen sovellusohjeessa on esitetty tärinän ja runkomelun ohjearvot asunnoille sekä majoitus- ja potilashuoneille [44–45].

Kattavimmin tärinän ja runkomelun raja-arvoja eri käyttötarkoituksiin suunniteltujen rakennusten eri tilatyypeille on esitetty standardissa Rakennusten akustinen suunnittelu ja laatuluokitus [29]. Laatuluokitus jakaa tilat luokkiin A1, A2 ja A3, joista luokka A2 vastaa ääniympäristöasetuksen ja ääniympäristöohjeen vähimmäistasoa ja luokka A1 mahdollistaa akustiikaltaan tavanomaista tasoa parempien rakennusten suunnittelun.

Tärinän ja runkomelun kaavamääräyksiä ei tulisi määrittää teknisinä toimenpiteinä tai vaimennustavoitteina, vaan ilmoittaa lähtökohtaisesti eri tilatyypeille tavoitearvot suunnittelua varten. Tavoitearvoon voidaan päästä eri toimenpiteillä eikä näin ollen ole tarkoituksenmukaista esittää tiettyä teknistä toimenpidettä. Myöskään vaimennustavoitetta ei tulisi asettaa, sillä rakennusten runkovaihtoehdot sekä toimintojen sijoittuminen rakennusmassan eri osiin vaikuttavat vaimennustavoitteeseen.

Joissakin tapauksissa voi olla tarkoituksenmukaista käyttää tavoitearvoa yleisempää kaavamääräyksen muotoilua.

6.7.2 Tärinän ja runkomelun kaavamääräyksiä

Tavoitearvo tunneleista rakennukseen kulkeutuvalla runkomelulle on 5 dB pienempi kuin avoradoilta kulkeutuvalla runkomelulle. Mikäli suunnitellaan vaativia tiloja, kuten laboratorioita, tutkimuslaitoksia, äänitysstudioita tai esiintymistiloja, tavoitetasot on määritettävä tapauskohtaisesti toiminnan sekä laitteiston vaatimuksiin perustuen. Lukuarvot perustuvat ääniympäristöasetuksen ja sen soveltamisohjeen mukaisiin raja- tai ohjearvoihin siltä osin kuin niitä on olemassa. Muilta osin on käytetty standardin SFS 5907 [29] luokan A2 raja-arvoja.

Kaavamääräyksen laatimisessa on mahdollista hyödyntää esimerkkitekstejä valitsemalla tilatyypit, joita kaavahanke koskee.

Asuinrakennusten asuinhuoneissa liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,30 mm/s sekä runkomelu L_{prm} enintään 35 dB avoradan osalta sekä 30 dB tunnelin osalta.

Hotellihuoneissa liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,30 mm/s sekä runkomelu L_{prm} enintään 35 dB sekä avoratojen että tunnelien osalta.

Palvelutalojen asuinhuoneissa liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,30 mm/s sekä runkomelu L_{prm} enintään 35 dB avoradan osalta sekä 30 dB tunnelin osalta.

Toimistorakennusten toimisto, tauko- ja neuvottelutiloissa liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,60 mm/s sekä runkomelu L_{prm} enintään 40 dB avoradan osalta sekä 35 dB tunnelin osalta.

Opetustiloissa liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,30 mm/s sekä runkomelu L_{prm} enintään 40 dB avoradan osalta sekä 35 dB tunnelin osalta.

Päiväkotien varhaisopetus- sekä lepotiloissa liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,30 mm/s sekä runkomelu L_{prm} enintään 35 dB avoradan osalta sekä 30 dB tunnelin osalta.

Terveydenhuollon hoito- ja potilastiloissa liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,30 mm/s. Leikkaussaleissa, hammashoidon vastaanottotiloissa ja tiloissa, joissa on lääketieteellisiä kuvantamislaitteita liikennetärinä $v_{w,95}$ saa olla enintään 0,10 mm/s.

Terveydenhuollon hoitotiloissa yleensä runkomelu L_{prm} saa olla enintään 40 dB avoradan osalta sekä 35 dB tunnelin osalta. Potilashuoneissa, nukkumiseen ja lepäämiseen käytettävissä hoitotiloissa, unitutkimus- ja kuulontutkimushuoneissa, perhehuoneissa, päiväystäjien lepoahuoneissa, musiikkiterapiahuoneissa runkomelu L_{prm} saa olla enintään 35 dB avoradan osalta sekä 30 dB tunnelin osalta.

Edellä esitetyistä esimerkeistä poikkeuksen voi muodostaa tapaukset, joissa ei esimerkiksi tiedetä etukäteen kaava-alueen tilatyyppejä tai halutaan toteuttaa alueellinen tärinän tai runkomelun torjuntaratkaisu, esimerkiksi maaperään tehtävä stabilointirakenne tai uuden raitiotien yhteydessä toteutettava vaimennusratkaisu. Tällöin seuraavanlaiset kaavamääräystekstit voivat olla soveltuvia:

Rakennukset tulee suunnitella siten, että rakennusten sisätiloissa saavutetaan runkomelun ja tärinän osalta tilojen käyttötarkoitusten edellyttämät olosuhteet.

Ennen rakennusten rakentamista tulee maaperään toteuttaa liikennetärinää vaimentava stabilointirakenne. Rakenteella saavutettava vaimennus tulee ottaa huomioon rakennusten tärinän ja runkomelun vaimennuksen suunnittelussa.

Raitiotien suunnittelussa ja toteutuksessa tulee ottaa huomioon tärinän ja runkomelun torjunta siten, että alueelle suunniteltavissa rakennuksissa saavutetaan tärinän ja runkomelun tavoitearvot.

LÄHTEET

- [1] Airola, H. 2013. Melun- ja värinätorjunta maankäytön suunnittelussa. Helsinki. Uudenmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, ELY-keskuksen opas 02/2013.
- [2] Asemakaavamerkinnot ja -määräykset. 2003. Helsinki, ympäristöministeriö, opas 12.
- [3] Attenborough, K. & Taherzadeh, S. 2016. Sound propagation through forests and tree belts, Proceedings of the Institute of Acoustics 38(1), s. 114–125.
- [4] CEDR 2011. European colours codes proposal for strategic noise mapping. Conference of European Directors of Roads, CEDR Noise Project Group 22-08-2011.
- [5] Eurasto, R. 2009. Meluselvitysten tarkkuuden parantaminen. Helsinki, ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 26/2009.
- [6] COMMISSION DIRECTIVE (EU) 2020/367 of 4 March 2020 amending Annex III to Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council as regards the establishment of assessment methods for harmful effects of environmental noise.
- [7] HOSANNA Summary brochure 1/2013, Novel solutions for quieter and greener cities, Chalmers University of Technology et.al.
- [8] Huhtala, T. 2009. Raideliikenteen värinä ja runkomelu: arviointi- ja vaimennusmenetelmät viimeaikaisissa kohteissa. Rakennusfysiikka 2009. Tampere, 28.10., Tampereen teknillinen yliopiston rakennustekniikan laitos ja Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- [9] Huhtala, T., Ruohonen, M. & Kylliäinen, M. 2017. Stabilointirakenne liikennetärinän torjuntakeinona. Akustiikkapäivät 2017. Espoo, 24.–25.8., Akustinen Seura ry, s. 278–283.
- [10] Huhtala, T., Oksanen, B. & Kylliäinen, M. 2021. Pori–Mäntyluoto-koerataosuuden värinä- ja runkomelumittaukset. Akustiikkapäivät 2021. Turku, 24.–25.11., Akustinen Seura ry, s. 20–25.
- [11] Kettunen, J., Kylliäinen, M., Niemi, H. & Huhtala, T. 2017. Melun vaikutukset asuntojen arvoon ja rakennuskustannuksiin. Ympäristö ja Terveys. Nro 2, s. 22–28.
- [12] Kokkonen, J. & Kontkanen, O. 2019. Liikennemeluselvityksen laatiminen maankäytön suunnitteluun. Helsingin kaupunki, Maankäytön yleissuunnittelun ohje 9.9.2019, päivitetty 13.9.2022.
- [13] Kokkonen, J. & Kontkanen, O. 2021. Vantaan kaupungin meluselvitysohje maankäytön suunnitteluun. Vantaan kaupunki 14.4.2021.
- [14] Kovalainen, V. & Kylliäinen, M. 2016. Lasitettujen parvekkeiden ääneneristävyys liikennemelualueilla. Helsinki, ympäristöministeriö, ympäristöhallinnon ohjeita 6/2016.

- [15] Kragh, J., Andersen, B. & Jakobsen, J. 1982. Environmental noise from industrial plants. General prediction method. Lyngby, Danish Acoustical Laboratory, Report 32.
- [16] Kylliäinen, M. 2005. Rakennuksen ulkokuoren rakennusosilta vaadittava ääneneristävyys. Akustiikkapäivät 2005. Kuopio, 26.–27.9., Akustinen Seura ry, s. 78–83.
- [17] Kylliäinen, M. 2008. Rakennuksen ulkovaipan ääneneristyksen suunnittelu. Rakentajain Kalenteri 2009, s. 382–393.
- [18] Kylliäinen, M. & Hongisto, V. 2007. RIL 243-1 Rakennusten akustinen suunnittelu: Akustiikan perusteet. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- [19] Lahti, T. 2011. Julkisivun äänieristys laivamelua vastaan. Mitoitusmenettely. Helsinki, TL-Akustiikka, raportti 113019-2.
- [20] Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa. 2001. LIME-työryhmän mietintö. Helsinki, ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 493.
- [21] Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999.
- [22] MAL 2019: Helsingin seudun maankäyttö, asuminen ja liikenne. 2019. Helsinki, HSL Helsingin seudun liikenne.
- [23] Nielsen H. et al. 1996. Road traffic noise: the Nordic prediction method. Copenhagen, Nordic Council of Ministers, TemaNord 1996:525.
- [24] Nielsen H. et al. 1997, Railway traffic noise: the Nordic prediction method. Copenhagen, Nordic Council of Ministers, TemaNord 1997:524.
- [25] Pääkkönen, R., Kylliäinen, M. & Mikkilä, A. 2016. Melun häiritsevyydestä. Ympäristö ja Terveys. Nro 5, s. 82–87.
- [26] Raideliikennemelun mittaaminen. 1996. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, ympäristöopas 5/1996.
- [27] Sandberg, U. & Ejsmont, J.A. 2002. Tyre/road Noise Reference Book. Kisa, Informex.
- [28] Selvitys kaavamääräysten kustannusvaikutuksista. 2015. Helsinki, RAKLI ry.
- [29] SFS 5907:2022. Rakennusten akustinen suunnittelu ja laatuluokitus. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- [30] SFS-EN ISO 717-1:2020. Acoustics. Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation. Helsinki, Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- [31] Sipari, P. & Saarinen, A. 2003. Rakennuksen julkisivun ääneneristävyysden mitoittaminen. Helsinki, ympäristöministeriö, ympäristöopas 108.

- [32] Støjgener fra byveje og motorveje – Undersøgelse af den oplevede støjgene fra vejtrafikken for beboere langs motorveje og byveje. København, Vejdirektoratet, rapport 551–2016.
- [33] Talja, A. 2004. Suositus liikennetäriän mittaamisesta ja luokituksesta. Espoo, VTT tiedotteita 2278.
- [34] Talja, A. 2011. Ohjeita liikennetäriän arviointiin. Espoo, VTT tiedotteita 2569.
- [35] Talja, A. & Törnqvist, J. 2006. Suositus liikennetäriän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. Espoo, VTT working papers 50.
- [36] Talja, A. et al. 2008. Rakennukseen siirtyvän liikennetäriän arviointi. VTT tiedotteita 2425.
- [37] Talja, A. & Saarinen, A. 2009. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. Esiselvitys. Espoo, VTT tiedotteita 2468.
- [38] Tampereen kaupungin melulinjaukset (yhdyskuntalautakunta 27.8.2019).
- [39] Teiden ja ratojen melusteiden suunnittelu. Helsinki, Väylävirasto, Väyläviraston julkaisuja 27/2022.
- [40] Tieliikennemelun mittaaminen. 1996. Ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, ympäristöopas 15/1996.
- [41] Vanhanen, T. 2016. Maantiehankkeista kerrostalokiinteistöille aiheutuvista meluhaitoista. Diplomityö. Espoo, Aalto-yliopisto, rakennetun ympäristön laitos.
- [42] VAT 2017. Valtioneuvoston päätös valtakunnallisista alueidenkäyttötavoitteista 14.12.2017.
- [43] VnP 993/1992. Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista.
- [44] YMa 796/ 2017. Ympäristöministeriön asetus 796/2017 rakennuksen ääniympäristöstä.
- [45] YMo 2018. Ääniympäristö – Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. Helsinki, ympäristöministeriö.
- [46] Ympäristömelun mittaaminen. 1995. Helsinki, ympäristöministeriö, ympäristönsuojeluosasto, ohje 1/1995.
- [47] Ympäristönsuojelulaki 527/2014.
- [48] Valtioneuvoston periaatepäätös meluntorjunnasta. Ympäristöministeriön raportteja 7|2007.

Liite 1: Liikennemeluselvityksen sisältö ja laatiminen

Tässä on esitetty tiivistetysti keskeiset meluselvityksen sisältö- ja melumallinnusperiaatteet [13]. Meluselvitykseen tulisi sisällyttää riittävä ja tarkoituksenmukainen alueellinen laajuus.

1 Meluselvityksen sisältö ja laadinta

Meluselvityksen sisältö tiivistettynä:

- Raportti/muistio sekä meluvyöhykekartat (tarvittaessa nyky- ja ennustetilanne päivä- ja yöajalta sekä ennustetilanne myös ilman melusteitä) 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 ulkovaipoille 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)

Asemakaavameluselvityksen käsittelyprosessin lyhyt kuvaus:

- Isommissa ja vaativimmissa hankkeissa aloituskokous
- Meluselvityksen lähtötietojen hankkiminen ja hyväksyttäminen kaupungin edustajilla
- 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. Kaupungin meluasiantuntijat ja kaavoittaja tekevät tarvittavat johtopäätökset ja laativat kaavamääräykset.

2 Laskentamallit

Maankäytön suunnitteluun tulevat meluselvitys tulee lähtökohtaisesti laatia pohjoismaisilla liikennemelun laskentamalleilla [23, 24], sekä tarvittaessa yleisellä laskentamallilla [15].

Muita yleisesti hyväksytyjä laskentamalleja (CNOSSOS-EU, Nord2000 ja ISO 9613-2) voi käyttää herkkyys- tai erityistarkastelussa, mutta viralliset melumallinnukset tehdään lähtökohtaisesti kansallisilla laskentamalleilla.

3 Lähtötiedot

Mallinnuksessa käytettävät liikennetiedot on hyväksyttävä esimerkiksi kaupungin liikenne- tai meluasiantuntijalla. Keskiäänitasolaskennassa raideliikenteen mallinnuksessa voidaan käyttää keskimääräisiä toteutuneita ajonopeuksia junatyypeittäin tai nopeusrajoituksen mukaisia ajonopeuksia tilanteesta ja ennusteesta riippuen. Enimmäisäänitasolaskennassa on lähtökohtaisesti käytettävä suurinta sallittua ajonopeutta poikkeuksena aseman seudut, joilla kaikki junat pysähtyvät.

3.1 Akustinen maastomalli

Kaava-alueella tulee 3D-maastomallin kanssa pyrkiä maanpintamallin osalta vähintään 1 m korkeustarkkuuteen. Suositeltavaa käyttää laserkeilausaineiston hajapisteaineistoa, jota voidaan harventaa 0,1...0,2 m korkeustarkkuuteen. Mikäli maanpinnan korkeusasemat muuttuvat ennustetilanteessa, niin ne tulee mallintaa viimeisimpien suunnitelmatietojen perusteella ja raportissa esittää käytetty korkeustieto.

Rakennukset ja meluesteet mallinnetaan ääntä heijastavina (1 dB heijastusvaimennus), mikäli ei ole tarkempaa tietoa.

Melumalliin määritetään suunnitelma- ja ilmakuvien perusteella akustisesti kovat (maavaimennustermi $G=0$) 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 raitio-rata mallinnetaan kaikissa tilanteissa akustisesti kovana. Pihat mallinnetaan aina korkeintaan puolipehmeänä ($G \leq 0,5$), 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 ($G=0\dots1$).

Lähtökohtaisesti melumallissa ei oteta huomioon 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.

Arvioitaessa parvekkeiden melutasoja on huomattava, 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 mitat, rakenteet, rakenteiden ääneneristävyydet ja absorptiomateriaalit. Kaavavaiheessa parvekkeella vallitseva melutaso voidaan arvioida kahdella tapaa:

- vaihtoehto 1: Tulkitaan parvekemelutasot tavanomaisista julkisivuun kohdistuvista melutasoista, joissa laskenta (0,05 metrin etäisyydelle) ilman seinän heijastusta, lisäämällä laskenta tulokseen 3 dB. Tämän menetelmän etuna on pienempi liitekuvien määrä, mutta heikkoutena se, että melukuvia tulkittaessa vihreän meluvyöhykkeen luvut 52–55 dB tulee osata kääntää keltaiselle ohjearvot ylittävälle melualueelle.
- vaihtoehto 2: Lasketaan melutaso ”avoimella parvekkeella” ~1 metriä seinän ulkopuolella huomioiden seinän heijastusvaikutus. Tämän menetelmän etu on se, että tulos on suoraan verrannollinen ohjearvoihin.

Mikäli halutaan selvittää parvekelasitukseen kohdistuva melutaso, esimerkiksi mitoitusta varten, rakennuksen ulkoreuna mallinnetaan parvekelinjan perusteella.

3.2 Tiemelulähteet

Tien korkeusaseman suhteen pyritään mahdollisimman hyvään tarkkuuteen (noin 10–20 cm). Tieobjektia ei saa nostaa esimerkiksi maastomallin karheuden takia vakiokorkeudelle, vaan maastomallin tulee olla niin laadukas, että tieobjekti voidaan sijoittaa kolmioverkon

päälle tai vaihtoehtoisesti tarkka tiegeometria on vektoroitu laseraineistosta ja maastomalli sovitetaan tarkkaan tiegeometriaan. Pistevälin tulee olla sopiva, jotta vaaka- ja pystygeometrian muutokset tulevat otetuiksi huomioon. Sopiva pisteväli on tilanteen mukaan 10–25 metriä. Mikäli pisteväli on liian tiheä, tulee hyvin suurella todennäköisyydellä virheellisiä mäkikorjauksia ja laskenta-aika kasvaa kohtuuttoman suureksi.

Tiemelulähdeobjekti mallinnetaan yhdellä emissioviivalla. Laskentaohjelmien automaattisia tieprofieileja 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.

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.

3.3 Raideliikennemelu

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

Mikäli rata on sepelillä, se mallinnetaan akustisesti pehmeänä ($G=1$). Vaihteet ja raitioratojen risteyskolinat otetaan huomioon tarvittaessa joko melupäästömittauksien tai pohjoismaisen raideliikennemelumallin [24] mukaisesti.

3.4 Raitioliikenne

Kaupungeista Helsinki ja Tampere ovat selvittäneet lähtöarvoja sekä laatineet mallinnusohjeita [12, 38], joita voidaan tarvittaessa soveltaa myös niissä kaupungeissa, jotka vasta suunnittelevat tai harkitsevat raitioradan toteuttamista.

3.5 Sillat

Tieliikenteessä sillan ominaisuustiedot mallinnetaan tieobjektin ominaisuuksilla, ei erillisellä siltaobjektilla. Mikäli useampikaistainen tie on mallinnettu erillisin tieobjektein, tulee huomata, etteivät tieobjektit ”näe” toistensa ominaisuuksia, joten kummankin objektin on sisällettävä toistensa ominaisuudet. Siltojen välissä oleva rako voidaan jättää ottamatta huomioon. Sillalla olevat melukaiteet sisällytetään melulähdeobjektiin. Hankalissa

mallinnustilanteissa voidaan käyttää myös melusteobjektia. Mikäli sillan alapuolella ei ole toista melulähdettä, mallinnetaan melukaide jatkumaan maahan/veteen asti. Menetelytapa 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. Mikäli sillasta ei ole mittaustietoa, 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 Mallinnettavat laskentatilanteet

Meluselvityksessä on vähintäänkin esitettävä ennustetilanteen melutilanne ja tarvittaessa toteuttamiskelpoisella meluntorjuntatoimenpiteellä, jolla päästään tavoitearvoihin. Myös vaihtoehtoisia meluntorjuntaratkaisuja voi olla tarpeen selvittää. Mikäli nykytilanne on mitoittavampi joko liikennetietojen tai ympäristön osalta, niin tällöin tulee selvittää melutilanne myös kyseisessä tilanteessa.

Maankäyttöhankkeen muuttaessa nykyisen maankäytön melutilannetta, nykytilanne on syytä mallintaa siten, että laskenta-alue ulottuu kaava-alueen ulkopuolelle.

5 Äänen erityisominaisuudet ja epävarmuudet

Raportissa tulee esittää tehtyyn melumallinnukseen liittyvät epävarmuudet, mikäli kohteen olosuhteet poikkeavat laskentamallin [15, 23, 24] oletuksista tai melumallinnukseen liittyy tavanomaista suurempaa epävarmuutta, koskien esimerkiksi lähtötietoja tai -arvoja. Mahdollisten epävarmuuksien vaikutus melutasoihin tulee esittää ja asiantuntija esittää arvion siitä, missä määrin epävarmuuksia on syytä ottaa huomioon äänitasoero vaatimusta annettaessa.

6 Raportointi ja tulosten esittäminen









Meluselvitysraportissa on esitettävä:

- Käytetyt lähtötiedot, lähtötietojen esittämistarkkuuden lähtökohta on, että meluselvitys on toistettavissa raportoiduilla lähtöarvoilla ja -tiedoilla.
- sanallinen kuvaus tuloksista
- erilliset liitemelukartat tai mittauspöytäkirjat
- Arvioidaan piha- 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_{Amax}) ja suositukset parvekelasituksen äänitasoerovaatimuksille (L_{Aeq})
- Suosituksiin erittely mitä melua (tie vai raide) vastaan $R_w + C_{tr}$ vai $R_w + C$.
 - Eri suuntiin avautuville julkisivuille voi olla eri suositukset
 - $R_w + C$ vaatimus raideliikennemelua vastaan, mikäli vastaa äänen taajuusjakamaa, eli raideliikenne on selvästi merkittävin/mitoittavin melulähde ja on suora rataosuus eikä vaihteita
- Esitetään suositukset hankkeen melunhallinnan ja -torjunnan jatkosuunnittelulle
- Vaiheittain rakentaminen selvitettävä tarvittaessa
- 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 mitoitavampi (suuremmat melutasot), niin silloin myös kyseinen tilanne tulee mallintaa.
- Herkkyystarkastelu/epävarmuustarkastelu, lähtöarvoihin mahdollisesti liittyvä tavanomaista suurempi epävarmuus sekä vaikutus tuloksiin ja johtopäätöksiin.

Arvio ääniympäristöön tai asuinviihtyisyyteen liittyvistä ääni-ilmiöistä, joita ei ole mallinnettu. Esimerkiksi lastauslaiturit.

Melukartoissa käytetään taulukon 4 väripalettia [4].

Taulukko 4. Meluselvityksissä käytettävä meluvyöhykkeiden väripaletti [4].

Meluvyöhyke	Värin nimi	RGB	Hex	Väri
40–45 dB	Pale green	204-255-99	#CCFF63	
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	#9B00FF	

Liite 2: Tärinä- ja runkomeluselvityksen sisältö ja laatiminen

Tärinä- ja runkomeluselvitys voidaan tehdä perustuen mittauksiin, laskentamalleihin tai näiden yhdistelmään. Mittauksiin perustuvissa selvityksissä tulee laatia mittaus-suunnitelma ennen varsinaisten mittausten tekemistä. Suunnitelmassa tulee ottaa huomioon mittaushetken liikenne ja sen edustavuus, muutokset ratarakenteessa (vaihteet, alikulut), maaperässä sekä suunniteltujen rakennusten ja eri toimintojen sijoittuminen alueelle. Jos massoittelusta ei ole tietoa, on suositeltavaa sijoittaa eri maaperäalueille mittauspisteitä kohtisuoraan rataa vasten, jolloin ne muodostavat mittauslinjoja. Näin määritettynä tuloksista pystytään arvioimaan helpommin tärinä- ja runkomelualueiden etäisyydet radasta. Selvityksessä tulee esittää seuraavat asiat:

Lähtötiedot

- Kohteen **perustiedot** sekä eri toiminnallisuuksien sijoittuminen
- Olemassa olevien rakennusten tärinää ja runkomelua koskevat mahdolliset **kaavamääräykset**
- **Rakennuksen** perustamistapa sekä runkorakenne, mahdollisesti myös muut tärinään tai runkomeluun vaikuttavat rakenteet. Esimerkiksi askelääneneristävyyyden tai lattialämmityksen toteuttamiseksi käytettävät, eristekerroksesta ja sen päälle valettavasta massakerroksesta muodostuvat kelluvat lattiat voivat voimistaa runkomelua.
- Tiedot **maaperästä** värähtelylähteen alueella, siirtoreitillä sekä kohteen alueella. GTK:n maaperätietoja voidaan käyttää lähtötietoina, ellei tarkempia tietoja alueelta ole saatavilla. Selvityksissä on mahdollista arvioida tarkemmin maaperän ominaisuuksia sekä värähtelyn etenemistä seismisillä luotauksilla
- **Liikennöivän kaluston tiedot**, ajonopeudet sekä massat, laskennallisissa selvityksissä tarvittaessa myös massajakauma 95 persentiiliin määrittämiseksi. Massajakauman perusteella on mahdollista määrittää laskentatulos siten, että se vastaa tärinän ja runkomelun tilastollista tunnuslukua. Liikennöinnistä on syytä erityisesti selvittää, minkälaisen liikenteen rataosa sallii, radan sallima akselipaino ja mahdolliset tulevaisuuden muutokset liikennöinnissä. Mittauksiin perustuvissa selvityksissä on tarpeen selvittää mittausjaksolla toteutunut liikennöinti sekä arvioida, edustaako se rataosan tyyppillistä tai pahimman tilanteen mukaista liikennettä.

- **Radan** pohjanvahvistukset sekä mahdolliset muutokset ratarakenteessa, jotka voivat vaikuttaa tärinä- ja runkomelutasoihin. Tällaisia ovat esimerkiksi tunnelit, alikulut, sillat vaihteiden sijainnit, eristinkatkosten sijainnit, kiintoraiteet.

Arviointimenetelmät ja tulosten esittäminen

- Raportissa tulee esittää käytetyt mittalaitteet ja tulosten jäljitettävyys (kalibrointi), mittausmenetelmät, mittareiden ja antureiden asennustavat sekä mittausjakson toteutunut liikenne. Erityisesti tulee kiinnittää huomiota siihen, että mittausjakson liikenne on luotettavasti selvitetty, sillä se vaikuttaa oleellisesti selvityksen luotettavuuteen ja johtopäätöksiin tulosten edustavuudesta. Mittausten tekotapa on kuvattu VTT:n ohjeissa [33, 37].
- Käytetyt arviointimenetelmät sekä laskentamallit parametreineen. Erityisesti laskentaparametrien dokumentointi on tärkeää, jotta selvityksen toistettavuus ja luotettavuus ovat riittävällä tasolla. Mikäli laskentamallien oletusparametreista poiketaan, tulee nämä poikkeamat esittää sekä perustella. Tärinän ja runkomelun laskentamallit on kuvattu VTT:n ohjeissa [35, 37] Arvioinnissa tulee ottaa huomioon värähtelyn siirtyminen maaperästä perustuksiin sekä tärinän mahdollinen voimistuminen rakennuksen rungossa ja lattioissa tasaisen voimistumisen sekä resonanssin perusteella [36].
- Tulosten laskentatapa sekä erityisesti eri mittauspisteiden osalta käytetyt korjaustermit tärinän ja runkomelun osalta tulee yksilöidä mittausraporteissa. Esimerkiksi runkomelun arviointia värähtelymittauksin tehtäessä korjaustermit riippuvat siitä, tehdäänkö mittaukset maaperästä, kantavasta rakenteesta vai lattian keskeltä. Tulosten laskennasta ja esittämistavasta on esitetty ohjeita VTT:n julkaisuissa [34, 37]



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet

ISBN: 978-952-361-571-7 PDF
ISSN: 2490-1024 PDF