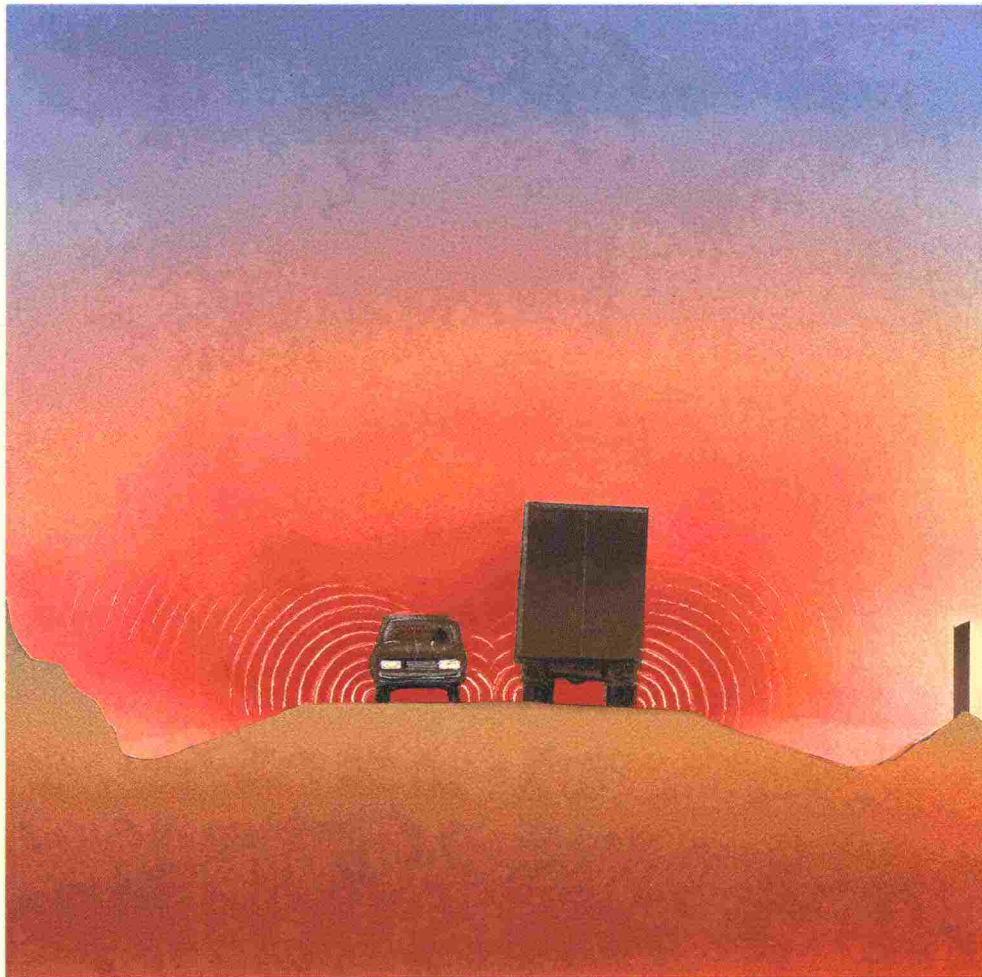


Tiehallitus 1991

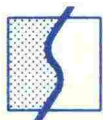
VALTATIEVERKON 2010
KEHITTÄMISSUUNNITELMA

VAIKUTUSSELVITYS

4



MELU



Suomen Akustiikkakeskus Oy

08 TIEL



Tielaitos
Kirjasto



Tielaitos
Kirjasto

Doknro: 911403
Nidenro: 950664

| | |
|--|----|
| TIIVISTELMÄ | 4 |
| 1 JOHDANTO | 5 |
| 2 MELUYMPÄRISTÖN TILANNE | 7 |
| 2.1 Nykytila | 7 |
| 2.2 Yleisennuste | 8 |
| 2.3 Ympäristömelun vaikutukset | 10 |
| 3 LIIKENNEMELUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT | 12 |
| 3.1 Liikennemäärä | 12 |
| 3.2 Nopeus | 13 |
| 3.3 Melupäästöt | 14 |
| 3.4 Melun leviäminen | 18 |
| 3.5 Maanpinnan vaikutus | 20 |
| 3.6 Esteet | 21 |
| 3.7 Liikenteen alueellinen jakautuma | 23 |
| 4 MELUNTORJUNTA | 26 |
| 4.1 Tavanomaiset keinot | 26 |
| 4.2 Uudet keinot | 27 |
| 5 LASKENTAMALLIN KÄYTTÖ ENNUSTEISSA | 28 |
| 5.1 Tieliikennemelun laskentamalli | 28 |
| 5.2 KEHAR-ohjelma | 29 |
| 6 VALTATIEVERKON MELUVYÖHYKKEIDEN ARVIOINTI | 30 |
| 6.1 Laskentamenetelmä ja aineisto | 30 |
| 6.2 Hankkeiden meluvyöhykkeet | 32 |
| 6.3 Koko verkon meluvyöhykkeiden laajuus | 34 |
| 7 ARVION TARKISTAMINEN JA TÄYDENTÄMINEN | 39 |
| 7.1 Meluvyöhykkeiden asukasmäärien arviointi | 39 |
| 7.2 Pääkaupunkiseudun yleisten teiden meluselvitys | 40 |
| 7.3 Valtatieverkon meluarvion täydennys | 43 |
| 8 JOHTOPÄÄTÖKSET | 49 |
| 9 YHTEENVETO | 52 |
| LÄHTEET | 53 |

Esipuhe

Tiehallituksen laatiman valtatieverkon kehittämissuunnitelman 2010 yhteydessä on tehty vaikutus selvityksiä. Tässä raportissa esitetään melutarkastelu. Se perustuu kehittämissuunnitelman laadinnan yhteydessä muodostettuun tietoaaineistoon. Selvityksen ovat laatineet Tapio Lahti ja Heikki T Tuominen Suomen Akustiikkakeskus Oy:stä. Selvitystä on tiehallituksessa valvonut Markku Linnasalmi.

Tiivistelmä

Valtatieverkon kehittämissuunnitelmaan kuuluva meluselvitys koostuu lyhyestä kirjallisuuskatsauksesta ja laajasta, koko verkon käsittävästä meluvyöhykelaskelmasta. Katsauksessa käsitellään liikennemelun syntyyn ja leviämiseen vaikuttavia tekijöitä sekä sen torjuntakeinoja. Laskentaosassa arvioitiin valtatieverkon meluvyöhykkeiden pinta-alat kehittämishankkeittain ja toimenpideryhmittäin vuonna 2010. Menetelmänä oli tieliikennemelun laskentamallin yksinkertainen sovellus, jossa ei ollut mukana maastotietoja. Laskentaa täydennettiin karkealla asukasmääräarviolla ja todelliseen maastoon perustuvalla keskimääräisten melusteiden tehokkuusarviolla.

Katsauksen johtopäätöksinä todetaan, että lähivuosina tieliikenteen melupäästöt pysyvät nykyisellä tasolla ja että tärkeimpänä torjuntakeinona on edelleen melusteiden rakentaminen. Päälaskennan tuloksena saatiin meluvyöhykkeen kokonaispinta-alaksi 1 900 km² vuonna 2010. Asukasmääräarvio osoittaa meluongelmien painottuvan vanhojen moottoriteiden varrelle. Täydennyslaskelmalla havaittiin, että melusteillä voidaan vyöhykkeet supistaa keskimäärin teiden suoja-alueiden levyisiksi.

1 Johdanto

Melutarkastelu kuuluu nykyään yhtenä osana tiehankkeiden ympäristöselvityksiin, koska tieliikenne on sekä taajamissa että maaseudulla merkittävin ympäristömelun aiheuttaja.

Ympäristön melutilanteen kaksi määräävää tekijää ovat liikennevirran melupäästöt ja leviämisolosuhteet. Tuleva kehitys vaikuttaa ajoneuvokaluston päästön osalta vakaalta. Suuria parannuksia ajoneuvojen synnyttämässä melussa tai meluntorjuntatekniikassa ei ole odotettavissa.

Liikenneväylän päästöihin ja melualueiden laajuuteen vaikuttavat lisäksi tuntuvasti tiesuunnittelun loppuvaiheessa tai liikennejärjestelyissä tehtävät ratkaisut. Tämän takia kaikki tulevaisuutta koskevat meluselvitykset ovat väistämättä luonteeltaan yleispiirteisiä.

Tämä Suomen valtatieverkon kehittämissuunnitelman meluselvitys jakaantuu kahteen osaan:

- 1) *Kirjallisuusselvitys meluun vaikuttavista tekijöistä ja niiden muutoksista tulevaisuudessa*
- 2) *Tilastollinen yleistarkastelu meluvyöhykkeiden laajuuksista ja niiden asukasmääristä*

Kirjallisuusselvityksessä tarkastellaan yleislinjoja seuraavien tekijöiden vaikutuksesta meluun:

- liikennemäärä
- nopeus
- melupäästöt (kalusto, renkaat ja päällysteet)
- leviäminen ja esteet
- liikenteen alueellinen jakautuma
- torjuntatoimet

Selvityksessä on pitäydytty oletukseen, että lähimpien vuosikymmenten aikana tieliikenteessä käytetään edelleen samoja teknisiä perusratkaisuja kuin nykyisissä autoissa. Melun kannalta näistä tärkeimpiä ovat polttomoottori ja kumipyörät.

Meluvyöhyketarkastelussa tehdään laskenta, jossa lähtötietoina on koko valtatieverkon liikennetiedot kaikilta suunnitelmaan kuuluvien hankkeiden tieosuuksilta. Laskenta-aineistoon sisältyvät tiedot on esitetty kuvassa 1. Laskennassa sovelletaan yhteispohjoismaista tieliikennemelun laskentamallia tie-

hallituksen KEHAR-tietokoneohjelman käyttämässä laajuudessa. Meluvyöhykkeiden asukasmääristä tehdään karkea laskelma; laskentavuosi on 2010.

Päälaskennan tuloksia tarkennetaan toisella laskennalla, jossa käytetään laskentamallia sen täydessä laajuudessa, maaston muodot mukaanlukien. Sen lähtötietoina on tuoreen Pääkaupunkiseudun yleisten teiden meluselvityksen koko geometria-aineisto. Tuloksena saadaan tarkennukset melualue- ja asukasmääräarvioihin. Tämä laskenta tuottaa arviot melusteillä saatavasta keskimääräisestä vaimennuksesta ja meluvyöhykkeiden kaventumisesta laajassa hankejoukossa ja todellisessa maastossa.

Melua kuvaavana suurena käytetään pitkän aikavälin ekvivalenttia A-äänitasoa L_{Aeq} , lyhyesti ekvivalenttitaso, jonka yksikkö on desibeli (dB). Se on luonteeltaan keskimääräinen meluannos, ja se on vakiintunut ympäristömelun arvioinnissa käytettäväksi suureeksi. Kaikki laskelmat koskevat ekvivalenttitasoa päivällä (klo 7 - 22).



Kuva 1. Valtatieverkon meluselvityksessä mukana olleet tiet.

2 Meluympäristön tilanne

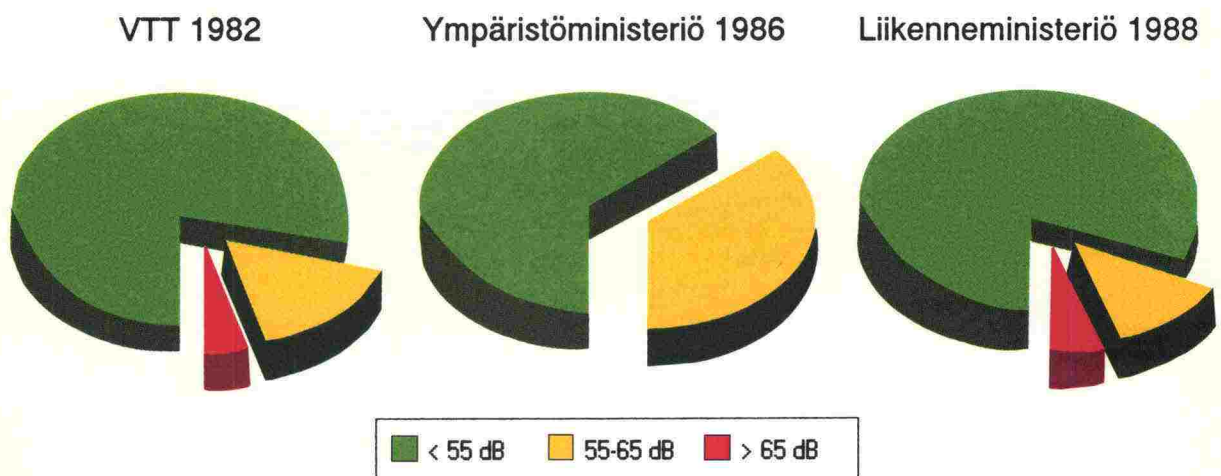
2.1 Nykytila

Meluvyöhykkeiden laajuuden ja melulle altistuvien asukasmäärien selvityksissä on kaikkialla maailmassa melun aiheuttajana ollut yli 90-prosenttisesti tieliikenne. Tieliikenne on siten merkittävin ympäristömelun lähde.

OECD-maiden tieliikenne kasvoi kolminkertaiseksi 1960- ja 1970-lukujen kuluessa. Samana aikana tieverkot kehittyivät lähes nykyiseen laajuuteensa. Liikennemelun aiheuttamat haitat kasvoivat vastaavasti. 1970-luvun lopulta alkaen melutilanne on teollisuusmaissa tasaantunut liikenteen jatkuvasta kasvusta huolimatta. Tämän on katsottu suurelta osin johtuneen yksittäisten ajoneuvojen melupäästöjä koskevasta sääntelystä ja osittain tiesuunnittelun ja rakennusten äänieristyksen parantumisesta. Tämän jälkeen tieliikenteen melutilanne on karkeasti pysynyt samana 1990-luvulle tultaessa [1].

On arvioitu, että viime vuosikymmenen aikana asui teollisuusmaissa noin kolmannes — puolet väestöstä meluvyöhykkeillä, joilla tieliikenteen aiheuttaman melun taso oli yli 55 dB. Noin kuudennes teollisuusmaiden väestöstä asui alueilla, joilla tieliikennemelun taso oli korkeampi kuin 65 dB, mitä pidetään yleisesti siedettävän melun ylärajana.

Suomen meluvyöhykkeillä asuvan väestön määrästä on esitetty yksi alustava ja kaksi varsinaista arviota (kuva 2). Valtion teknillinen tutkimuskeskus [2,3]



Kuva 2. Arvioita yli 55 dB:n meluvyöhykkeillä asuvien asukkaiden suhteellisesta määrästä Suomessa; a) ja b) kaikki ympäristömelu, c) liikennemeluu.

arvioi vuonna 1982 hyvin yleispiirteisesti, että yli 55 dB:n melun vaikutuspiirissä on noin miljoona ihmistä. Meluntorjuntalain valmisteluvaiheessa 1986 ympäristöministeriö arvioi yli 55 dB:n meluvyöhykkeillä asuvan 1,8 milj. henkeä eli runsaan kolmanneksen Suomen väestöstä. Liikenneministeriön arvio [4] vuodelta 1988 on yli puolta pienempi: 840 000 henkeä (17 % asukasluvusta) yli 55 dB:n vyöhykkeillä ja 250 000 (5 %) yli 65 dB:n vyöhykkeillä. Viimemainitussa arviossa oli mukana vain tieliikennemelu, mutta tämän eron vaikutus on vähäinen, koska tieliikenne vastaa valtaosasta ympäristömelua.

Asukasmäärien erot johtunevat valituista arviointimenetelmistä, jotka olivat väistämättä varsin karkeita. Ympäristöministeriön arviointimenetelmiä ja niiden lähtötietoja ei ole esitetty. Liikenneministeriön selvityksessä kiinnitty huomio asukastiheyksien huomioon ottamiseen. Laskelmassa oletettiin, että asukastiheys pääteiden varsilla on sama kuin kunnan keskimääräinen asukastiheys. Todellisuudessa asutus on kuitenkin keskittynyt liikenneyhteyksien läheisyyteen.

2.2 Yleisennuste

2.1.1 Kehityksen suuntaviivoja

Suhteellisten muutosten havaitseminen ja ennustaminen on melun tapauksessa luotettavampaa kuin edellä esitetyn kaltainen absoluuttisten asukasmäärien arviointi. Liikenteen kokonaiskasvun katsotaan yleensä olevan hidastumassa teollisuusmaissa, mikä merkitsisi melunkin kasvun hidastumista [5]. Liikenteen kasvun taittuminen koskee kuitenkin ensisijaisesti taajamia, vilkkaan liikenteen ja tiheän asutuksen alueita. Muualla, vähäisemmän liikenteen ja alhaisemman melun alueilla, liikenteen suhteellisen kasvun ei ennusteta hidastuvan samassa mitassa.

Tämä merkitsee sitä, että tulevaisuuden liikennemeluun liittyy eräitä kasvavia tai uusia haittoja. Näitä ovat mm. uusien melulähteiden merkityksen kasvu (esim. vapaa-aikaan liittyvä liikenne ja dieselmoottorien lisääntyvä käyttö) sekä melun leviäminen alueille, jotka ovat toistaiseksi säästyneet melulta — maaseudulle, matkailukohteisiin ja luonnonvaraisille alueille.

Ajoneuvojen melupäästöjen rajoitustoimet näyttävät pääosin olevan tuloksellisia. Toimien täyden tehon odotetaan kuitenkin näkyvän vasta 10 - 20 vuoden kuluttua niiden saattamisesta voimaan. Lisäksi tuntuva ponnistus on tehty nykyisen infrastruktuurin suojaamiseksi, meluestein ja äänieristystä parantamalla. Erityisesti tämä koskee ns. "mustia" vyöhykkeitä, joilla äänitaso ylittää 65 dB. Meluntorjuntanäkökohdat otetaan yleensä yhä paremmin huomioon suunnittelu- ja rakennusvaiheessa [1,5].

Taulukko 1. Liikennemeluun vaikuttavia tekijöitä [1,5,6].

Melu vähenee:

- päästörajat kiristyvät jatkuvasti
- emissiotilanteen parantuminen jatkuu, paino kuitenkin moottorimelussa
- seurauksena immission lasku, erityisesti siellä missä raskas kalusto aiheuttaa valtaosan päästöistä, pääpaino kuitenkin taajamissa
- käyttöön on otettu melun huomioon ottavia tiensuunnittelu-normeja (linjaus, esteet) ja käynnistetty äänieristyksen pa-rannusohjelmia

Melu lisääntyy:

- liikenteen kasvun ennustetaan jatkuvan ja laajenevan alu-eellisesti ja ajallisesti; maaseudulle, ilta- ja yöajalle sekä viikonlopuille
- nopeuksien laskua ei liene odotettavissa
- moottoritehot ja raskaiden ajoneuvojen painot kasvavat

Lopputuloks: kokonaistilanne ei parantune

Nämä seikat eivät ilmeisesti kuitenkaan ratkaisevasti paranna koko melu-ympäristön laatua. Melutilanteen ennustamista käsittelevien tutkimusten joh-topäätöksissä korostetaan torjuntatoimien tiukentamista kaikilla osa-alueilla. Vastapainona nähdään ilmeinen huononeva kehitys melualueiden laajentues-sa, mikä koskee erityisesti kohtuullisen voimakkaan melun ns. "harmaita" vyöhykkeitä, joilla äänitaso on välillä 55 - 65 dB [6].

Taulukossa 1 on eritelty nähtävissä olevia kehityslinjoja, jotka vaikuttavat muutaman vuosikymmenen mittakaavassa. Lähteen [5] maininta äänieristyk-sestä on lähinnä peräisin keski-Euroopasta, jossa sen mahdollisuudet ovat tuntuvasti paremmat kuin Pohjoismaissa. Ilmaston vaatima ulkoseinien lämpö-eristys merkitsee samalla, että äänieristys on jo alunperin parempi.

OECD:n vuonna 1980 asettamat melupäästötavoitteet, 80 dB raskaille ja 75 dB kevyille ajoneuvoille standardisoidussa testitilanteessa, ollaan saavuttamassa

lähivuosina. On arvioitu, että mainittujen tavoitteiden saavuttaminen lisää autojen hintaa alle 5 % ja raskaiden ajoneuvojen alle 3 %. Tunnettuja melun-
torjuntateknisiä mahdollisuuksia on kuitenkin yhä käyttämättä, varsinkin sel-
laisia, jotka tulevat kyseeseen suuremmilla nopeuksilla.

2.2.2 Kehitys valtateillä

Edeltävä tarkastelu koskee koko tieliikennettä taajamat mukaanlukien ja niitä erityisesti painottaen. Jos arvio rajataan koskemaan vain valtatieverkkoa, kehityksen painotukset ja mahdollisuudet muuttuvat. Eritellyt tiedot, tilastot tai ennusteet, jotka koskisivat vain pääväyliä, ovat tuntuvasti harvinaisempia kuin koko tieliikennettä koskevat.

Eron näiden tapausten välille synnyttävät ennen kaikkea päästönormit, jotka kohdistuvat korostetusti taajamaliikenteeseen. Niiden vaikutukset melupäästöihin suuremmalla, tasaisella nopeudella ajettaessa eivät ole suoraviivaiset.

Moottorin ja pakoputkiston melun vähitellen vähentyessä päästömääräysten ohjaamina muut melun syntymekanismit nousevat tärkeämmiksi. Erityisesti valtatie nopeuksilla vallitseva renkaan ja tien kosketus korostuu melulähteenä, jonka torjumiseen on lähitulevaisuudessa kohdistettava lisäponnistuksia. Kehityksen käynnistämiseksi on tarpeen asettaa päästörajoja myös maantienopeuksille [6].

2.3 Ympäristömelun vaikutukset

Teollisuusmaissa tehdyissä tutkimuksissa on osoittautunut, että melu on useimmin mainittu kodeissa esiintyvä ympäristöhaitta. Melu on myös lukumääräisesti suurin valitusten aihe [5].

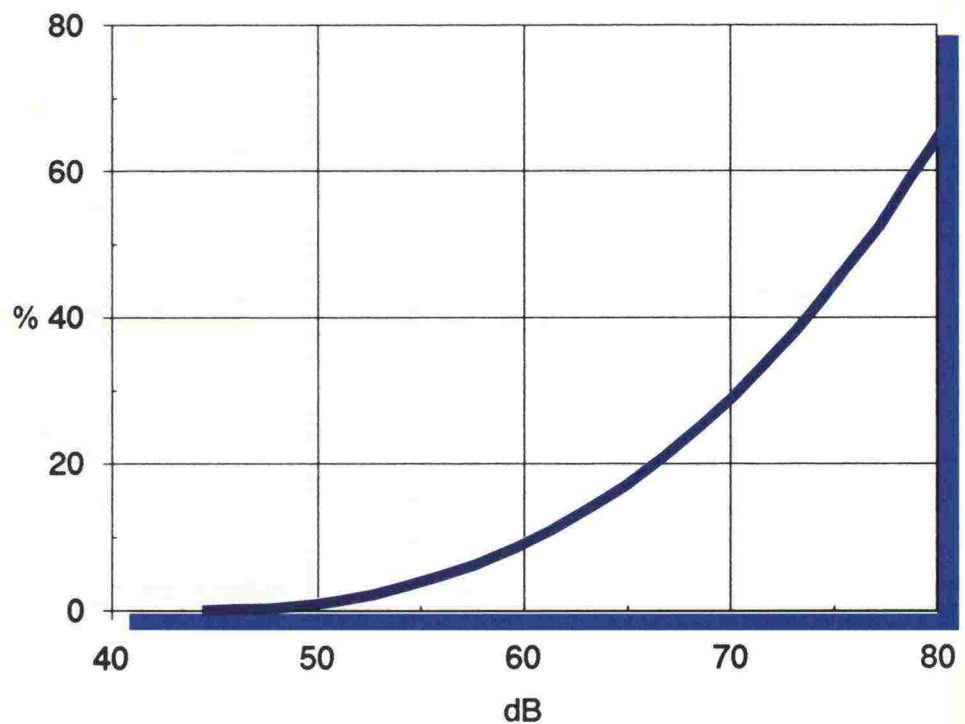
Melun vaikutukset terveyteen tunnetaan hyvin. Melu vaikuttaa kahdella toisistaan riippumattomalla tavalla, suoraan kuuloaistin välityksellä ja epäsuorasti huomiokyvyn ja käyttäytymisen säätelyn kautta.

Melun vaikutukset kuuloon on tunnettu jo kauan, näistä parhaiten lähinnä työpaikkameluun liittyvä kuuloaurion riski. Liikenne- ja muun ympäristömelun aiheuttamalla tasoalueella kuuloaistin kautta välittyvät häiriöt ovat mutkikkaampia. Viimeisten vuosikymmenten kuluessa on saatu runsaasti lisää tietoa siitä, että jatkuva, voimakkuudeltaan alhaisempikin melu kykenee aiheuttamaan muita fysiologisia haittoja [1,5,6].

Aiemmin on otaksuttu yleisesti, että ihminen voi tottua meluun niin, että haitat vähentyvät. Uudemmat tutkimukset ovat osoittaneet, ettei tämä pidä paikkaansa. Melu haittaa ihmisen toimintoja, häiritsee unta ja lepoa sekä estää työn tai muiden tehtävien tekemistä. Se häiritsee puhekommunikaatiota ja

keskittymistä sekä aiheuttaa stressireaktioita. Melu muuttaa unen rytmiä ja aiheuttaa kroonista virkistävän unijakson lyhenemistä, erityisesti vanhemmilla ihmisillä. Se on syynä öisten valveaolojaksojen määrän ja kestojen lisääntymiseen. Verenpaineen ja sydämen lyöntitiheyden muutoksia saattaa ilmetä.

Unen häiriintymistä tapahtuu, kun keskimääräinen melutaso sisällä ylittää 30 - 35 dB tai kun hetkellinen äänitaso ylittää 40 dB. Toimintojen häiriintyminen ja stressireaktiot alkavat lisääntyä tuntuvasti, kun melutaso asuntojen ulkopuolella nousee tasoalueelle 60 - 65 dB [1,5,7]. Kuvassa 3 on esitetty melua "erittäin häiritsevänä" pitävien suhteellisen osuuden riippuvuus ulkomelun äänitasosta. Vastaavasti melua "jossain määrin" tai "hyvin häiritsevänä" pitäviä on tasoalueella 55 - 65 dB huomattavasti tätä enemmän.



Kuva 3. Liikennemelua erittäin häiritsevänä pitävien suhteellinen osuus [%], päivällä (klo 7 - 22) ulkona esiintyvän ekvivalenttitason L_{Aeq} [dB] funktiona. Lukuisten eri maissa tehtyjen haastattelututkimusten yhdistelmä [7].

3 Liikennemeluun vaikuttavat tekijät

3.1 Liikennemäärä

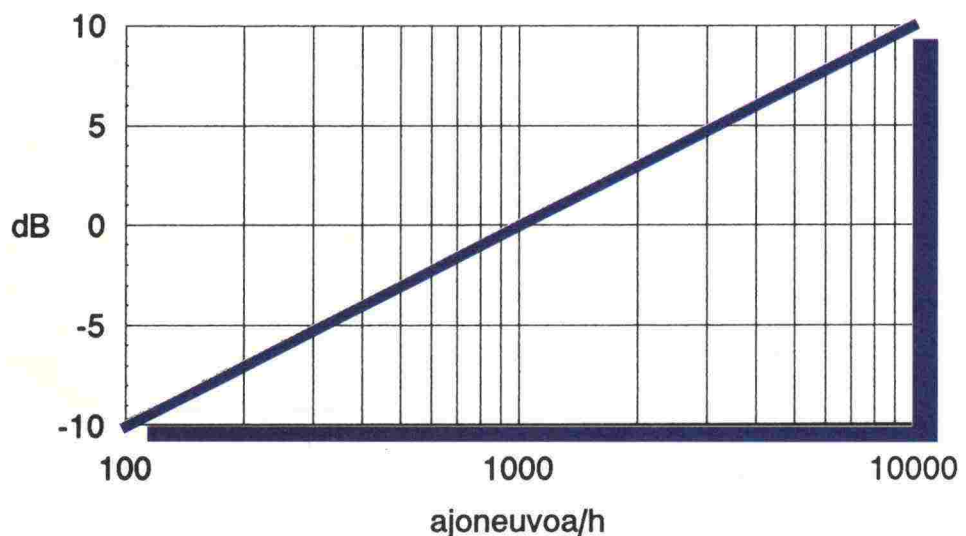
Liikenteen synnyttämän melun äänienergia on suoraan verrannollinen ajoneuvojen lukumäärään. Kun tarkastellaan vastaavia äänitasoja desibeleinä, saadaan seuraava yhteys. Jos yksi ajoneuvo aiheuttaa melutason L_0 , synnyttää N samanlaista ajoneuvoa tason

$$L_N = L_0 + 10 \lg N$$

Tämä yksinkertainen sääntö pätee aina. Ajoneuvokaluston pysyessä samanalaisena seuraa liikennemäärän vähenemisestä tai kasvamisesta yhtälön mukainen melutason lasku tai nousu. Esimerkiksi liikennemäärän muutos kaksinkertaiseksi tai puoleen muuttaa tasoa ± 3 dB ja muutos kertoimella kymmenen muuttaa tasoa ± 10 dB. Lauseketta havainnollistaa kuva 4.

Kuvattu sääntö merkitsee sitä, että liikennemäärän vähentäminen on periaatteessa edullista meluntorjunnan kannalta, mutta muutoksen vaikutus on käytännössä varsin lievä. Vasta liikennemäärän jyrkkä muutos aiheuttaa havaittavan laskun melutasossa.

Raskaammat ajoneuvot ovat meluisampia kuin henkilöautot. Yksinkertaistaen voidaan sanoa, että kevyitä ajoneuvoja on noin kymmenen kertaa enemmän



Kuva 4. Melun riippuvuus liikennemäärästä, äänitason muutos [dB] verrattuna vertailuliikennemäärään 1000 ajon./h.

kuin raskaita ja että yksi raskas ajoneuvo on keskimäärin noin 10 dB meluisampi kuin kevyt. Ryhminä kevyet ja raskaat ajoneuvot aiheuttavat melua yhtä paljon. Jommankumman ryhmän puuttuminen pienentäisi melun kokonaisenergian puoleen eli laskisi melutasoa 3 dB.

Raskaiden ajoneuvojen merkitys on tarkemmin seuraavankaltainen. Nopeudella 50 km/h yksi raskas ajoneuvo vastaa kymmentä kevyttä, ja tämä kerroin pienenee nopeuden noustessa siten, että nopeudella 100 km/h raskas vastaa viittä kevyttä ajoneuvoa.

3.2 Nopeus

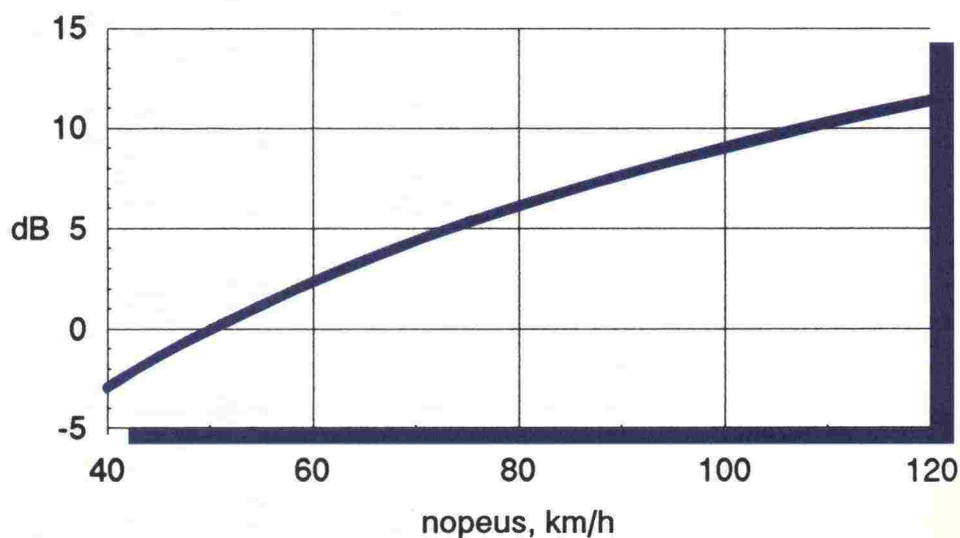
Kokeellisesti on havaittu, että tieliikenteen kokonaismelun taso L riippuu liikennevirran nopeudesta v seuraavan yhteyden mukaan

$$L = L_0 + 30 \lg(v/v_0)$$

L_0 on taso, joka esiintyy vertailunopeudella v_0 . Riippuvuutta esittää kuva 5.

Valtatienopeuksilla 80 - 120 km/h tämä merkitsee yli 5 dB vaihteluväliä eli seuraavia tason muutoksia. Nopeuksien 80 - 100 km/h välillä on n. 3 dB ero ja parin 100 - 120 km/h välillä n. 2,5 dB ero. Toisin sanoen nopeuden pudottamisella 120:stä 100:aan tai 100:sta 80:een kilometriin tunnissa on yhtä suuri melua vähentävä vaikutus, kuin jos liikennemäärä vähenee 40 - 50 %.

Tämä yhteys nopeuden ja melun välillä koskee liikennevirtaa kokonaisuutena ja sen synnyttämää keskimääräistä äänitason. Lausekkeessa otetaan huomioon



Kuva 5. Melun riippuvuus nopeudesta, äänitason muutos [dB] verrattuna vertailunopeuteen 50 km/h.

se, että suuremmalla nopeudella liikkuvat ajoneuvot ohittavat kuuntelupisteen nopeammin ja yksittäisten melutapahtumien ajallinen kesto lyhenee.

3.3 Melupäästöt

3.3.1 Päästösuureet

Melulähteen varsinainen päästösuure on sen akustinen teho watteina tai sama ilmaistuna desibeleinä eli lähteen äänitehotaso. Tieliikennemelussa käytetään kuitenkin useammin ekvivalenttia äänitasoa 10 m etäisyydellä tiestä (ajoradan keskilinjasta). Tämä valinta sopii helpommin käytettäväksi laskentamalleissa ja vertailtaessa mittauksia. Tilannetta mutkistaa standardisoitu päästömittaus ja siihen perustuvat päästömääräykset, joissa käytetään vielä kolmatta suuretta, hetkellistä maksimiäänitasoa 7,5 m etäisyydellä. Eri tasosuureiden arvoja desibeleinä ei voi suoraan verrata toisiinsa.

3.3.2 Päästörajoitukset

OECD:n vuonna 1980 pidetyssä meluntorjuntakonferenssissa todettiin, että silloiset päästöraajat olivat liian väljiä ja että tekniset edellytykset olivat olemassa vähentää melupäästöjä kohtuullisin kustannuksin vuoteen 1990 mennessä 5 - 10 dB:llä. Tavoitetasoiksi päätettiin 75 dB kevyille ja 80 dB raskaille ajoneuvoille.

Tavoitteeseen ei ole vielä päästy. Missään maassa ei ole toistaiseksi voimassa päästörajoja, jotka olisivat yhtä tiukat kuin tavoite. Lähimpänä on Sveitsi, jossa vuodesta 1986 alkaen rajana on ollut 75 dB henkilöautoille, 77 dB paketti-autoille ja 80 - 84 dB raskaille ajoneuvoille painosta ja moottoritehosta riippuen. EY:n vastaavat päästöraajat vuodesta 1989 alkaen ovat 77 dB henkilöautoille, 78 - 79 dB pakettiautoille ja 80 - 84 dB raskaille ajoneuvoille. Ruotsi ja Norja ovat seuranneet EY:n rajoituksia, mutta Suomessa on aikataulu ollut hitaampi ja rajat väljempiä. Suomen nykyiset ja tulevat arvot on lueteltu taulukossa 2.

Päästörajojen tiukentuminen on ollut hidasta. Vaikutus koskee vain uutta osaa ajoneuvokannasta, ja kokonaistilanteen muuttumiseen kuluu siten useita vuosia.

Melupäästöjen mittaamenetelmällä on ratkaiseva vaikutus siihen, mitä melun osatekijöitä päästöraajat painottavat. Standardisoitu päästömittaus tehdään ohiajomittauksena, ajoneuvon kiihdyttäessä 50 km/h nopeudesta alkaen lähellä mittauskohtaa. Alkunopeuden ja kiihdytyksen takia mittausjärjestely vastaa lähinnä taajamanomaista liikennettä. Valtatieliikennettä jäljittelevää mittausta ja sille tarkoitettuja päästörajoja ei ole.

Taulukko 2. Suomen nykyiset ja tulevat ajoneuvojen päästörajat [dB].

| ajoneuvotyyppi | paino/teho | nyt | 1.10.1991 |
|----------------------------------|------------|-----|-----------|
| henkilöautot | | 80 | 77 |
| paketti-, linja- ja kuorma-autot | < 3,5 tn | 81 | 79 |
| linja-autot | > 3,5 tn | 82 | 80 |
| linja-autot | > 147 kW | 85 | 83 |
| kuorma-autot | > 3,5 tn | 86 | 83 |
| kuorma-autot | > 147 kW | 88 | 84 |

3.3.3 Syntymekanismit

Autojen melun aiheuttaa pääasiassa kaksi tekijää [1,5]:

- moottori ja voimansiirto
- renkaiden ja tien kosketus

Voimanlähde on näistä tärkeämpi lähde pienillä nopeuksilla ja raskaalla kalustolla. Suuremmilla nopeuksilla tien ja renkaan kosketuksen synnyttämä ääni nousee moottorimelua voimakkaammaksi. Tasaisessa liikenteessä rajana on n. 40 km/h nopeus kevyillä ja 60 km/h nopeus raskailla ajoneuvoilla [8]. Tämä merkitsee sitä, että valtateillä käytetyillä nopeuksilla rengasmelu on selvästi tärkein liikennemelun osatekijä. Joskus kolmantena pääsyynä mainittu ns. vauhtimelu eli aerodynaamisesti syntyvä ääni ei ole vielä merkittävää sallituilla nopeuksilla.

3.3.4 Voimanlähde

Ajoneuvojen moottorin ja voimansiirron synnyttämä melu on tasaisesti vähentynyt viimeisten kahden vuosikymmenen aikana meluntorjuntatekniikan kehittymisen ansiosta. Meluntorjuntaponnistelut ovatkin pääosin suuntautuneet moottorimelun torjuntaan päästörajoitusten ja testimenetelmien korostaessa taajamatyypisiä ajo-olosuhteita.

Moottorin ja voimansiirron aiheuttama melu voidaan edelleen jakaa osiin melun syntymekanismissien mukaan. Melua tuottavat mm. seuraavat osat ja tapahtumat:

- palaminen sylintereissä
- mekaaniset iskut
- pakokaasut
- tuuletin
- vaihteisto ja muu voimansiirto

Palamisen synnyttämä ääni aiheutuu kaasun laajenemisesta räjähdysketkellä ja sen aiheuttamasta moottorin seinämien värähtelystä. Mekaaninen melu koostuu lukuisista moottorin pyörimisjaksoon liittyvistä iskumaisista tapahtumista. Molemmat runkoäänityypit välittyvät moottorin rungosta mekaanisesti auton runkoon ja edelleen sen ulkokuoreen, josta ilmaääni säteilee. Palamismelu on yleensä merkittävämpi dieselmoottorissa, jonka sylinterien paine on suurempi kuin bensiinimoottorissa.

Mekaanisen melun syntymisen, välittymisen ja säteilyn tapahtumasarja sisältää vielä paljon mahdollisuuksia meluntorjunnan parantamiseen rakenteellisella optimoinnilla ja uudelleen suunnittelulla sekä liitoskohtien vaimennuksen ja verhouksien tehostamisella.

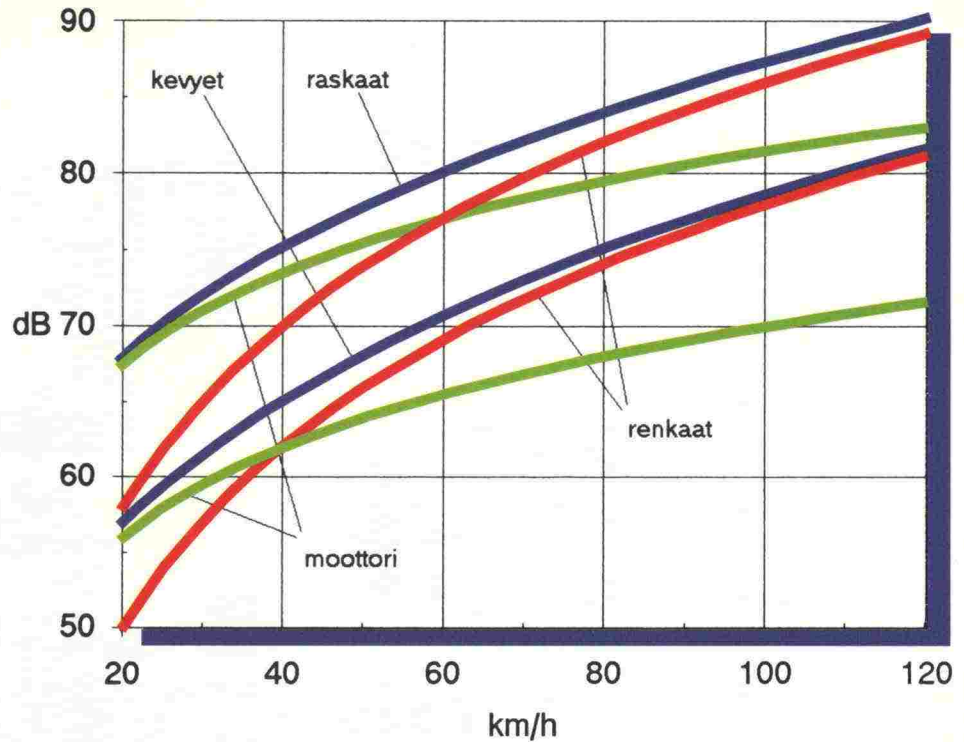
Polttomoottorien voimakkain yksittäinen äänilähde on pakoputkeen virtaava pakokaasu, mutta se on myös perinteisesti parhaiten vaimennettu melun osa. Silti tämänkin lähteen osalta on vielä mahdollisuuksia tuntuvasti vähentää äänen tuottoa sekä bensiini- että dieselmoottorissa. Torjuntamahdollisuuksia on sekä sylinteripaineen hallinnassa pakoventtiilin aukeamishetkellä että varsinaisen äänenvaimentimen suunnittelussa. Katalysaattorin käytöllä ei ole välitöntä vaikutusta meluun.

Dieselmoottorin lisääntyvä käyttö kevyissä ajoneuvoissa on meluntorjunnan kannalta kielteistä. Moottoritehon ollessa vakio on diesel n. 3 - 5 dB meluisampi kuin bensiinimoottori. Suorasuihkutusdiesel on edelleen n. 2 - 3 dB äänekkäämpi kuin perinteinen dieselmoottori. Turboahtimen käyttö toisaalta alentaa melua.

3.3.5 Renkaat

Renkaiden ja tienpäällysteen kosketuksessa syntyvä ääni on toinen kahdesta merkittävimmästä kokonaismelun osatekijästä. Sen vallitsevuus kasvaa nopeuden noustessa eli juuri valtatieolosuhteissa. Renkaiden ja tien merkitys korostuu tulevaisuudessa maantieliikenteen melussa, koska torjuntatoimet kohdistuvat pääasiassa moottorimeluun.

Renkaiden vierintämelu kasvaa noin 9 - 12 dB nopeuden kaksinkertaistumista kohti. Edellä mainittiin, että kokonaismelun kasvu on n. 9 dB samassa tilanteessa. Tämä johtuu siitä, että moottorimelu kasvaa vastaavasti vain 6 - 9 dB. Nämä kasvukertoimet selittävät, miksi rengasmelu nousee vallitsevaksi suurilla nopeuksilla. Kasvua esittää kuva 6.



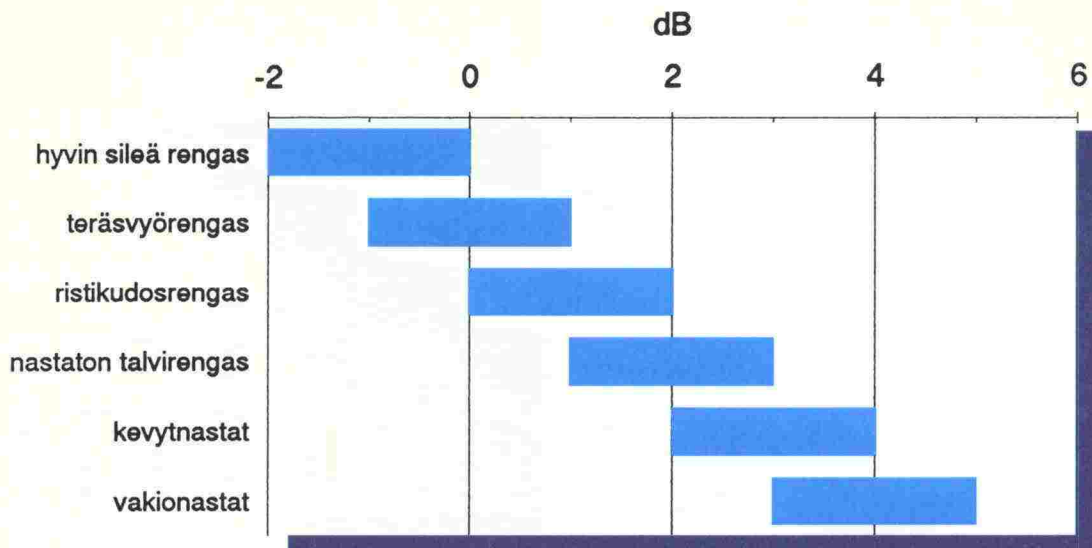
Kuva 6. Moottori- ja rengasmelun osuus kokonaismelusta eri nopeuksilla kevyillä ja raskailla ajoneuvoilla.

Nopeuden ohella tärkeimmät meluun vaikuttavat renkaan ominaisuudet ovat kuviointi ja rakenne (kuva 7). Sileän ja voimakkaasti kuvioitun renkaan ero on luokkaa 2 - 3 dB. Pohjoismaisen lisätekijän muodostavat nastarenkaiden nastat. Vakionastat lisäävät talvirenkaan melua n. 2 dB ja uudemmat kevytnastat n. 1 dB.

Renkaan rakenteen osalta pätee pääsääntönä, että teräsvyörengas on hiljaisempi kuin ristikudosrengas. Renkaan vallitsevan kuvioinnin tulisi olla vierimissuuntaan nähden mieluummin pitkittäinen kuin poikittainen, ja kuvion säännöllistä toistumista tulisi välttää, koska se synnyttää muuta melua häiritsevempiä äänemäisiä (soivia) melukomponentteja.

3.3.6 Päällysteet

Nopeuden ohella tärkeä tekijä rengasmelun synnyssä on päällysteen pinnan laatu ja karkeus. Ne vaikuttavat huomattavasti renkaan kuviointia voimakkaammin; ero aivan sileän ja hyvin karkean päällysteen välillä voi olla 8 - 10 dB (kuva 8). Vakiopäällysteillä tehdyissä tutkimuksissa on havaittu muutamien desibelien keskinäisiä eroja [9]. Toteuttamiskelpoisista erikoispäällysteistä tiedetään, että parhaissa tapauksissa niillä on saavutettavissa useiden desibelien parannus [3,10]. Nastarenkaiden käyttö vaikuttaa myös välillisesti päällystemeluun. Päällysteiden meluisuuden on havaittu lisääntyvän 1 - 2 dB talven aikana nastojen aiheuttaman kulumisen takia [9].



Kuva 7. Eräiden rengastyypin melupäästöeroja verrattuna teräsvyökese-renkaaseen.

Päällysteen tärkeyttä melun synnyssä vielä korostaa koetilanteissa osoitettu mahdollisuus kehittää erityisiä huokoisia päällysteitä, joilla on voimakas äänen absorptiokyky. Tienpäällysteiden tyyppin valintaa voidaan pitää mahdollisena ja tärkeänäkin liikennemelun torjuntakeinona, erityisesti valtatieyypisillä teillä, joilla käytetään suurempia nopeuksia.

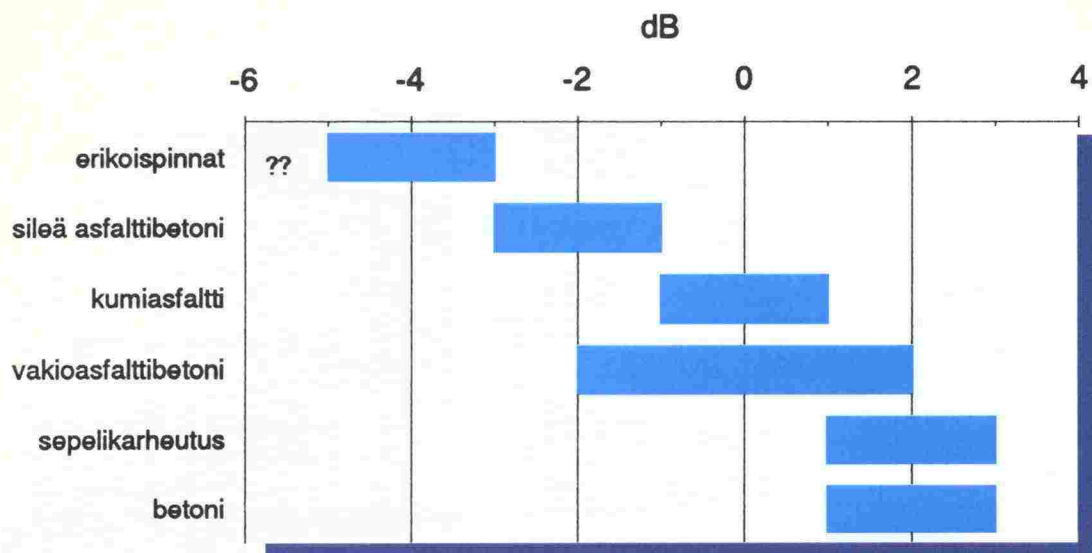
3.4 Melun leviäminen

3.4.1 Eteneminen vapaassa kentässä

Tieliikenteen melun leviäminen on mutkikas tapahtuma, johon vaikuttavat lukuisat autojen, maaston ja ilmakehän akustiset ominaisuudet [11]. Yhtenäinen autojono on akustinen viivalähde, joka synnyttää ns. sylinteriaallon. Yksittäiset autot näyttävät tässä tapauksessa myös viivalähteeltä, koska melua arvioidaan laskemalla annoksen kertymä. Sen kannalta autojen melu tulee viivalähteestä.

Sylinteriaalto vaimenee etäisyyden kasvaessa hitaasti eli vain kääntäen verrannollisena etäisyyden neliöjuureen. Kun etäisyys kaksinkertaistuu, laskee äänitaso 3 dB, ja kun se kymmenkertaistuu, laskee taso 10 dB. Tämä vaimennus pätee sellaisenaan kovan maanpinnan yläpuolella. Vaimennusta esittää kuva 9.

Edellä on oletettu, että tie näkyy kuuntelupisteeseen esteittä. Jos näkökulma kaventuu esteinä toimivien rakenteiden takia, äänitaso laskee. Muutos on suoraan verrannollinen näkökulmaan; jos se puolittuu, laskee äänitaso 3 dB.



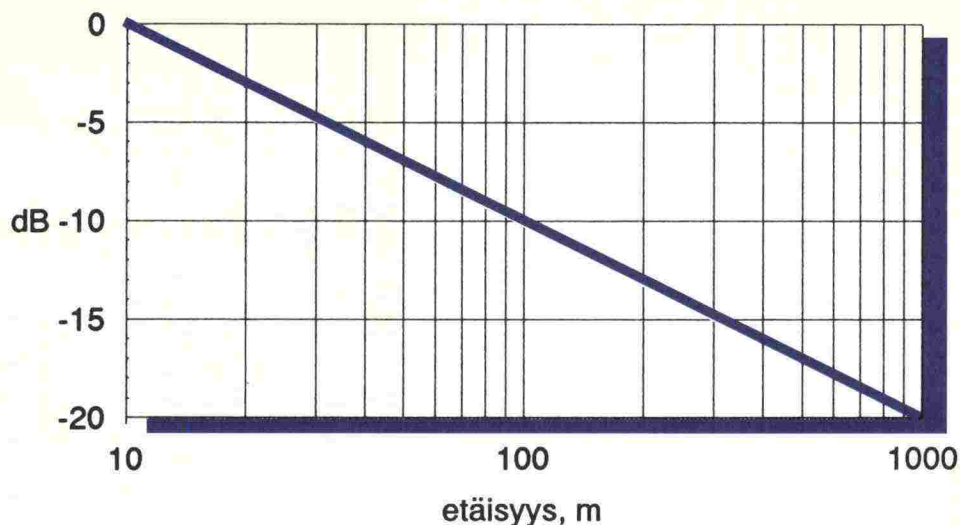
Kuva 8. Eräiden päällystetyyppien vaikutus rengasmeluun verrattuna keskimääräiseen vakiopäällysteeseen [1,9].

3.4.2 Säätila

Säätila vaikuttaa äänen etenemiseen voimakkaasti kahdella tavalla. Tuulen ja lämpötilan korkeusvaihtelut taivuttavat äänen kulkureittejä, jolloin melutaso muuttuu. Muilla sääilmiöillä ei ole merkittävää suoraa vaikutusta melun etenemiseen.

Tuulen nopeus kasvaa aina maanpinnan läheisyydessä korkeuden kasvaessa. Myötätuulella ääniaallot taipuvat alaspäin siten, että melu kasvaa. Vastatuulella aallot taipuvat ylöspäin, ja kuuntelupiste voi jäädä äänivarjon alueelle. Lämpötilan korkeusriippuvuus aiheuttaa samanlaisen ilmiön. Aurinkoisina päivinä lämpötila laskee ylöspäin ja selkeinä öinä käy päinvastoin. Tällöin myös äänennopeus vaihtelee ja ääni taipuu. Tuuli ja lämpötila voivat sekä heikentää että vahvistaa toisiaan. Yleensä tuuli on hallitseva, voimakas lämpötilagradientti liittyy tavallisesti vain tyyneen ilmaan.

Maa- ja estevaimennuksen kanssa yhdessä tarkasteltuna tuuli ja lämpötila vaikuttavat huomattavasti. Ylöspäin kaartuminen lisää maavaimennusta, vaikka äänivarjoja ei syntyisikään. Toisaalta maanpinnan ja esteen vaimennus voidaan menettää myötätuulella ja selkeinä tyyneinä öinä. Esteen kanssa yhdessä tarkasteltuna voi vaikutus olla tuntuva. Jos este on mitoitettu täpärästi, voi heikostikin ääntä alaspäin kaartava tuuli tai lämpötila mitätöidä estevaimennuksen.



Kuva 9. Sylinteriaallon leviämisvaimennus. Äänitaso [dB] kovan maanpinnan yläpuolella verrattuna tasoon 10 m etäisyydellä ajoradan keskilinjasta.

3.4.3 Kasvillisuus

Usein toivotaan, että ympäristömelua voitaisiin torjua kasvillisuusvyöhykkeiden avulla. Akustiikka tarjoaa kuitenkin vain vähän tukea tälle toiveelle [11,12]. Teoria osoittaa ja kokeelliset tutkimukset vahvistavat, että kasvit eivät voi tuntuvasti heijastaa takaisin tai absorboida etenevän ääniaallon energiaa. Mainittava vaimennus havaitaan vasta, kun vyöhyke on tiheä ja vähintään useita kymmeniä metrejä paksu.

On kuitenkin kaksi välillistä tapaa, joilla kasvillisuus vaikuttaa meluun. Puusto heikentää tuulen ja lämpötilan korkeusvaihteluita. Toinen tapa on kasvien aiheuttama ero maanpinnan akustisessa impedanssissa, joka vaikuttaa maan pehmeuteen ja äänen heijastumiseen siitä. Maanpäälliset osat eivät juuri vaikuta, ruoho tai pelto ovat yleensä lähes yhtä hyviä vaimentimia kuin pensaat tai metsä.

3.5 Maanpinnan vaikutus

3.5.1 Kova pinta

Yksinkertaisessa maastossa, jossa ei ole rakennuksia tai suuria korkeuseroja, on tärkein melun etenemiseen vaikuttava tekijä maanpinnan läheisyys [1]. Akustisesti kova maanpinta, esimerkiksi vesi ja asfaltti, kaksinkertaistaa äänitehon kuuntelupisteessä, jolloin vaikutus lopputulokseen, A-äänitasoon, on +3 dB.

3.5.2 Pehmeä pinta

Muut tavalliset maanpinnat (ruoho, pelto, metsä, lumi) ovat akustisesti pehmeitä. Tässä tapauksessa on maanpinnasta tapahtuvalla ääniaallon heijastuksella tärkeä merkitys. Vaikka heijastus on edelleenkin likimain täydellinen, kääntyy heijastuva aalto vastakkaismerkkiseksi. Suoraan edennyt ja heijastunut aalto pyrkivät kumoamaan toisensa.

Tuntuva kumoutuminen tapahtuu tärkeillä keskitaajuuksilla, jos äänen eteneminen on lähes maanpinnan suuntaista. Ilmiön akustinen teoria on erittäin mutkikas [11]. Nyrkkisäännöksi sopii seuraava: eteneminen alkaa olla "lähes maanpinnan suuntaista", kun etäisyys on vähintään 20 - 30 kertaa suurempi kuin tiepenkereen ja kuuntelupisteen yhteenlaskettu korkeus.

Jos eteneminen ei tapahdu aivan näin maanpinnan suuntaisesti, vaikuttaa heijastus pehmeästäkin maasta samoin kuin kovasta. Lopputuloksen kannalta pehmeä maa nostaa äänitasoa +3 dB vapaaseen tilaan verrattuna.

3.5.3 Tien sijoitus

Tiehankkeiden esisuunnitelmavaiheessa voidaan lähinnä arvioida niiden vyöhykkeiden laajuus, joilla ilman erityisiä suojaustoimenpiteitä syntyy meluhaittoja. Tien yksityiskohtaisemmassa suunnittelussa voidaan meluvyöhykkeeseen vaikuttaa vielä varsin paljon muun muassa tien tasauksen oikealla suunnittelulla ja melusteillä. Tämä johtuu siitä, että melu on yleensä hyvin paikallinen ilmiö. Erityisesti äänitason korkeusriippuvuus on suhteellisen jyrkkä. Kuva 10 esittää samantasonkäyriä etäisyyden ja kuuntelupisteen korkeuden funktiona.

3.6 Esteet

3.6.1 Toimintaperiaate

Olennaisin piirre esteiden toiminnassa on, että kuuntelupiste siirtyy täysin kuuluvalta alueelta tehokkaan äänivarjon alueelle vähitellen. Siirtymäalueen mitta riippuu äänen aallonpituudesta ja aallonpituus puolestaan äänen taajuudesta. Liikennemelun tärkein taajuusalue on n. 300 Hz - 1 kHz ja vastaavat aallonpituudet ovat n. 1 m - 30 cm. Toimivan esteen tulisi katkaista näkölinja ja käytännössä ulottua sen yläpuolelle vähintään aallonpituuksien suuruusluokkaa olevan matkan verran.

Esteen harjasta tapahtuva aallon diffraktio taivuttaa aina osan äänestä varjoalueelle. Täydellistä äänivarjoa ei ole; varjon syvyys eli esteen vaimennus

korkeus maanpinnasta, m



Kuva 10. Maavaimennuksen vaikutus, kun tie on 1 m tasaista, pehmeää maanpintaa korkeammalla. Äänitason muutos [dB] lähtöarvosta, vaaka-akselilla etäisyys, pystyakselilla tarkastelupisteen korkeus.

jatkaa kasvuaan tasaisesti, kun esteen korkeutta suurennetaan. Este on tehokkaimmillaan, kun se on lähellä joko lähdettä tai kuuntelupistettä.

3.6.2 Esteen ja maanpinnan yhteisvaikutus

Esteen tullessa hallitsevaksi tekijäksi äänen etenemisreitillä joudutaan hintana maksamaan maavaimennuksen menetys osittain tai kokonaan. Vaikka este olisi niin matala, että se ei vielä leikkaa näkölinjaa ja äänilähde näkyy kuuntelupisteeseen, se jo katkaisee maasta heijastuvan aallon etenemisen. Heijastuksen aiheuttama kumoutuminen eli maavaimennus alkaa heiketä.

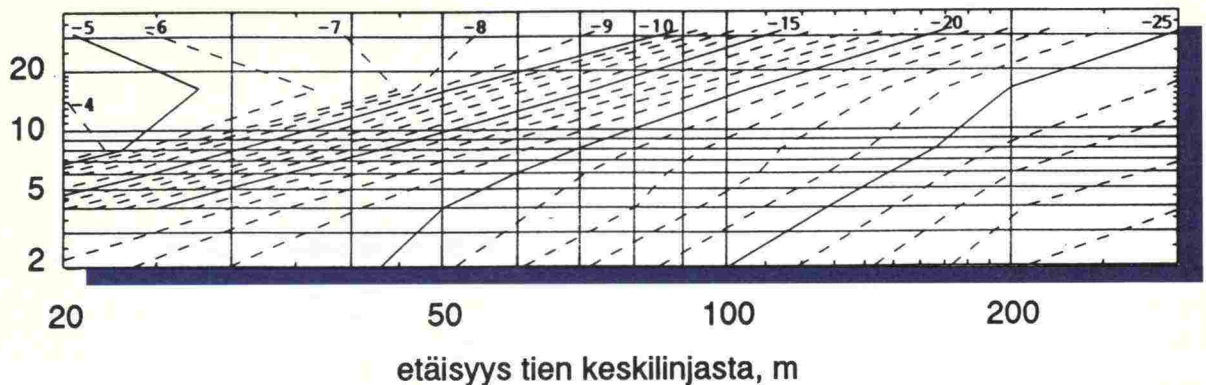
Jos este on korkeampi, sekä esteen etu- että takapuolella esiintyy maaheijastus, joista kumpikin voi aiheuttaa (lievän) maavaimennuksen [13]. Kun esteen muodostaa loiva kiila, käytännössä esim. maavalli, voivat maaheijastukset heiketä tai puuttua kokonaan. Tällöin maavaimennusten osuus menetetään ja kokonaisvaimennus huononee.

3.6.3 Esteen toteutus

Hyvin toimivan meluesteen perusvaatimuksia ovat näkölinjan katkaisu, tiiviys ja massiivisuus. Akustiselta kannalta este saa olla miltei miten tahansa rakennettu, kunhan se on tiivis. Tällöin esteen harjan yli taipuva ääniaalto määrää toteutuvan kokonaisvaimennuksen eikä itse esteen läpi menevän äänen eristyksellä ole merkitystä.

Kuvassa 11 on esimerkki samantasonkäyristä estevaimennuksen tapauksessa, josta havaitaan voimakas riippuvuus korkeudesta. Erityisesti vaimennus muuttuu pystysuunnassa nopeasti ensi metreillä näkölinjan katkeamispisteestä alaspäin. Voimakas korkeusriippuvuus merkitsee sitä, että esteen takana olevassa maastossa sen tehokkuus voi vaihdella suurestikin eri kuuntelupisteissä (kuva 12).

korkeus maanpinnasta, m



Kuva 11. Yhdistetty maa- ja estevaimennus, kun tie on tasaisen, pehmeän maanpinnan tasossa ja 10 m päässä tiestä on 3 m korkea este. Selitykset kuten kuvassa 10.

Esteen akustisessa mitoituksessa huomioon otettava seikka on sen tien puoleisen pinnan heijastuskyky. Se ei vaikuta itse estevaimennukseen, mutta voi pahentaa tuntuvasti tilannetta vastakkaisella puolella tietä. Tästä syystä ei joskus ole kannattavaa toteuttaa estettä betonista tai muusta sileästä, ehjästä pinnasta.

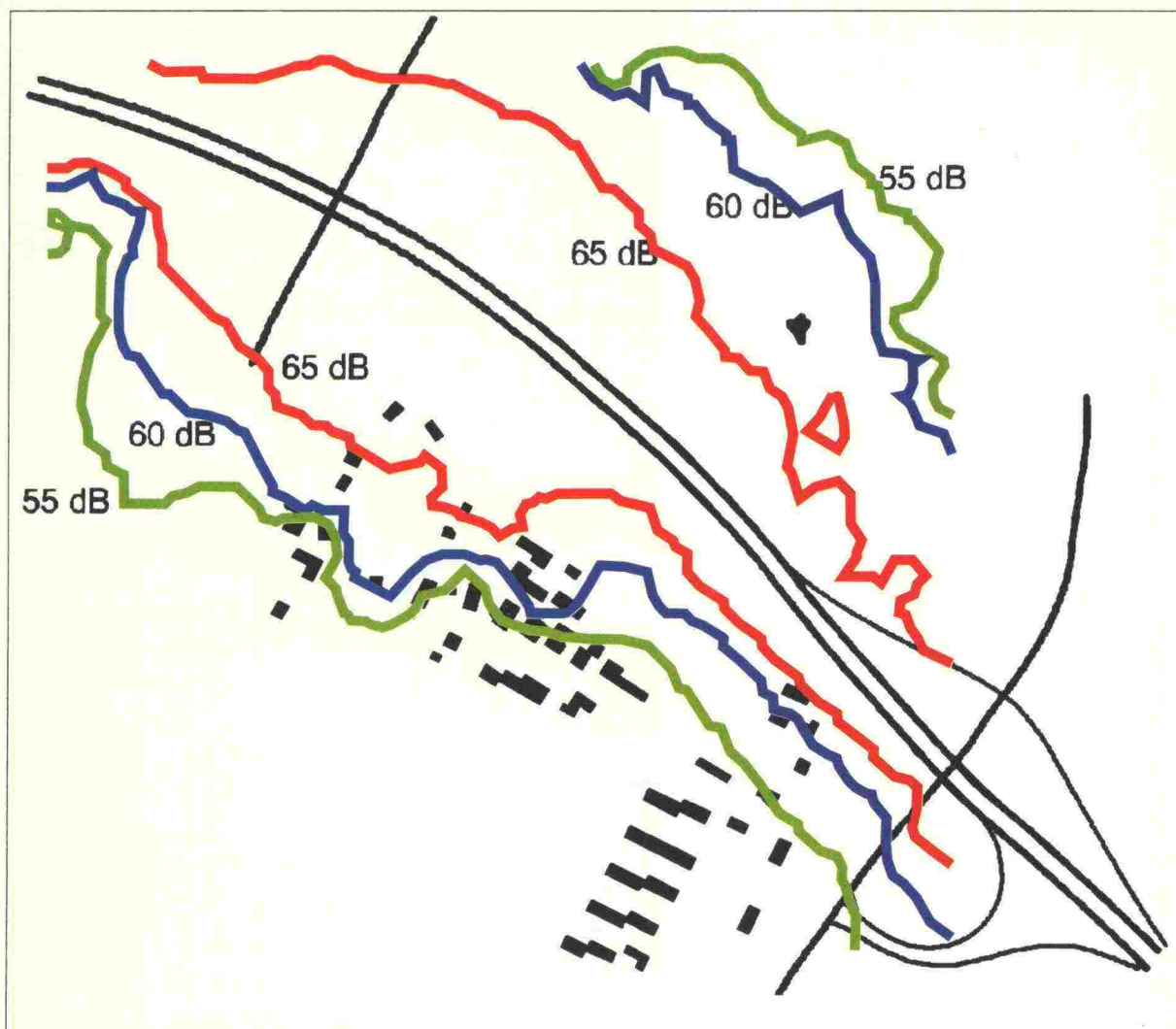
Tavallinen ratkaisu tähän ongelmaan on maavallin käyttö. Toinen mahdollisuus on esteen tekeminen muuten absorboivaksi esim. akustisen absorptiomateriaalin tai portaittain sijoitetun kasvillisuuden avulla. Myös esteen kallistaminen sisäänpäin voi hieman auttaa. Molempia tapoja on käytetty muualla maailmassa, viimeistä tyypillisesti silloilla, mutta Suomessa lumi asettaa omat rajoituksensa. Maavalli sinänsä on osoittautunut akustisesti yhtä hyväksi esteeksi kuin ohut tiivis seinä. Vielä parempi ratkaisu saadaan, kun maavallin harjalle pystytetään melko matalakin aita [14].

3.7 Liikenteen alueellinen jakautuma

3.7.1 Liikennejärjestelyt

Tavallisimmat liikenteen järjestelyyn perustuvat meluntorjuntakeinot koskevat taajamaolosuhteita; vain harvoin ne tulevat kyseeseen valtatieverkossa [1,5]. Liikennejärjestelyjen hyöty meluntorjunnassa on mahdollista lähinnä taajamaympäristössä, jos liikennettä siirryy uudelle ohitustielle taajaman läpi-ajon sijasta.

Moottoriväylät rakennetaan lähes säännöllisesti uuteen ympäristöön. Melun kannalta tilanne on yleensä kaksisuuntainen; moottoriväylän ympäristö menettää ja vanhan tien ympäristö voittaa.



Kuva 12. Esimerkki meluvyöhykkeistä todellisessa vaihtelevassa maastossa.

Myös ajalliset rajoitukset torjuntakeinoina koskevat tavallisesti taajamia. Esimerkki aikarajoituksesta maanteillä on Sveitsin raskaan liikenteen yöajokiello, johon meluntorjunta on eräänä syynä. Suomen valtatieverkolla ei ole ajo-neuvotyypin mukaan asetettuja ajallisia rajoituksia.

3.7.2 Kaavoituksen keinot

Kaavoituksen keinoilla tarkoitetaan melua aiheuttavan ja sen häiritsemän toiminnan keskinäistä sijoittelua. Valtatieverkon suunnittelussa näiden keinojen ottamista huomioon tarvitaan tien sijoittamisessa asutuksen lähellä yleensä ja erityisesti linjattaessa ohikulkusuuksia taajamien lähellä.

Ensisijainen kaavoituksellinen toimenpide uuden tien suunnittelussa meluntorjunnan kannalta on sijoittaa se etäälle olemassa olevasta asutuksesta. Rakennetun ympäristön mahdollisesti tiivistyessä tai lähestyessä tietä tulee huolehtia

siitä, että melua parhaiten sietävät toiminnot sijoittuvat lähimmäksi tietä ja että asutuksen ja tien väliin näin syntyy riittävä suojarakenne.

Valtatieverkon kehittämissuunnitelman kattama aikaväli on pitkä, mikä merkitsee sitä, että tavallisille kaavoitustoimenpiteille jää aikaa toimia. Uudet tielinjaukset voidaan sijoittaa nykytilanteessa ottaen melu parhaalla mahdollisella tavalla huomioon, ja tuleva maankäyttö voidaan sopeuttaa tien sijaintiin.

4 Meluntorjunta

4.1 Tavanomaiset keinot

Autojen melun torjunta on perinteisintä, mutta toisaalta vaativinta meluntorjuntatekniikkaa. Hyvä esimerkki on pakoputken äänenvaimennin, jonka periaatteet on tunnettu vuosikymmeniä. Taulukkoon 3 on koottu päästöihin ja leviämiseen kohdistuvia torjuntatoimia sekä luonnehdittu niiden mahdollisuuksia.

Taulukko 3. Tieliikenteen meluntorjunnan keinoja.

| | |
|---|--|
| Päästöt: | |
| • moottoritekniikan kehittyminen perusratkaisuiltaan vähämeluisaan suuntaan | <i>esim. kiertomäntämoottori; epätodennäköistä lähivuosina</i> |
| • moottorin parempi värähtelyn minimointi, eristäminen, kotelointi | <i>nykysuuntaus tuotekehityksessä</i> |
| • pyörien kotelointi | <i>vaikeaa, koska melu syntyy aivan renkaan ja tien kosketuskohdassa</i> |
| • renkaiden parempi toteutus | <i>keinot paljolti jo käytetty</i> |
| • tienpäällysteen akustinen optimointi | <i>käyttämättömiä mahdollisuuksia</i> |
| Leviäminen: | |
| • estetekniikan kehittyminen | <i>suuret muutokset epätodennäköisiä, talvi rajoittaa aina</i> |
| • tienrakennuksen keinot | <i>melu voidaan periaatteessa ottaa nykyistä vakavammin huomioon tien perusratkaisuista päätettäessä</i> |

Kaiken kaikkiaan päästöihin kohdistuvan meluntorjunnan mahdollisuudet ovat rajalliset. Tienpäällysteiden akustinen parantaminen lienee keinoista tärkein lähivuosina. Torjunnan yleisperiaatteeksi jää leviämisen rajoittaminen ja häiriintyvän kohteen suojaaminen rakenteellisin keinoin.

Taulukon jälkimmäisen leviämiseen kohdistuvan torjuntakeinon kommentti merkitsee pelkistäen sitä, että tie tulisi aina sijoittaa korkeussuunnassa matalammalle tai syvemmälle kuin mitä muiden syiden takia tehtäisiin. Tällä on poikkeuksetta edullinen vaikutus meluun. Toinen melun kannalta huomioon otettava seikka on tien pituuskaltevuus.

4.2 Uudet keinot

Seuraavassa kommentoidaan lyhyesti eräitä tavanomaisesta poikkeavia liikennemelun torjunnan tekniikoita ja ratkaisuja.

Tämänhetkinen huipputekniikan muotiaihe akustiikassa on aktiivinen meluntorjunta (äänen sammuttaminen vastaanellä). Sen mahdollisuudet autojen ulkomelun torjuntaan ovat periaatteessakin erittäin vähäiset:

- Pyörien melun torjunta mahdotonta
- Periaatteellista potentiaalia moottorin vaimentamiseen
- Parhaat mahdollisuudet raskaan kaluston pakoputken kautta säteillyn melun lisävaimentamiseen (mutta tämän hyöty vähäinen valtaolosuhteissa)

Eräitä oudompia maa- ja estevaimennuksen "kiihdyttimiä" on esitelty akustisessa kirjallisuudessa. Ääniaallon vaiheen kääntämiseen tähtäävä este [15] toimii kumoamalla äänikenttää esteen harjan lähellä. Sen tutkimista voisi kokeilla Suomessakin; rakentaminen ei ilmeisesti olisi tavallista estettä kalliimpaa. Toimintaperiaatteen kattama taajuusalue on kuitenkin kapeahko, mikä saattaa rajoittaa käytännön merkitystä.

Melua vaimentava maaritilä [16] muistuttaa toimintatavaltaan tavallista pakoputken äänenvaimenninta, sovellettuna avoimeen pintaan. Se olisi ehkä myöskin tutkimisen arvoinen. Toiminta-aika rajoittuisi luonnollisista syistä kesään. Käytettävissä ei ole kuitenkaan tietoja siitä, että se olisi käytännössä tehokkaampi kuin tavallinen pehmeä (ja esimerkiksi ojitettu) maaperä.

5 Laskentamallin käyttö ennusteissa

Leviämisen arviointiin on laadittu yksinkertaisia laskentamalleja, jotka toimivat yleensä riittävän tarkasti. Poikkeuksena on säätila. Sitä ei voida ottaa malleissa huomioon, vaan on tyydyttävä keskimääräiseen tilanteeseen.

5.1 Tieliikennemelun laskentamalli

Yhteispohjoismainen tieliikennemelun laskentamalli [17] on vakiintunut yksinomaiseen käyttöön kaikissa Pohjoismaissa. Malli on osoittautunut useissa seurantatutkimuksissa (ekvivalenttitason osalta) varsin tarkaksi ja luotettavaksi [3,18].

Malli jakaantuu viiteen vaiheeseen, joiden sisältö on seuraava:

- 1) *lähtöarvo, liikennevirran ominaisuudet*
- 2) *geometrinen tekijöiden korjaukset*
- 3) *maa- ja estevaimennukset*
- 4) *rakennusten ulkokuoren äänieristys*
- 5) *useita lisäkorjauksia*

Viimeisessä vaiheessa on muita tekijöitä, joiden vaikutuksia nimitetään lisäkorjauksiksi. Mukana on mm. ajoradan pituuskaltevuus.

5.1.1 Liikennetekijät (lähtöarvo)

Ensimmäisenä vaiheena lasketaan ns. lähtöarvo, joka on ekvivalentti äänitaso 10 m etäisyydellä tiestä. Siihen sisältyvät liikennevirran ominaisuuksia vastaavat korjaukset. Lähtöarvo on peräisin 70-luvun alun pohjoismaisen autokannan melupäästöstä. Tarkistusmittaukset ovat osoittaneet, että tilanne ei ole myöhemmin olennaisesti muuttunut. Valtatieverkon ennusteissa ei liene mahdollista olettaa, että päästöjen lähtöarvo kääntyisi lähivuosina laskuun ilman erillisiä, uusia ja tuntuvia ympäristöpoliittisia päätöksiä ja toimenpiteitä.

5.1.2 Ympäristötekijät (korjaukset)

Mallin toisena vaiheena on geometrinen leviäminen, joka riippuu etäisyydestä ja esteinä toimivien rakenteiden mahdollisesti kaventamasta näkökulmasta. Mallissa käytetään edellä kuvattuja etäisyys- ja näkökulmariippuvuuksia.

Maaston kuvaamisessa ns. heijastustason asettaminen on avainkohta, joka usein vaikuttaa suuresti lopputulokseen. Vaikutus välittyy lähteen ja tarkastelupisteen tehollisten korkeuksien kautta. Nämä eivät yleensä ole samoja kuin korkeudet maanpinnasta.

Mallin maavaimennus on empiirisesti mitoitettu edustamaan pitkän ajan keskimääräistä tulosta. Säätilan aiheuttama ääniaallon alaspäin kaartuminen voi vähentää maavaimennusta. Haitta on kuitenkin vain hetkellinen.

Estevaimennus ei sen sijaan ole keskimääräinen vaan neutraalissa säässä toteutuva. Suuremmilla etäisyyksillä tähän voi olla syytä varautua jättämällä mitoitukseen kohtuullinen marginaali.

5.2 KEHAR-ohjelma

Laajojen alueiden meluselvitys koko laskentamallilla ei yleensä ole mahdollista, koska maastotietoja ei ole käytettävissä. Tapana on soveltaa laskentamallia supistetussa muodossa; maaston oletetaan olevan tasainen ja avoin sekä tien pengerkorkeuden vakio.

Tässä selvityksessä oli käytettävissä tiehallituksen päätieverkon KEHittämishankkeiden ARviointiin tarkoitettu KEHAR-tietokoneohjelma (versio 2.0). Siinä käytetään tieliikennemelun laskentamallia kuvatulla, yksinkertaistetulla tavalla. Ohjelma antaa päiväajan (klo 7 - 22) melulle kaksi tunnuslukua, äänitason tien vieressä ja 55 dB:n melualueen etäisyyden tiestä.

Tienvieriarvo on lähellä laskentamallin lähtöarvoa 10 m etäisyydellä, mutta harmillisesti ei aivan sama: etäisyytenä on KEHARissa 8 m, mikä voi aiheuttaa virhetulkintoja. Melualueen laajuus -sarakkeessa käytetyt oletukset ovat seuraavat:

- *90 % liikenteestä päivällä (klo 7 - 22)*
- *maa tasainen, avoin, pehmeä*
- *tie suora, esteittä näkyvissä*
- *penkereen korkeus heijastustasosta 1,5 m*

Oletuksista muut lienevät sopivia suurten kokonaisuuksien likimääräisiin keskimääräisen melun tarkasteluihin, mutta penkereen korkeus vaikuttaa suurelta. Suurilla etäisyyksillä näkökulma on käytännössä aina pienempi kuin 180°, mutta ilmiön vaikutuksista ei ole käytettävissä mitään arviota. Periaatteessa tämä KEHARin valinta aliarvioi melualueen laajuuden kauempana tiestä.

6 Valtatieverkon meluvyöhykkeiden arviointi

6.1 Laskentamenetelmä ja aineisto

6.1.1 Hankkeiden ryhmittely

Koko kehittämissuunnitelman käsittämän valtatieverkon tiehankkeet saatiin KEHAR-ohjelman hanketietokantana käytettäväksi tässä meluselvityksessä. Hankkeet oli jaettu kahteen pääryhmään

- 1) moottoriväylähankkeet
- 2) muut hankkeet

Moottoriväylähankkeisiin sisältyivät seuraavat toimenpideryhmät

- moottoritien rakentaminen
- moottoriliikennetien täydentäminen moottoritieksi
- moottoriliikennetien rakentaminen
- valmiit moottoritiet (ei toimenpidetarvetta)

Muut meluselvitykseen mukaan otetut hankkeet jakautuivat seuraavasti

- uusi valtatieyhteys
- tien järeä parantaminen
- tien vähäinen parantaminen
- tiejärjestelyt taajamassa
- valtatie, joilla ei toimenpidetarvetta

Tien järeän parantamisen ryhmään kuuluvat kaksikaistaisen tien rakentaminen nelikaistaiseksi ja tien suuntauksen parantaminen. Tiejärjestelyt taajamassa sisältävät ohikulkuteiden rakentamista ja taajaman sisäisiä järjestelyjä liikennemäärän muutoksineen.

Tämän raportin laskennassa mukana ollut hankejoukko vastasi valtatieverkon kehittämissuunnitelman tilannetta 1.1.1991. Kevään 1991 kuluessa tehtyjen muutosten ja täydennysten merkitys laskennan tuloksille olisi hyvin vähäinen.

Pienten uudelleenryhmittelyjen jälkeen (valmiit moottoritiet siirrettiin moottoriväyliin pääryhmään) olivat toimenpideryhmien koot taulukon 4 mukaisia. Koko lasketun verkon pituus oli 7 185 km.

Taulukko 4. Laskennassa mukana olleet toimenpideryhmät.

| | pituus, km |
|-----------------------------------|--------------|
| Moottoriväylähankkeet | |
| moottoritien rakentaminen | 424 |
| täydentäminen moottoritieksi | 206 |
| moottoriliikennetien rakentaminen | 298 |
| valmiit (ei toimenpiteitä) | 256 |
| yhteensä | 1 184 |
| Muut hankkeet | |
| uusi tieyhteys | 79 |
| järeä parantaminen | 1 382 |
| vähäinen parantaminen | 2 927 |
| järjestelyt taajamassa | 364 |
| valmiit (ei toimenpiteitä) | 1 249 |
| yhteensä | 6 001 |

6.1.2 KEHARin melutiedot ja niiden käsittely

KEHAR-ohjelman sisältämät ja laskemat, melun kannalta olennaiset tiedot kerättiin kaikista hankkeista yhteen ja jatkokäsiteltiin taulukkolaskentaohjelmalla. Kootut hankekohtaiset tiedot olivat:

- pituus [m]
- liikennemäärä [ajoneuvoa/d]
- raskaiden ajoneuvojen osuus [%]
- liikenteen ennustettu kasvu vuosille 2000 ja 2010 [%]
- nopeusrajoitus [km/h]
- äänitaso tien vieressä [dB]
- 55 dB meluvyöhykkeen leveys [m]

Peruslaskentavuotena käytettiin kaikille hankkeille vuotta 2010. Kaikki tämän selvityksen tulokset koskevat vuotta 2010, ellei erikseen ole toisin mainittu.

KEHAR tuottaa vertailtavaksi hankkeen tyyppistä riippuen kaksi tai kolme tietojoukkoa, joita kutsutaan tunnuksilla 'nyky' ja 'uusi' tai 'nyky', 'uusi' ja 'vanha'. Samoja tunnuksia on käytetty tässä raportissa. Niiden merkitys on selostettu taulukossa 5.

Taulukko 5. KEHARin laskemat hankkeiden vaikutustiedot.

| tunnus | tapaus | selitys |
|--------------|-------------------------|--|
| <i>nyky</i> | nykyinen tie | nykyisen tien tilanne laskentavuonna , jos mitään rakentamistai parantamistoimenpiteitä <i>ei tehdä</i> |
| <i>uusi</i> | uusi tai parannettu tie | tilanne joko uudella, rakennetulla tiellä tai nykyisellä parannetulla tiellä, jos toimenpiteet <i>tehdään</i> |
| <i>vanha</i> | nykyinen tie | tilanne nykyisellä tiellä, jos sen rinnalle rakennetaan uusi tie |

Kaksi tulosta, 'nyky' ja 'uusi' saadaan siis hankkeille, joita on suunniteltu parannettavaksi, ja kaikki kolme tulosta, jos nykyisen tien rinnalle on suunniteltu rakennettavaksi uusi tie. Kaikki tiedot koskevat laskentavuotta 2010.

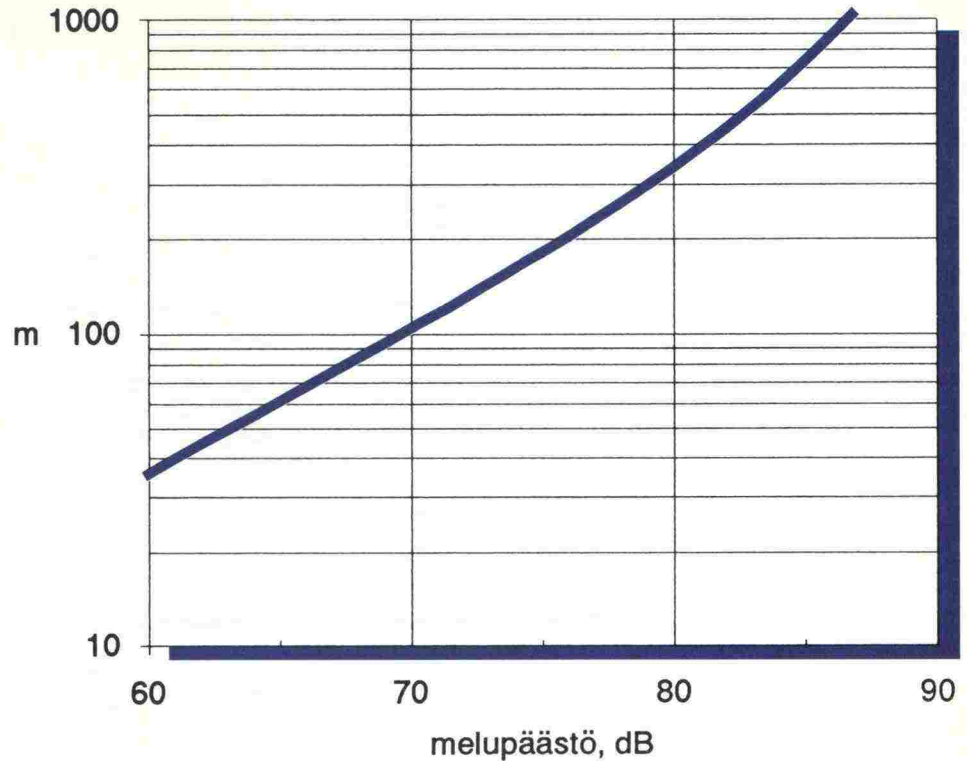
KEHARin tuottamista tiedoista laskettiin kullekin hankkeelle *meluvyöhykkeen pinta-ala* [km²], kertomalla 55 dB meluvyöhykkeen (kaksinkertainen) leveys tiehankkeen pituudella. Tätä suuretta käytettiin ensisijaisena parametrina kuvaamaan kehittämishankkeen vaikutusta meluun. Melun merkittävyys riippuu luonnollisesti viime kädessä siitä, kuinka paljon ihmisiä on meluvyöhykkeillä.

6.2 Hankkeiden meluvyöhykkeet

KEHAR-laskelman tuloksena saadut meluvyöhykkeiden leveydet riippuivat pelkästään edellä kuvatuista liikennemelun päästöjen kahdesta päätekijästä, liikennemäärästä ja nopeudesta, ja niiden muutoksista. Mitkään muut tekijät tai erot eri hankeryhmien välillä eivät vaikuta tuloksiin.

Liikennemäärän vaikutus melupäästöön nähdään kuvasta 4 ja nopeuden kuvasta 5. KEHAR-ohjelmassa käytetyillä oletuksilla meluvyöhykkeen leveys riippuu yksinomaan melupäästöstä yhteispohjoismaisen laskentamallin kuvaamalla tavalla. Perusrippuvuutta esittää kuva 13, ja kun kuvat 4, 5 ja 13 yhdistetään, saadaan kuvan 14 käyräparvi.

Edellä kuvatut riippuvuudet merkitsevät seuraavia tuloksia ja muutoksia melualueiden leveyksille ja pinta-aloille eri tapauksissa:

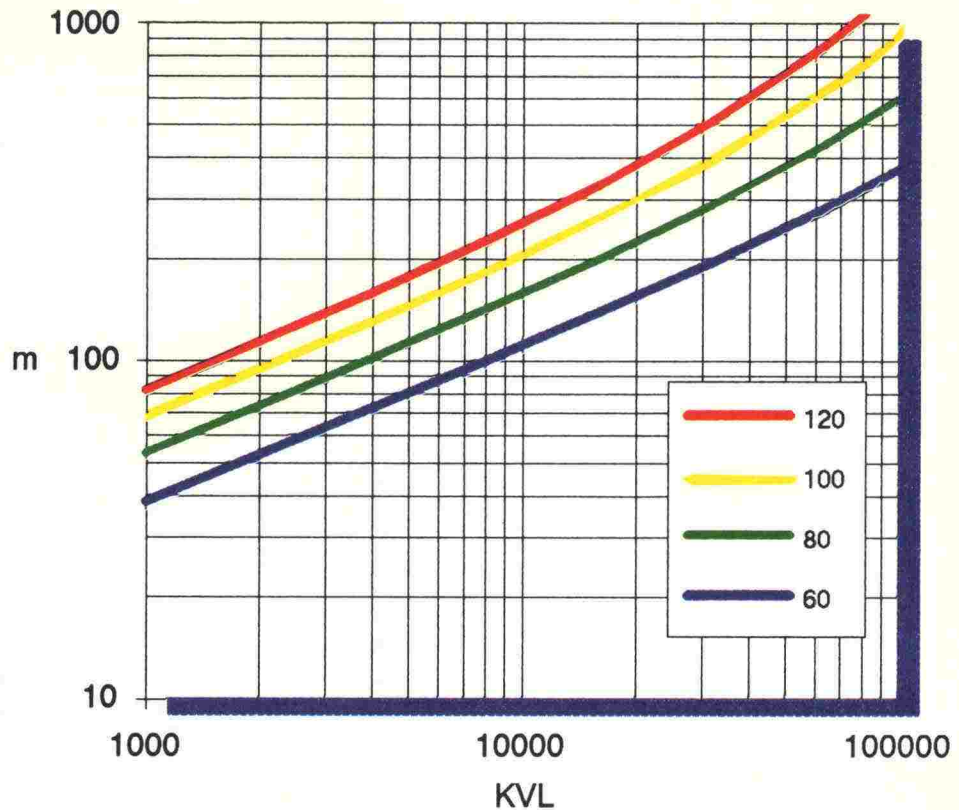


Kuva 13. Meluvyöhykkeen leveyden [m] riippuvuus melupäästöstä (äänitaso [dB] 10 m etäisyydellä tien keskiviivasta) KEHARin käyttämillä oletuksilla.

- Tiejaksoilla, joilla ei ole toimenpidetarvetta, saadaan vain yksi tulos, joka riippuu suoraan nopeudesta ja liikennemäärästä.
- Hankkeissa, joissa uutta tietä ei rakenneta, mutta nykyistä tietä parannetaan, saadaan kaksi tulosta, 'nyky' ja 'uusi', jos tien nopeusrajoitus muuttuu parantamisen seurauksena.
- Uuden tien rakentamishankkeissa saadaan kolme eri tulosta: 'nyky', 'uusi' ja 'vanha'.

Tapauksissa c) on uuden tien melualue lähes poikkeuksetta suurempi kuin nykyisen tien ilman rakentamista. Kaikissa tapauksissa oletetaan, että pääosa liikenteestä siirtyy uudelle tielle ja että sillä on myös suurempi nopeusrajoitus kuin nykyisellä tiellä. Vaikka liikennemäärä uudella tiellä jäisikin pienemmäksi kuin nykyisellä (lähinnä ohikulkutiet), on kasvavan nopeuden ja liikenteen koostumuksen (raskaat ajoneuvot siirtyvät) vaikutus syntyvään meluun määräävämpi, ja melupäästö ja -vyöhyke useimmiten kasvavat. Nykyisellä, rinnalle jäävällä tiellä liikennemäärä yleensä pienenee tuntuvasti, jolloin sen meluvyöhyke myös kaventuu selvästi. Tapauksia b) ja c) havainnollistavat kuvan 15 esimerkit.

Kaikkien hankkeiden joukossa meluisinta kärkeä edustavat vanhat moottoritiet suurimpien liikennemäärien vuoksi. Myös uudet moottoritiet sijoittuvat kärki-



Kuva 14. Meluvyöhykkeen leveyden [m] riippuvuus keskivuorokausiliikenteestä (KVL) ja nopeudesta [km/h] KEHARin käyttämällä oletuksilla.

päähän 120 km/h nopeusrajoituksen takia, mutta pienempien liikennemäärien vuoksi ne erottuvat selvästi vanhoista moottoriteistä.

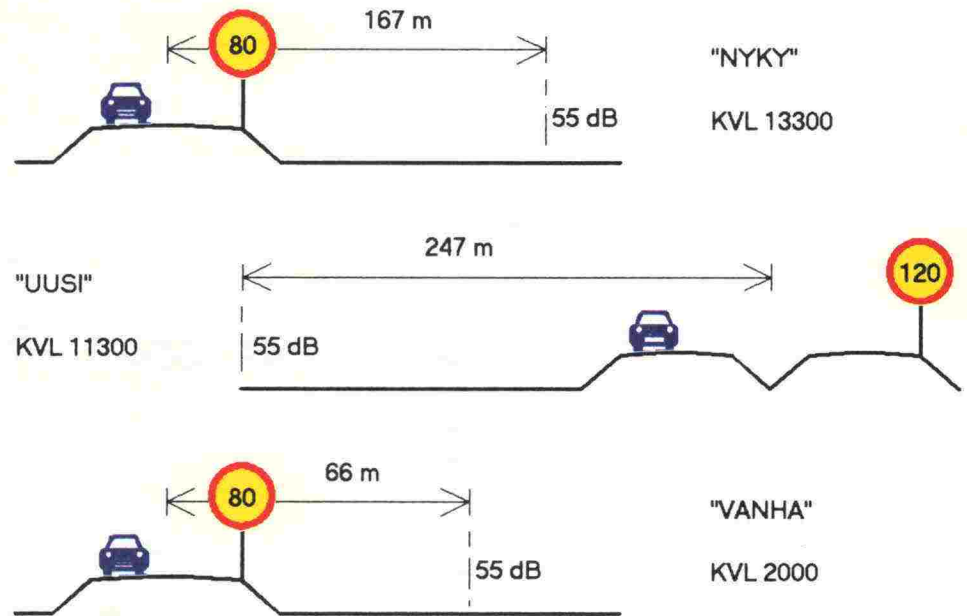
6.3 Koko verkon meluvyöhykkeiden laajuus

Selvityksen ensimmäinen päätulos, hankeryhmien yhteenlasketut meluvyöhykkeiden pinta-alat vuonna 2010, on esitetty kuvissa 16 ja 17 ja taulukossa 6. Nämä tulokset ovat siis raakoja meluvyöhykkeitä, joissa ei ole otettu huomioon mahdollisia torjuntatoimenpiteitä.

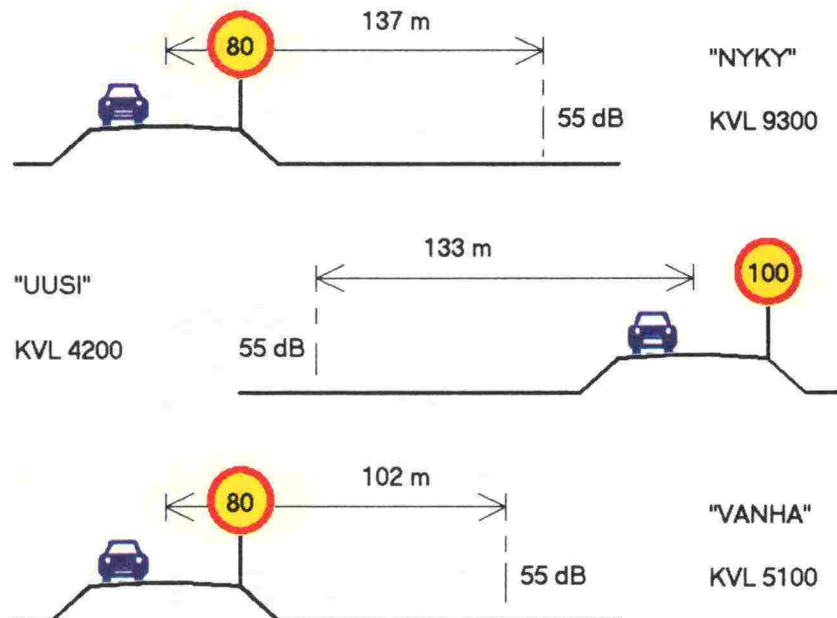
Yhdistetty, raaka kokonaistulos koko valtatieverkolle laskentavuonna muodostuu siten seuraavan jaotelman mukaiseksi. Vuonna 2010 on koko verkon meluvyöhykkeen pinta-ala eri vaihtoehdoissa:

| | meluvyöhyke, km ² |
|-------|------------------------------|
| nyky | 1 671 |
| uusi | 1 775 |
| vanha | 159 |

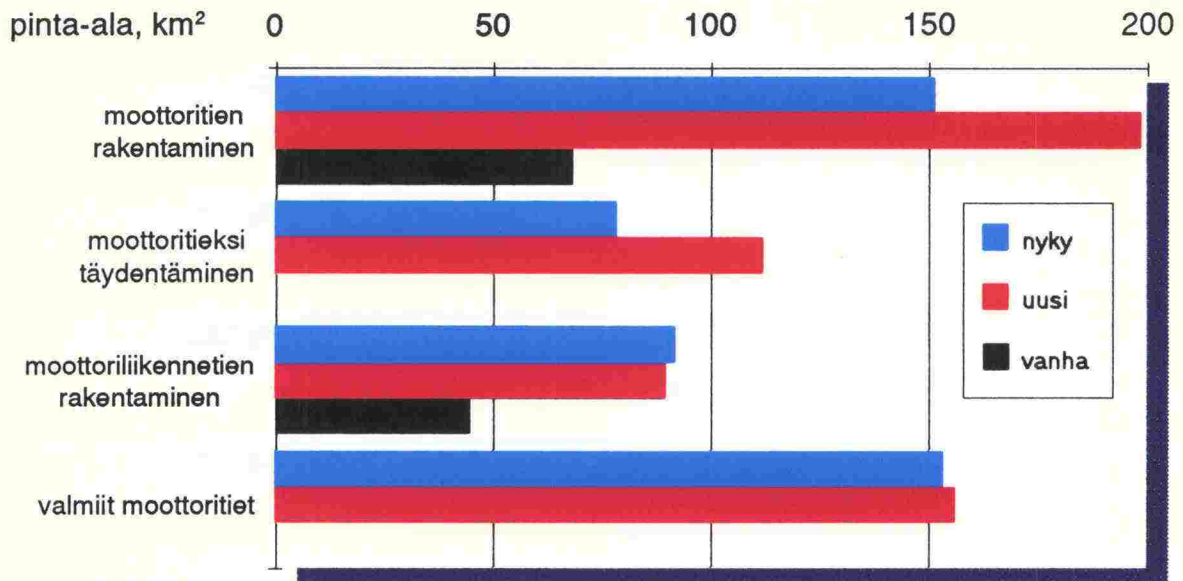
Esimerkki 1: moottoritien rakentaminen



Esimerkki 2: taajaman ohikulkutien rakentaminen



Kuva 15. Esimerkkejä uuden tien rakentamisen vaikutuksesta meluvyöhykkeiden leveyteen.

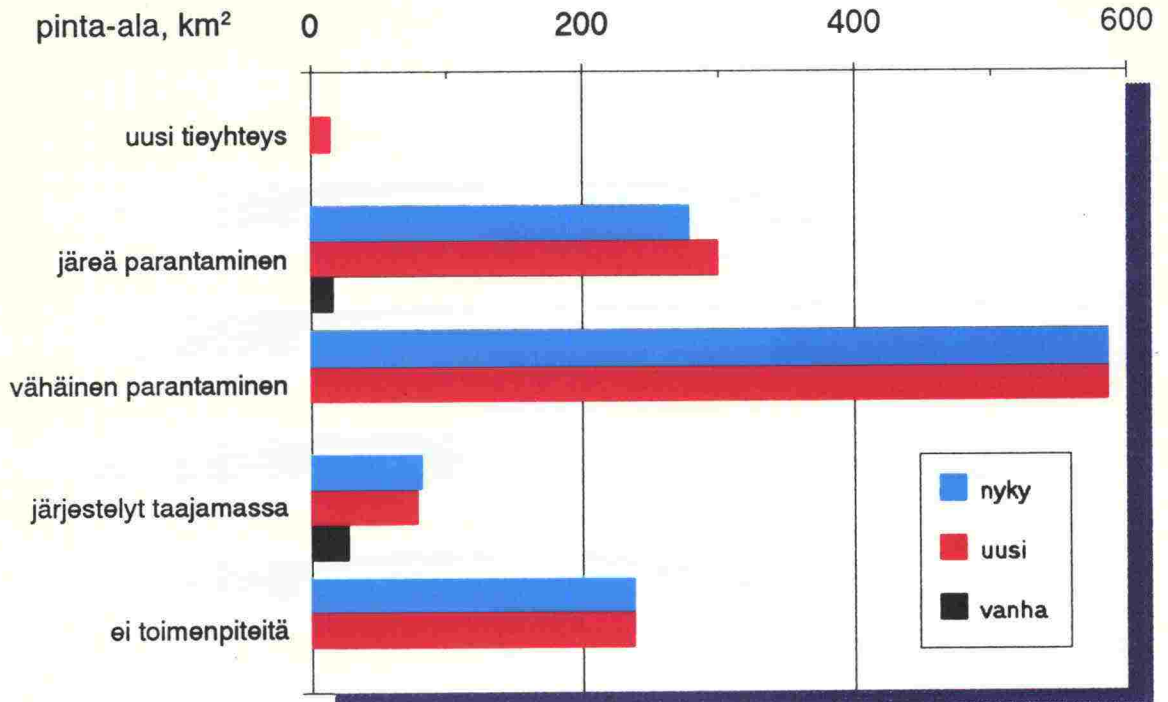


Kuva 16. Moottoriväylien meluvyöhykkeen pinta-alat [km²] eri toimenpideryhmissä vuonna 2010.

Jos mitään ei tehtäisi eikä melua torjuttaisi, olisi meluvyöhyke 1 671 km² suuruinen, ja jos kaikki kehittämistoimenpiteet toteutetaan, mutta melua ei torjuta, on yhteenlaskettu meluvyöhyke 1 934 km² kokoinen. Koko verkko-suunnitelman toteuttaminen kasvattaisi meluvyöhykettä ilman meluntorjunta-

Taulukko 6. Meluvyöhykkeiden pinta-alat [km²] toimenpideryhmittäin vuonna 2010.

| | nyky | uusi | vanha |
|-----------------------------------|------|------|-------|
| Moottoriväylät | | | |
| moottoritien rakentaminen | 151 | 199 | 68 |
| täydentäminen moottoritieksi | 78 | 112 | |
| moottoriliikennetien rakentaminen | 92 | 90 | 45 |
| yhteensä | 321 | 401 | 113 |
| Muut valtatiet | | | |
| uusi tieyhteys | | 15 | |
| järeä parantaminen | 279 | 300 | 17 |
| vähäinen parantaminen | 587 | 587 | |
| järjestelyt taajamassa | 82 | 79 | 28 |
| yhteensä | 948 | 981 | 45 |



Kuva 17. Muiden valtioiden meluvyöhykkeen pinta-ala [km²] eri toimenpideryhmissä vuonna 2010.

toimenpiteitä 16 % siihen tilanteeseen verrattuna, että mitään ei tehdä. Kasvun selittää suuremmat ajonopeudet parannetulla ja laajemmalla verkolla.

Ennustettu liikenteen kasvu ilman mitään muita toimenpiteitä jo sinänsä lisää melua tuntuvasti vuoteen 2010 mennessä. Liikenteen kasvu ja vastaava meluvyöhykkeen koko nykyverkolla on koottu taulukkoon 7. Meluvyöhykkeen laajuus kasvaa liikenteen ennustetun kasvun takia vuoteen 2010 mennessä 24 %. Taulukon yhteys osoittaa, että meluvyöhyke kasvaa hitaammin kuin liikenne, likimain verrannollisena liikennemäärän kasvun neliöjuureen.

Taulukossa 8 on esitetty toimenpideryhmien keskimääräiset meluvyöhykkeiden leveydet, jotka on laskettu jakamalla pinta-ala toimenpideryhmien

Taulukko 7. Valtatieverkon liikenteen kasvun aiheuttama 55 dB:n meluvyöhykkeen pinta-alan laajentuminen vuosina 1988 – 2010.

| vuosi | liikenteen kasvu, % | meluvyöhyke, km ² |
|-------|---------------------|------------------------------|
| 1988 | — | 1 352 |
| 2000 | 48 | 1 603 |
| 2010 | 60 | 1 671 |

Taulukko 8. Eri toimenpideryhmien keskimääräiset meluvyöhykkeen leveydet [m] yhdellä puolella tietä vuonna 2010.

| | nyky | uusi | vanha |
|-----------------------------------|------------|------------|-----------|
| Moottoriväylähankkeet | | | |
| moottoritien rakentaminen | 181 | 234 | 85 |
| täydentäminen moottoritieksi | 189 | 272 | |
| moottoriliikennetien rakentaminen | 150 | 151 | 74 |
| keskimäärin | 173 | 216 | 81 |
| Muut hankkeet | | | |
| uusi tieyhteys | | 97 | |
| järeä parantaminen | 100 | 109 | 59 |
| vähäinen parantaminen | 100 | 100 | |
| järjestelyt taajamassa | 110 | 108 | 72 |
| keskimäärin | 100 | 103 | 68 |

yhteispituuksilla. Liikennemäärän ja nopeuden erot jakavat moottoritiet ja muut valtatie selkeästi omiksi ryhmikseen. Moottoriteillä on yksipuolinen meluvyöhyke keskimäärin yli 200 m leveä ja kaksipuolinen yli 400 m. Muilla teillä leveys on keskimäärin alle puolet tästä. Moottoriliikennetiet jäävät näiden väliin noin 150 m (300 m) levyisellä meluvyöhykkeellä.

7 Arvion tarkistaminen ja täydentäminen

7.1 Meluvyöhykkeiden asukasmäärien arviointi

Meluhaittojen esiintyminen ei seuraa suoraviivaisesti meluvyöhykkeiden sijaintia maastossa, vaan niitä esiintyy siellä, missä on asutusta tai muuta ihmisen toimintaa. Meluselvitys, jonka tuloksena saadaan vain meluvyöhykkeiden pinta-alat, on vajavainen, jos ei voida myös antaa vyöhykkeiden asukasmääristä jonkinlaista arviota tai luonnehtia muuten haittojen esiintymistä ja määrää. Koko maan valtatieverkon laajuudessa selvityksessä asukasmäärien selvittäminen on kuitenkin varsin ongelmallista.

7.1.1 Keskimääräinen asukastiheys

Meluvyöhykkeiden asukasmäärien arviointia on lähestytty aiemmin otantamenetelmällä, tutkimalla pieni osajoukko tarkemmin ja yleistämällä näin saatu tulos. Tällä tavalla liikenneministeriö laski vuonna 1988 koko tieverkon meluvyöhykkeen asukkaat (kuva 2) [4]. Tarkemman osaselvityksen perusteella taajamien ulkopuolisten meluvyöhykkeiden asukastiheyksinä käytettiin kuntien keskimääräistä asukastiheyttä sellaisenaan.

Keskimääräiseen asukastiheyteen perustuvan arvion luotettavuutta on pidetty kyseenalaisena. Siitä huolimatta samanlainen arvio on laskettu tässäkin selvityksessä, tosin varauksellisesti ja ensisijaisena tarkoituksena vain verrata nyt saatavaa tulosta vuoden 1988 arvioon.

On kuitenkin huomattava, että valtatieverkko kulkee yli 300:n kunnan alueella. Voitaisiin olettaa, että näin suuressa tilastollisessa aineistossa satunnaisvirheiden vaikutus kutistuu vähäiseksi ja epävarmuustekijäksi jäisivät mahdolliset systemaattiset virheet.

7.1.2 Tarkemman arvion mahdollisuudet

Tarkempi arvio melualueiden asukasmäärille voisi olla mahdollinen kahdella tavalla:

- 1) tarkka melualueiden laskenta täydellä laskentamallilla maasto- ja asukastietoineen rajatulla alueella ja tuloksen yleistäminen
- 2) koko verkon digitointi saavutettavissa olevalla tarkkuudella ja vertaaminen olemassa olevaan asuinpaikkatietokantaan

Ensimmäisen tavan mukainen tarkistuslaskenta tehtiin tässä selvityksessä. Käytettävissä oli tuoreen Pääkaupunkiseudun yleisten teiden meluntorjuntaselvityksen [19] koko aineisto, josta voitiin tehdä jatkokäsittely tämän selvityksen tarpeisiin.

Ainekset toisen tavan toteuttamiseen ovat myös olemassa. Tilastokeskuksella on tietokanta Suomen asukkaiden asuinpaikoista koordinaatistossa, jonka ruutujen koko on 1 km². Valtatieverkon kehittämissuunnitelman uudet tiehankkeet on hahmoteltu kartoille mittakaavassa 1:200 000. Ne olisivat digitoitavissa n. ± 500 m erottelutarkkuudella, mutta tielinjojen merkintä kartoille ei ole mahdollista tällä tarkkuudella mm. suunnittelutilanteen takia. Olemassa olevista teistä on saatavissa koordinaattitiedot ainakin murtoviivaesityksenä.

Näin saatavaa asukasmäärien arviota ei ehkä voida vielä pitää riittävän tiheään resoluutioon perustuvana, mutta se olisi kuitenkin yhtä kertaluokkaa tarkempi kuin kuntien keskimääräisiin asukastiheyksiin perustuva arvio. Viimemainitussa tapauksessa resoluutio on kymmenen kilometrin suuruusluokkaa.

Jälkimmäisen arviointimenetelmän soveltaminen tämän selvityksen puitteissa ei kuitenkaan ollut toteutettavissa. Lähitulevaisuudessa laajojen alueiden liikennemeluselvitysten teko tällä menetelmällä ja kuvattua tarkemmallaakin resoluutiolla on ilmeisesti mahdollista.

7.2 Pääkaupunkiseudun yleisten teiden meluselvitys

7.2.1 Selvityksen aineisto

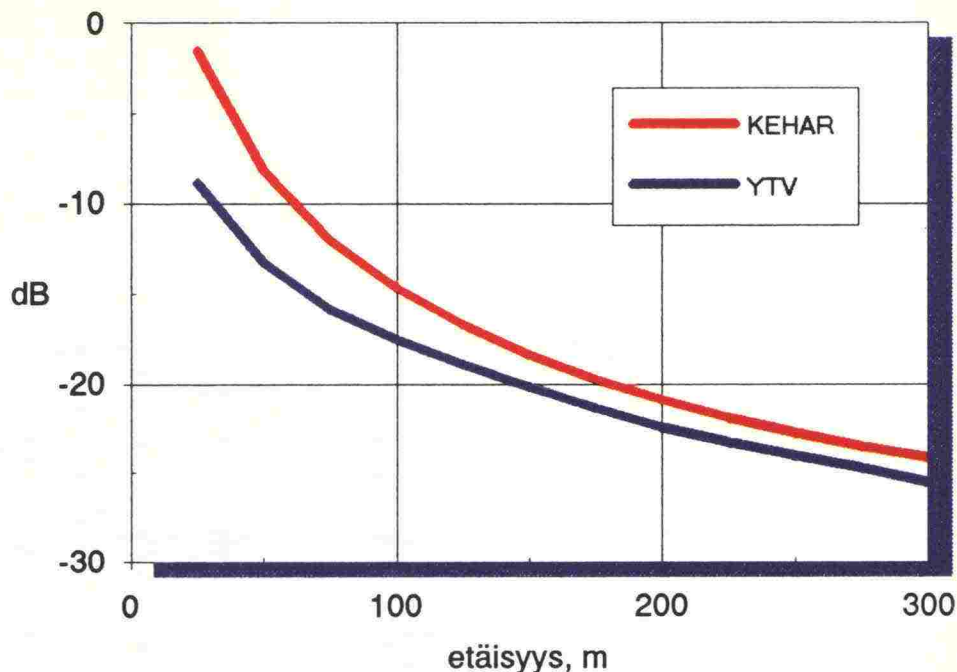
Vuonna 1990 valmistuneen Pääkaupunkiseudun yleisten teiden meluselvityksen [19] aineisto tarjosi mahdollisuuden laskea tarkasti meluvyöhykkeiden leveydet ja pinta-alat. Varsinainen laskenta-aineisto koostui 34:stä kohteesta, joiden yhteispituus oli 76,2 km. Kohteista oli tiedossa tarkat tie- ja liikennetiedot, maastotiedot sekä meluvyöhyke- ja asukastiedot:

- maasto oli digitoitu perus- ja virastokarttojen korkeuskäyristä
- asukasmäärät tunnettiin rakennuskohtaisesti paikkatietoina

Vertailulla saatiin korjauskertoimet

- KEHARin antamalle etäisyysvaimennukselle
- kuntien keskitiheyksistä saataville asukasmäärille

Lisäksi aineiston avulla voitiin laskea simuloitujen esteiden vaikutus meluvyöhykkeiden leveyteen olennaisesti tarkemmin, kuin käyttämällä laskentamallia karkeasti ilman maastotietoja. Näin tämän selvityksen käyttöön saatiin tieto estevaimennuksesta suuressa hankejoukossa keskimäärin, todellisessa keskimääräisessä eteläsuomalaisessa maastossa.



Kuva 18. Pääkaupunkiseudun meluselvityksen aineiston perusteella (YTV) ja KEHARin oletuksien laskettu keskimääräinen pehmeän maaston etäisyysvaimennus [dB], verrattuna äänitasoon 10 m etäisyydellä tiestä.

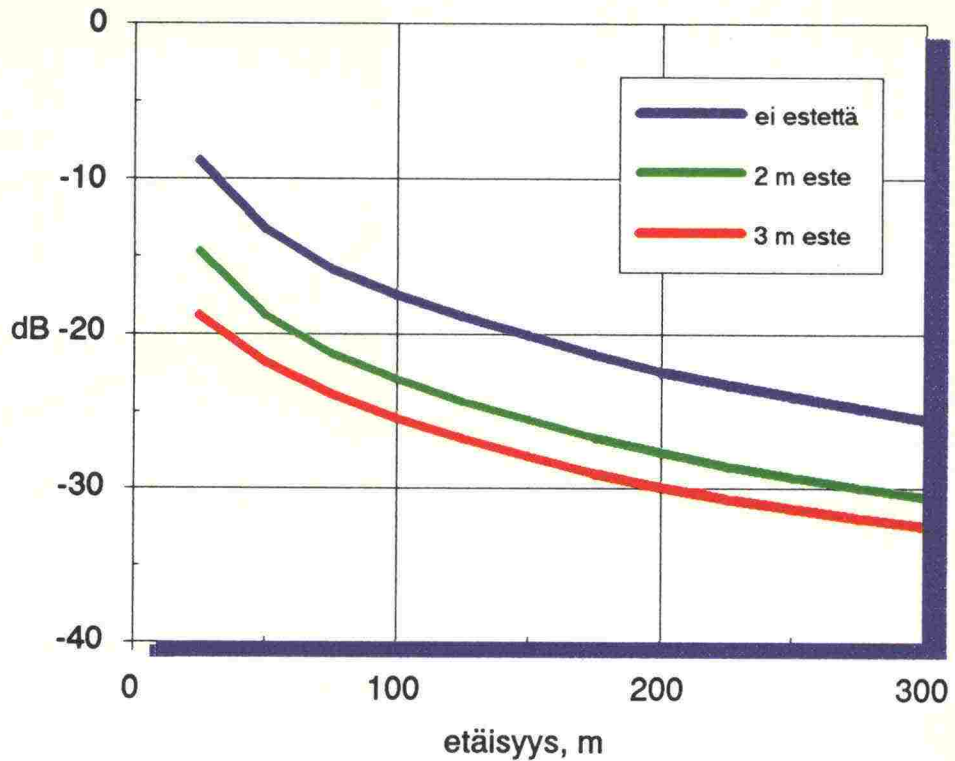
7.2.2 Etäisyys- ja estevaimennus

Etäisyys- ja estevaimennuksen tarkistuslaskennassa käytettiin tieliikennemelun laskentamallia sen täydessä laajuudessa. Peruslaskenta tuotti normaalit äänitasot ilman esteitä. Tämän lisäksi laskennat toistettiin sijoittamalla teiden varsille 2 ja 3 m korkeat esteet 10 m etäisyydelle tiestä.

Laskenta tuotti n. 120 000 äänitason arvoa laskentapisteissä, joita oli 25 m välein 300 m etäisyydelle asti tiestä. Tuloksena saatiin kuvien 18 ja 19 riippuvuudet maaston etäisyysvaimennukselle ja simuloitujen esteiden estevaimennukselle.

Etäisyysvaimennuksen tulos osoitti, että KEHARin oletukset yliarvioivat melun leviämistä eli aliarvioivat keskimääräisen maavaimennuksen suuruuden. Kokeilemalla havaittiin, että valitsemalla tien pengerkorkeudeksi 1 m, KEHARissa käytetyn 1,5 m asemasta, saatiin lähes identtinen etäisyysriippuvuus laskennan tuottaman tuloksen kanssa.

Meluvyöhykkeiden leveyksille KEHARin arvio oli keskimäärin 13 % todellista suurempi eli todellinen leveys oli 87 % KEHARin antamasta arvosta. Ennakko-odotus siitä, että mahdollinen yliarviointi voisi suuremmilla etäisyyksillä johtua supistuvasta näkökulmasta, ei sen sijaan saanut tukea. 1 m pengerkorkeuden valinta ilman oletusta kaventuvasta näkökulmasta tuotti parhaan sovituksen laskettuihin tuloksiin.



Kuva 19. Pääkaupunkiseudun meluselvityksen aineiston perusteella laskettu keskimääräinen pehmeän maaston etäisyysvaimennus [dB] ilman estettä sekä kun 2 m ja 3 m korkea este on 10 m etäisyydellä tien reunasta, verrattuna äänitasoon 10 m etäisyydellä tiestä.

Todellisen maaston vaikutus vyöhykkeiden leveyksiin osoittautui varsin voimakkaaksi; vaihtelut aineiston sisällä olivat suuria. Esimerkiksi 100 m etäisyydellä oli vaimennuksen hajonta 4 dB luokkaa eli 95 % varmuusväli olisi normaalijakautumalla jo ± 8 dB tällä etäisyydellä. Vyöhykkeen leveyksissä tämä merkitsi n. -70...+300% vaihteluita.

7.2.3 Asukasmääräarvion tarkistaminen

Pääkaupunkiseudun kohteille laskettiin asukasmäärä kunnan keskiasukastiheys -menetelmällä ja tulosta verrattiin todelliseen asukasmäärään "todellisilla", laskentamallin tuottamilla tarkoilla meluvyöhykkeillä.

Yhteistulokset koko aineistosta olivat:

- tarkka meluvyöhykelaskenta ja täsmälliset asukastiedot tuottivat asukasmääräksi 62 285 henkeä
- KEHARin oletuksilla saatiin kohteiden yhteiseksi pinta-alaksi 32,9 km² ja kuntien asukastiheyksistä meluvyöhykkeen asukasmääräksi 51 782 henkeä

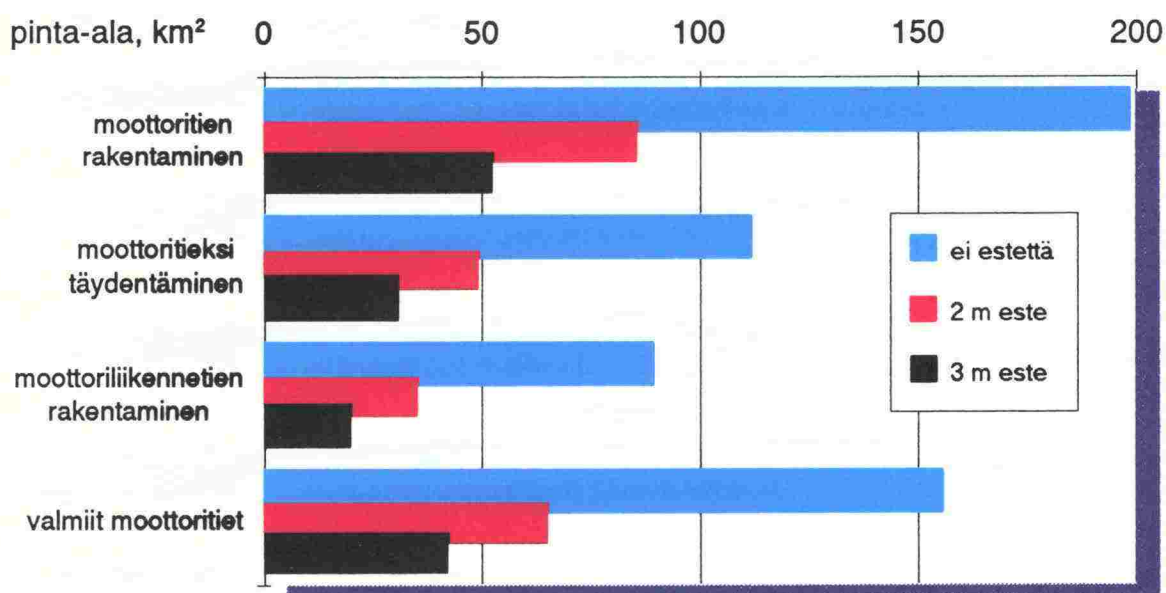
KEHARin ja keskitiheyksien avulla saatiin siis arvio, joka oli **83 %** "todellisesta", eli karkea menetelmä aliarvioi asukasmäärän vain 17 prosentilla. Tämä tulos oli varauksellisiin ennako-odotuksiin verrattuna yllättävän hyvä, ja se rohkaisi soveltamaan keskitiheyksimenetelmää koko valtatieverkkoon.

On huomattava, että selvityksen kohteet oli seulottu siten, että niiden arvioitiin olevan melun kannalta keskimääräistä pahempia. Keskitiheydestä suoraan saatavaa asukasmääräarviota voitaisiin pitää eräänlaisena alarajaestimaattina suuren aineiston asukasmäärille. Vastaavaksi ylärajaestimaatiksi voitaisiin nimetä mainitun virheen suuruusella kertoimella korjattu keskitiheystulos. Se saataisiin siten raakatuloksesta korjaustermillä **1,2**. Tällöin ala- ja ylärajan välinen haarukka olisi leveydeltään 20 % alarajasta. Tämän selvityksen laskelmissa saadut alustavat asukasmäärätulokset kerrottiin lopuksi tällä korjaustermillä. Näin saatuja lukuja tulee pitää luonteeltaan yläraja-arvoina.

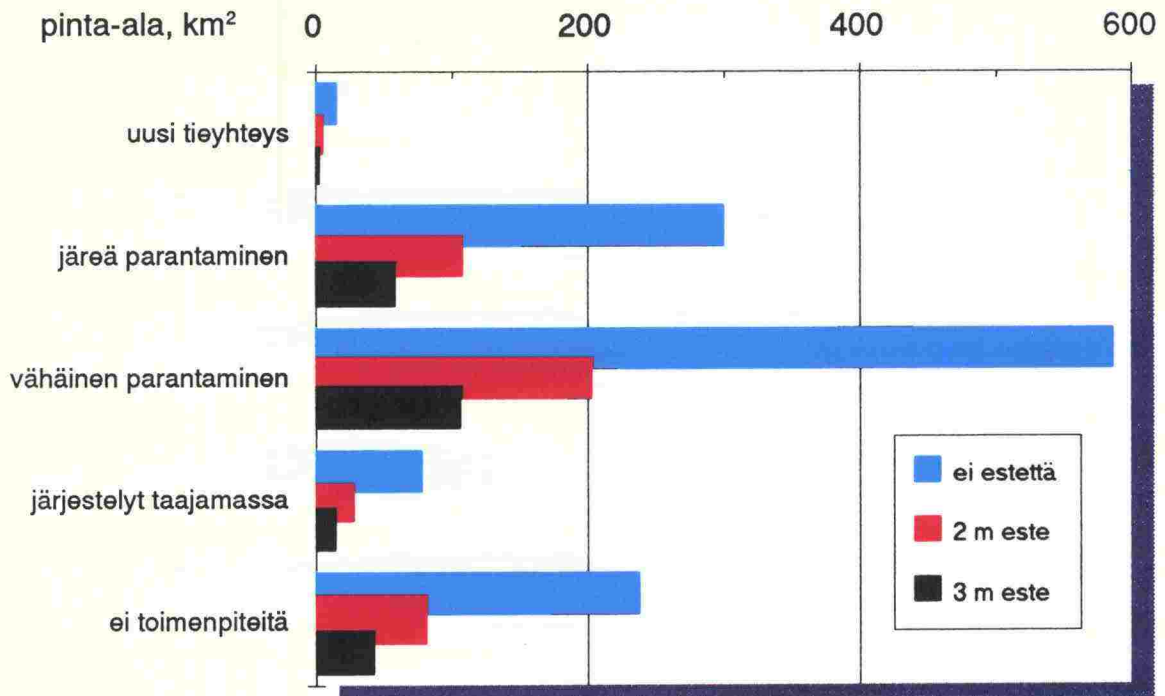
7.3 Valtatieverkon meluarvion täydennys

7.3.1 Esteiden vaikutus meluvyöhykkeisiin

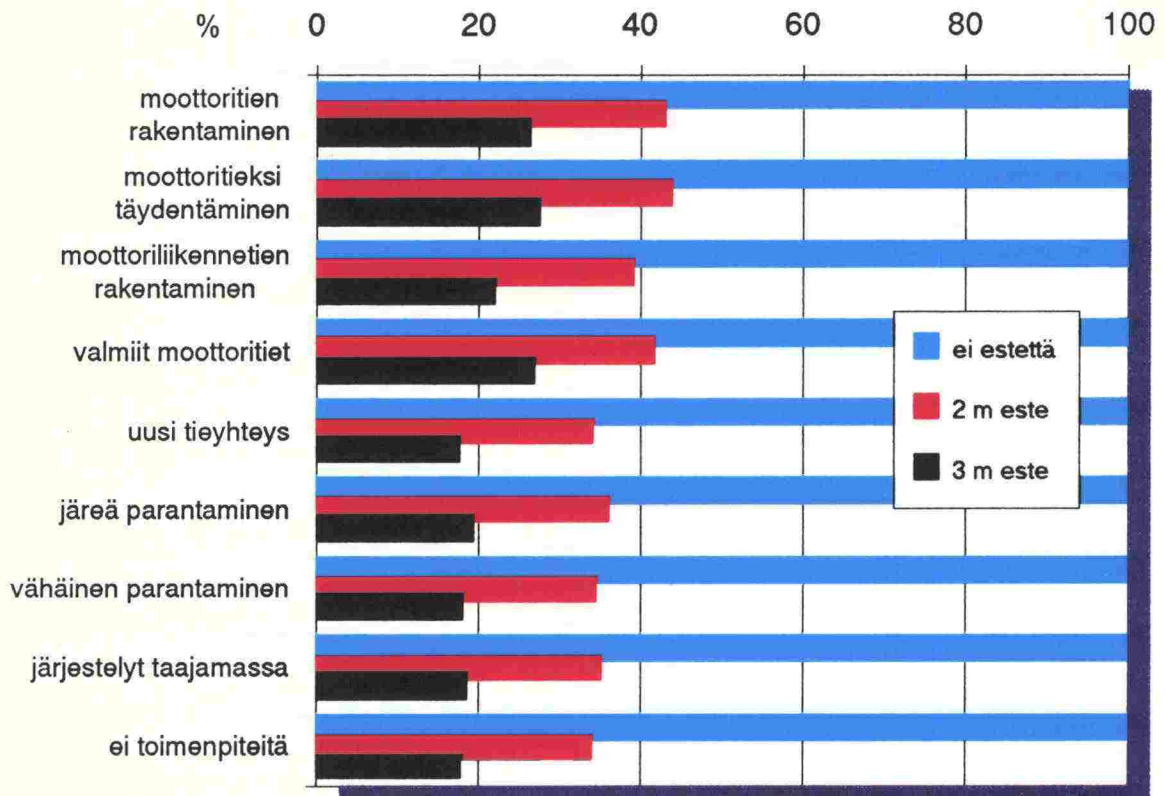
Kuvassa 19 esitettyä esteriippuvuutta käyttäen laskettiin koko hankejoukon melu uudelleen läpi. Simuloinnissa oletettiin, että koko valtatieverkko on varustettu 2 ja 3 m korkeilla meluesteillä. Tulokset on esitetty kuvissa 20, 21 ja 22 sekä taulukossa 9.



Kuva 20. Moottoriväylien meluvyöhykkeiden pinta-alat [km²] eri toimenpideryhmissä vuonna 2010, kun teiden varsille on lisätty 2 m ja 3 m korkeat meluesteet.



Kuva 21. Muiden valtateiden meluvyöhykkeiden pinta-alat [km²] eri toimenpideryhmissä vuonna 2010, kun teiden varsille on lisätty 2 m ja 3 m korkeat meluesteet.



Kuva 22. Meluvyöhykkeiden suhteelliset pinta-alat [%] eri toimenpideryhmissä vuonna 2010, kun teiden varsille on lisätty 2 m ja 3 m korkeat meluesteet, verrattuna tilanteeseen ilman esteitä (= 100%).

Taulukko 9. Meluvyöhykkeiden kokonaispinta-alat vuonna 2010 ja niiden suhteelliset laajuudet [%] verrattuna tilanteeseen ilman esteitä, kun teiden varsille on lisätty 2 m ja 3 m korkeat esteet (= 100%).

| | nyky | uusi | vanha |
|-----------------------------------|-------|-------|-------|
| pinta-ala [km²] | | | |
| ei estettä | 1 671 | 1 775 | 159 |
| 2 m este | 604 | 660 | 49 |
| 3 m este | 333 | 370 | 24 |
| pinta-ala [%] | | | |
| 2 m este | 36 | 37 | 31 |
| 3 m este | 20 | 21 | 15 |

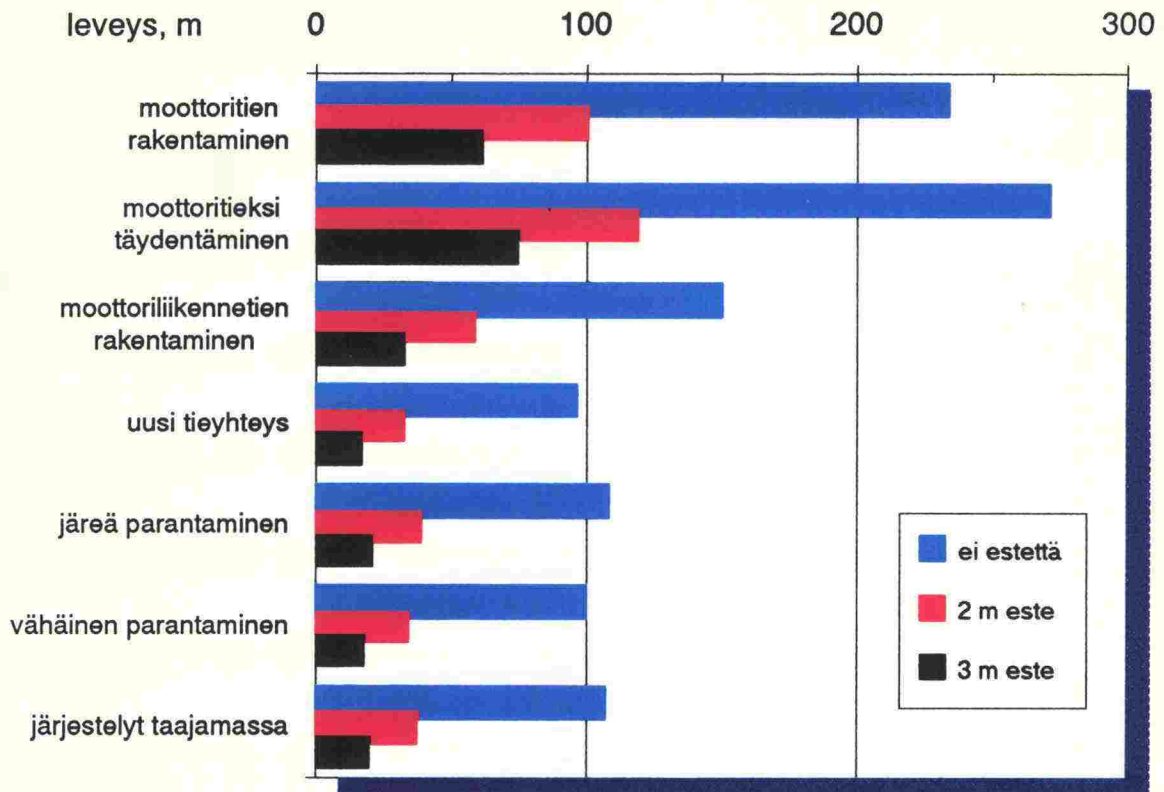
Simulointi osoittaa, että 2 m korkea este pienentää äänitasoja keskimäärin n. 6 dB ja 3 m korkea este n. 8 dB. Esteet kaventavat meluvyöhykkeiden leveyksiä tehokkaasti. Vaikutuksen suuruus riippuu vyöhykkeen alkuperäisestä leveydestä. Vähäisemmän liikenteen aiheuttamat kapeammat vyöhykkeet kapeenevat esteiden ansiosta suhteellisesti enemmän. Suuremman liikennemäärän teiden alunperin leveämmät meluvyöhykkeet kapeenevat vähemmän.

Koko verkon yhdistetty meluvyöhyke supistuisi 2 m korkeiden esteiden ansiosta **63 %** ja 3 m korkeiden esteiden ansiosta **80 %** eli 37:een ja 20:een prosenttiin alkuperäisestä vyöhykkeestä ilman esteitä. Meluvyöhykkeiden keskimääräiset leveydet supistuvat vastaavasti. Kehittämishankkeiden meluvyöhykkeiden leveydet on esitetty kuvassa 23.

7.3.2 Meluvyöhykkeiden asukasmäärät

Meluvyöhykkeiden keskimääräiset, tilastolliset asukasmäärät arvioitiin kertomalla hankekohtaisesti meluvyöhykkeiden pinta-alat ja kuntien keskimääräiset asukastiheydet [20]. Raakatulos korjattiin korjauskertoimella 1,2. Näin saatuja asukasmääriä on pidettävä ylärajaestimaatteina. Ne on esitetty kuvissa 24 ja 25 sekä taulukossa 10. Kuntien keskimääräisen asukasmäärän menetelmä ei ole sopiva taajaman sisäisten liikennejärjestelyjen meluvaikutuksen arviointiin, ja siksi nyky/uusi -vertailua ei voida esittää tälle toimenpideryhmälle (tapauksen 'nyky' asukasmäärä ryhmälle oli 25 600).

Pääkaupunkiseudun meluselvityksen aineistoon perustuvasta tarkistuksesta huolimatta on silti edelleen syytä suhtautua asukasmääräarvioon varauksin. Se sopii parhaiten vertailuun liikenneministeriön aiemman laskelman [4] kanssa.



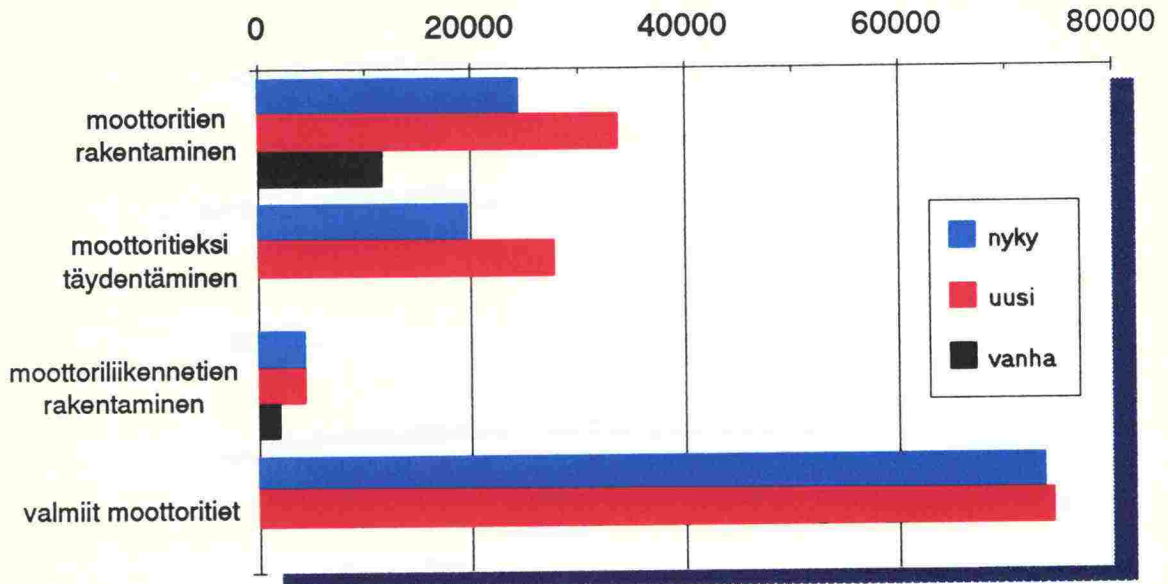
Kuva 23. Meluvyöhykkeiden keskimääräiset leveydet [m] toimenpideryhmittäin vuonna 2010, kun teiden varsille on lisätty 2 m ja 3 m korkeat meluesteet, verrattuna tilanteeseen ilman esteitä.

Vuoden 1988 tilanteeseen korjatuksi koko valtatieverkon meluvyöhykkeiden asukasmääräksi tuli n. **160 000** henkeä. Suhteessa aiemman arvion lukuun (840 000 koko tieliikenteen meluvyöhykkeillä) voidaan tämän selvityksen tuloksen kertaluokkaa pitää samana.

Asukasmääräarvio tarjoaa kuitenkin suuntaa antavan mahdollisuuden luokitella hankkeet sen mukaan, ovatko ne lähempänä vai kauempana asutuskeskuksia. Tämä painottaa niiden tärkeyttä meluntorjunnan kannalta.

Kun verrataan meluvyöhykkeiden pinta-alakuvia 16 ja 17 ja asukasmääräkuvia 24 ja 25, havaitaan varsin suuria muutoksia eri toimenpideryhmien keskinäisessä eroissa. Vanhat, valmiit moottoritiet nousevat selvästi hallitseviksi ja moottoriliikenneteiden täydentämiset moottoriteiksi lähestyvät merkitykseltään uusien moottoriteiden rakentamista. Muutokset vaikuttavat luonnollisilta; vanhat moottoriväylät sijaitsevat alueilla, joilla asutus on tiheämpää ja liikennetarve suurempi. Muissa ryhmissä järeä parantaminen nousee vähäisen parantamisen rinnalle ja taajamajärjestelyt nousevat näiden edelle, jälleen ymmärrettävistä syistä. Järeää parantamistarvetta on enemmän asutummilla seuduilla.

Esteiden kuvitteellinen sijoittaminen kaikkialle teiden varsille on luonnollisesti vain tilastollinen harjoitelma, joka kertoo suhteellisesta parannuksesta keskimäärin. Melun torjumiseen riittäisi todellisuudessa esteiden rakentaminen

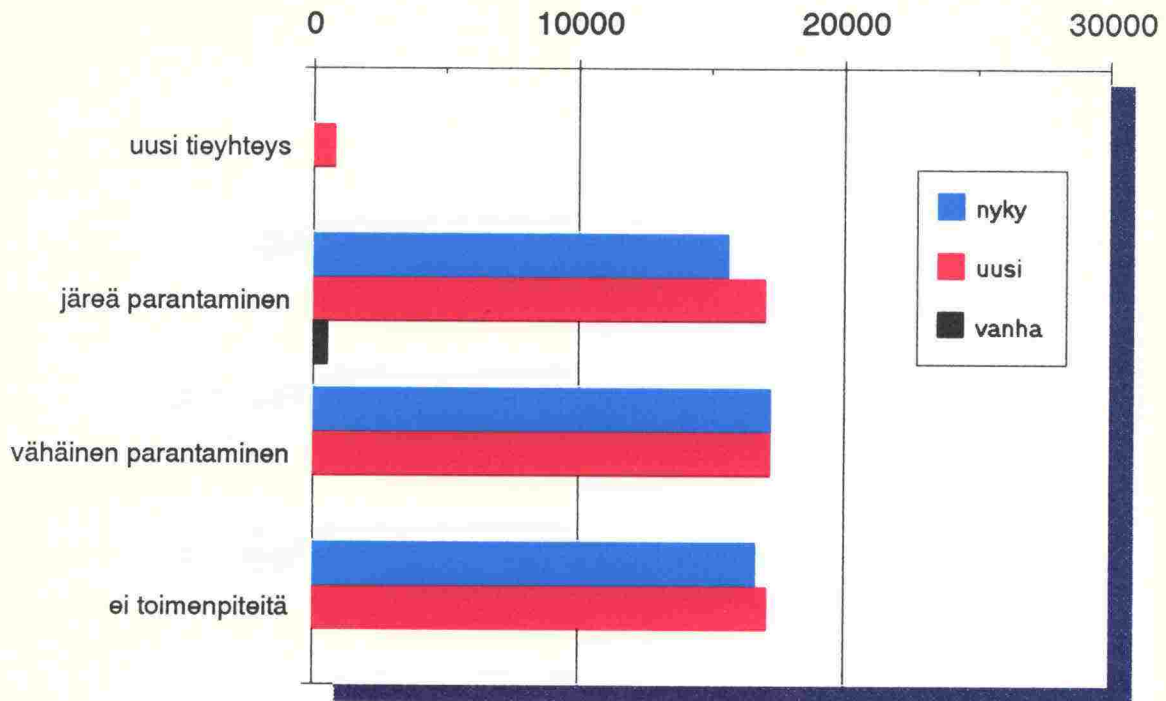


Kuva 24. Moottoriväylien meluvyöhykkeiden arvioidut asukasmäärät vuonna 2010.

sinne, missä haittoja esiintyy. Yhdistämällä estelaskelma ja asukasmääräarvio saadaan suuntaa antava tieto siitä, miten paljon haittoja voitaisiin vähentää torjuntatoimilla eri toimenpideryhmissä.

Taulukko 14. Meluvyöhykkeiden arvioidut asukasmäärät taajamien ulkopuolella olevissa toimenpideryhmissä vuonna 2010.

| Muutos | nyky | uusi | vanha |
|------------------------------|----------------|----------------|---------------|
| Moottoriväylät | | | |
| moottoritien rakentaminen | 24 600 | 33 800 | 11 800 |
| moottoritieksi täydentäminen | 19 700 | 27 800 | |
| moottoriliikennetien rakent. | 4 400 | 4 500 | 2 000 |
| valmiit moottoritiet | 73 800 | 74 600 | |
| yhteensä | 122 500 | 140 700 | 13 800 |
| Muut valtatiet | | | |
| uusi tieyhteys | | 800 | |
| järeä parantaminen | 15 600 | 17 000 | 600 |
| vähäinen parantaminen | 17 200 | 17 200 | |
| ei toimenpiteitä | 16 700 | 17 100 | |
| yhteensä | 49 500 | 52 100 | 600 |



Kuva 25. Muiden valtateiden meluvyöhykkeiden arvioidut asukasmäärät taajamien ulkopuolella olevissa toimenpideryhmissä vuonna 2010.

Ennen tällaisen laskelman esittämistä olisi kuitenkin otettava huomioon teiden suoja-alueet, joilla on lakisääteinen rakentamisrajoitus. Moottoriväylien suoja-alue on 50 m ja muiden valtateiden 30 m leveä. Kun näitä etäisyyksiä verrataan esteiden kaventamien meluvyöhykkeiden leveyksiin, nähdään että 3 m korkeat esteet kaventavat moottoriväylien meluvyöhykkeet ja 2 m korkeat esteet muiden teiden meluvyöhykkeet *keskimäärin saman levyisiksi kuin suoja-alueet.*

8 Johtopäätökset

Luvuissa 6 ja 7 esitetyt laskelmat osoittavat, että valtateitä reunustavat vyöhykkeet, joilla liikenteen melu voi aiheuttaa haittoja ja joilla todennäköisesti, keskimäärin, asuu huomionarvoinen osa maan väestöstä. Katsausosassa mainittuja keinoja vähentää liikennemelun esiintymistä ja haittoja voidaan luonnehtia esimerkin avulla. Tässä käytetään esimerkkinä vyöhykkeiden leveyden kaventamista puoleen alkuperäisestä.

Kuvasta 16 havaitaan, että meluvyöhykkeen leveys riippuu melupäästöstä seuraavan nyrkkisäännön mukaan: tason nousu 5 dB:llä kaksinkertaistaa leveyden tai sen vaimentaminen 5 dB:llä kaventaa alueen puoleen alkuperäisestä. Ekvi-valentitason pieneneminen esimerkiksi 5 dB:llä voidaan periaatteessa saada aikaan mm. seuraavilla kuvitelluilla toimilla:

- liikennemäärän pudottaminen kolmasosaan alkuperäisestä
- nopeuden lasku 100 – 70 km/h tai 120 – 85 km/h
- etäisyyden kasvattaminen kaksinkertaiseksi
- melun vaikutusajan tai melussa oleskeluajan lyhentäminen kolmasosaan

Puuttumatta liikenteeseen tai meluhaittojen kohteisiin, käytettävissä on suoraan päästöjä tai leviämistä koskevia torjuntakeinoja:

- mikä tahansa hyvin toteutettu este vaimentaa melua enemmän kuin 5 dB
- 5 dB:n estevaikutus voidaan joissakin tapauksissa saavuttaa sijoittamalla tie matalammalle tai syvemmälle leikkaukseen
- erikoispäällysteellä on periaatteessa mahdollista saada aikaan tämän suuruinen melutason lasku

Luettelossa on toimia, jotka ovat useimmissa tapauksissa mahdottomia tai epärealistisia toteuttaa. Tärkeimmäksi torjuntatoimeksi seuloutuu meluesteen rakentaminen.

Valtatieverkon suunnittelussa harkittaviksi reaalisiksi meluntorjunnan vaihtoehdoiksi voidaan rajata seuraavat:

- maankäytön suunnittelu, lähinnä tien sijoitus asutukseen nähden
- maaston hyväksikäyttö, lähinnä tien sijoittaminen matalammalle esteiden rakentaminen
- erikoispäällysteiden käyttöönotto melulle herkillä alueilla asutuksen ja taajamien läheisyydessä
- liikenteen sääntely, lähinnä nopeusrajoitus melulle herkissä kohdissa

Itse ajoneuvojen melupäästöissä ei ole lähivuosina odotettavissa merkittävää laskua valtatienopeuksilla. Rengasmeluun kohdistuvien päästörajoitusten käyttöönotto voi myöhemmin tuoda hidasta ja lievää parantumista.

Melun leviämiseen vaikuttavista tekijöistä on varsinainen meluste tai muu esteenä toimiva rakenne tärkein. Jos esteitä ei ole, on hyödyksi, jos tie ja asutus eivät ole korkealla. Melun kannalta edullisinta on sijoittaa tie maanpinnan tasoon tai sen alapuolelle leikkaukseen. Korkealla penkereellä tai sillalla kulkevan tien melun torjuminen on hankalaa.

Ääni on melua vasta jos se häiritsee tai haittaa kuulijaa. Meluselvityksissä pitäisi melupäästöistä tai meluvyöhykkeiden leveyksistä ja pinta-aloista päästä eteenpäin vyöhykkeiden asukasmääriin. Laajojen selvitysten meluvyöhykkeiden asukasmäärien arviointiin ei kuitenkaan ole olemassa helppoa tapaa. Erityisesti hankekohtaisesti eritelty arviointi on ongelmallista. Hyväksyttävänä ratkaisuna voidaan pitää vain molempia ääripäitä akselilla *'suppea tarkasti'* — *'laaja yleispuirteisesti ja tilastollisesti'*. Asukaslaskelmien tulee olla joko pelkästään tilastollisia, yli koko aineiston, tai hankekohtaisesti eriteltyjä vain, jos melualuelaskelma on tehty yksityiskohtaisesti, täydellä laskentamallilla ympäristöolosuhteet huomioonottaen.

Ääripäiden välille asettava vaihtoehto olisi yhden hankkeen kokoluokkaa olevan tieosuuden asukasmäärien arviointi, ilman tietoa todellisesta maastosta ja täyttä mallilaskentaa siinä. Sitä ei voida pitää luotettavana. Pääkaupunki-seudun selvityksen aineisto osoitti, että kohdekohtainen arvio asukkaista voi tuottaa huomattavan virheen, jos mallilaskenta on tehty ilman maastotietoja. Kuvasta 12 nähdään, miten voimakkaasti todelliset meluvyöhykkeet vaihtelevat paikallisesti maaston muotojen ja esteiden takia. Vasta hyvin suuressa aineistossa tilanne tasoittuu keskimääriin. Tämän takia ei tässä selvityksessä ryhdytty esittämään asukasmääräarvioita joillekin esimerkeiksi valituille hankkeille erikseen.

Keskimääräinen, tilastollinen tulos tässä selvityksessä tehdyistä laskelmista voisi olla seuraavankaltainen. Kuviteltu meluntorjuntaohjelma, johon kuuluu

- 3 m korkea este kaikille moottoriväylille ja
- 2 m korkea este muille teille

olettaen että

- liikenne kasvaa ennustetusti, mutta
- autojen melupäästöt eivät muutu ja
- väkiluku ei muutu

tuottaa seuraavan tuloksen meluvyöhykkeiden laajuudelle ja asukkaille:

| vuosi | pinta-ala, km ² | asukasmäärä |
|-------|----------------------------|-------------|
| 1988 | 1 352 | 159 900 |
| 2010 | 583 | 67 300 |

Eli vyöhyke pienenisi 57 % ja asukasmäärä 58 %, sen sijaan että se kasvaisi 16 %:lla, mikä tapahtuisi ilman torjuntatoimia. Todellisuudessa vyöhykkeen koon muutoksella ei ole merkitystä; tavoiteltava asia on asukasmäärän muutos. Esteiden rakentamista tai muita meluntorjuntatoimia tarvitaankin luonnollisesti vain niissä kohdissa, missä tien lähellä on asutusta tai muuta toimintaa. Tästä syystä ei myöskään esteiden pituuden ja kustannusten arviointi ollut mahdollista tässä selvityksessä.

Teiden suoja-alueet olisi kuitenkin otettava huomioon ennen yllä kuvattua kaltaisen laskelman esittämistä. Esimerkkeinä käytetyt, 2 ja 3 m korkeat esteet kaventavat meluvyöhykkeet keskimäärin suoja-alueiden levyisiksi. Tämä tulos merkitsee pelkistetysti seuraavaa tavoitetta ja ohjenuoraa valtateiden meluntorjunnalle:

- Meluvyöhykkeiden asukasmäärät vähenevät huomattavasti, jos kohtuullisen korkuisia esteitä rakennetaan kohteisiin, joissa on asutusta tien lähellä.

Meluvyöhykkeiden keskimääräisen asukasmäärän arviointi tarjoaa kuitenkin mahdollisuuden asettaa toimenpideryhmiä melun kannalta keskinäiseen järjestykseen. Asukasmääräarviolla täydennetty melulaskennan tulos osoittaa ennen kaikkea, että

- Suurimmat meluongelmat ovat vanhojen, jo olemassa olevien moottoriväylien varrella.
- Uudet rakentamishankkeet ovat yleensä olennaisesti harvemman asutuksen alueilla. Maankäytön suunnittelulla voidaan tulevaisuudessa tehokkaasti torjua haittoja uusien linjausten varsilla.

Yhteenveto

Selvityksen ensimmäisenä osana olevassa kirjallisuuskatsauksessa esitetään lyhyesti liikennemelun syntyyn ja leviämiseen vaikuttavia tekijöitä sekä sen vaikutuksia ja torjuntakeinoja. Melun tärkein syntymekanismi suurilla nopeuksilla on renkaan ja tienpinnan kosketus. Nykyiset ajoneuvojen melupäästön mittaukset ja määräykset kohdistuvat taajamaliikenteeseen ja moottorimeluun. Määräysten vaikutus valtateiden meluun on vähäisempi. Melupäästön voimakkuus riippuu ensisijaisesti liikenteen määrästä ja nopeudesta sekä vähemmän renkaiden ja päällysteen laadusta. Leviämismuunnokseen vaikuttavat etäisyys, maanpinnan läheisyys ja esteet.

Päästön riippuvuus liikennemäärästä on heikko eli määrän rajoittaminen ei ole tehokas torjuntakeino. Riippuvuus nopeudesta on voimakkaampi, ja nopeusrajoitus on keinona kohtalaisen tehokas. Tulevaisuudessa voidaan päästöihin vaikuttaa päällysteen valinnalla ja vähemmässä määrin renkaita kehittämällä. Leviämismuunnoksen säätely on varsinainen liikennemelun torjuntakeino. Tietä suunniteltaessa voidaan etäisyysmuunnoksesta lisätä sijoittamalla tie kauaksi melulle herkistä kohteista. Pehmeän maan muunnoksesta voidaan parantaa sijoittamalla tie matalammalle kuin mitä muuten tehtäisiin. Tärkeimmäksi torjuntakeinoksi jää tulevaisuudessakin melusteiden rakentaminen.

Selvityksessä on laskettu koko valtatieverkon yhteenlaskettujen meluvyöhykkeiden pinta-alat vuonna 2010. Laskenta tehtiin toimenpideryhmittäin; tiehankkeet oli jaettu kahteen pääryhmään, moottoriväylät ja muut valtatie, sekä yhteensä yhdeksään alaryhmään. Laskentamenetelmänä oli yksinkertaistettu yhteispohjoismainen tieliikennemelun laskentamalli, jossa ei ollut mukana maastotietoja. Lähtöaineisto oli tiehallituksen KEHAR-ohjelman tietokantana, ja alustava käsittely tehtiin tällä ohjelmalla.

Tuloksena saatiin koko valtatieverkon 55 dB:n meluvyöhykkeen pinta-alaksi 1 900 km², missä on 16 % kasvua verrattuna siihen, että verkossa ei tehtäisi mitään toimenpiteitä. Kasvun syynä on suurempi ajonopeus laajemmalla ja parempilaatuisella tieverkolla. Meluvyöhyke on moottoriväylien ympärillä keskimäärin n. 400 m ja muilla valtateilla n. 200 m leveä.

Todellisessa maastossa tehdyn mallilaskennan tuloksena saatiin selville keskimääräinen estevaimennus suuressa hankejoukossa. Tätä käyttäen laskettiin verkon meluvyöhykkeet uudelleen sijoittamalla 2 ja 3 m korkeat esteet teiden varsille. Näiden esteiden ansiosta meluvyöhykkeiden leveydet kaventuivat keskimäärin 63 ja 80 %. Rakentamalla 3 m korkeat esteet moottoriväylien ja 2 m korkeat esteet muiden teiden varsille kohtiin, joissa meluhaittoja voi esiintyä, saadaan meluvyöhykkeet supistumaan suunnilleen teiden suoja-alueiden levyisiksi.

Lähteet

1. NELSON P (toim), *Transportation noise reference book*. Butterworths, Lontoo 1987.
2. LAHTI T & PARMANEN J, Meluntorjunnan esiselvitys. *Sisäasiainministeriö, ympäristönsuojeluosaston julkaisu A:16*. Helsinki 1982.
3. LAHTI T & SAARIO H, Ympäristömelun kartoitusmittaukset Helsingissä ja Espoossa 1982. *Sisäasiainministeriö, ympäristönsuojeluosaston julkaisu A:25*. Helsinki 1983.
4. Tieliikenteen ympäristöhaittojen arviointi rahassa. *Liikenneministeriön julkaisuja 29/88*, Helsinki 1988.
5. *Transport and the environment*. OECD, Pariisi 1988.
6. *Fighting noise. Strengthening noise abatement policies*. OECD, Pariisi 1986.
7. SCHULTZ T J, Synthesis of social surveys on noise annoyance. *J Acoust Soc Am* **64**(1978)2, 377-405.
8. SANDBERG U & EJSMONT J A, Tire/road noise — A subject of international concern. *INTER-NOISE 88*, Avignon 1988, 1309-1314.
9. Rengasmelu ja päällysteet. *Tielaitoksen selvityksiä 6/1990*. Helsinki 1990.
10. LUCQUIAUD R, Outside vehicle noise and surface characteristics. *INTER-NOISE 88*, Avignon 1988, 1335-1338.
11. LAHTI T, Äänen eteneminen maanpinnalla. *TKK Akustiikan laboratorio, julkaisu 16*. Espoo 1978.
12. HARRIS R A, Vegetative barriers: An alternative highway noise abatement measure. *Noise Control Eng J* **27**(1986)1, 4-8.
13. DE JONG B A, MOERKERKEN A & VAN DER TOORN J D, Propagation of sound over grassland and over an earth barrier. *J Sound Vib* **86**(1983)1, 23-46.
14. HAJEK J J, Are earth berms acoustically better than thin-wall barriers. *Noise Control Eng J* **19**(1982)2, 41-48.
15. AMRAM M, CHVOJKA V J & DROIN L, Phase reversal barriers for better noise control at low frequencies: Laboratory versus field measurements. *Noise Control Eng J* **28**(1987)1, 16-24.
16. VAN DER HEIJDEN L A M & MARTENS M J M, Traffic noise reduction by means of surface wave exclusion above parallel grooves in the roadside. *Appl Acoust* **15**(1982), 329-339.
17. Tieliikennemelun laskentamalli. *Sisäasiainministeriö, ympäristönsuojeluosaston julkaisu A:10*, Helsinki 1981.
18. LAHTI T, Outdoor noise measurements compared with predictions by Nordic models. *VTT Tiedotteita 300*. Espoo 1984.
19. Pääkaupunkiseudun yleisten teiden meluntorjuntaselvitys. Tielaitos ja YTV, *Pääkaupunkiseudun julkaisusarja B 1990: 13 (TIEL 703612)*. Helsinki 1990.
20. *Suomen tilastollinen vuosikirja 1990*. Tilastokeskus, Helsinki 1990.

VALTATIEVERKON KEHITTÄMISSUUNNITELMA 2010

VAIKUTUSSELVITYKSET

1. Liikennemuotojen työnjako
2. Elinkeinoelämä ja kansantalous
3. Polttoaineenkulutus ja pakokaasupäästöt
4. Melu
5. Luonnonympäristö