

## MELULTA SUOJAUTUMINEN EKOLOGISIN KEINAIN

Ekologiset melusteet – Case: Lahden Tapparankadun päiväkoti

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU

Ympäristöalan koulutusohjelma

Miljöosuunnittelu

Opinnäytetyö

Kevät 2006

Riikka Ukkonen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Tekniikan laitos  
Ympäristöalan koulutusohjelma

UKKONEN, RIIKKA: Melulta suojautuminen ekologisoin keinoin

Ekologiset melusteet – Case: Lahden  
Tapparankadun päiväkoti

Miljöösunnittelun opinnäytetyö, 97 sivua, 5 liitesivua  
Kevät 2006

## TIIVISTELMÄ

---

Tämä opinnäytetyö käsittelee uusia ekologisempia melusterakentamisen mahdollisuuksia. Työ on toteutettu Lahden kaupungin Teknisen viraston melutyöryhmän pyynnöstä.

Teoriaosuus painottuu äänen ja melun ominaisuuksien, melun haittojen sekä sen lähteiden tutkimiseen kirjallisuuslähteiden avulla. Oleellista oli tutkia niin tavanomaista melusterakentamista laatuvaatimuksineen ja suosituksineen kuin melun muita torjunta- ja vähentämiskeinojakin. Ekologiaan perehdytään kestävä kehityksen näkökulmasta sekä ekologisten sekä kierrätysmateriaalien selvittämisellä. Tietoja kerättiin lähinnä alan kirjallisuudesta ja Internetistä.

Teoriaosuuden pohjalta kehitetään kymmenen eri vaihtoehtoa ekologisiksi melusteiksi. Vaihtoehdot on suunniteltu rakennettaviksi kierrätetyistä tai muuten ekologisesta materiaalista, kuten oljesta, pajusta tai kierrätys puumateriaaleista. Tarkempaa tutkimusta kuitenkin vaaditaan, jotta estevaihtoehtojen todelliset meluntorjuntaominaisuudet saadaan selvitettyksi. Ekologisten melusteiden kevyt rakenne antaa mahdollisuuden asukasyhteistyöhön esteiden rakentamis- ja ylläpitoaikana.

Käytännön esimerkkinä työssä toimii vilkkaasti liikennöidyn Lahden Tapparankadun päivä- ja perhekodin haastava piha-alue, jonne suunniteltiin ehdotelmia meluntorjunnan hoitamiseksi ekologisoin melustein. Suunnitelmissa esitetään tontin toimintojen, kuten asiakaspysäköinnin uudelleenjärjestelyä, jotta kadunvarteen voidaan toteuttaa mahdollisimman eheä ekologinen meluste. Suunnitelman toteutumisesta ei vielä ole tehty päätöstä.

Asiasanat: melu, meluntorjunta, kestävä kehitys, ekologinen meluntorjunta, ekologiset melusteet

Lahti University of Applied Sciences  
Faculty of Technology

UKKONEN, RIIKKA: Noise Abatement by Ecological Means – Ecological Noise Barriers Case: Noise Reduction at Tapparankatu Day Nursery.

Bachelor's Thesis in Environmental planning, 97 pages, 5 appendices.  
Spring 2006

## ABSTRACT

---

This Bachelor's thesis investigates new possibilities when building noise barriers from recycled or environmentally friendly materials. The work was commissioned by the Urban Planning Office of the Technical Affairs Department of Lahti.

The theory section examines the qualities of sound, noise and harmful impacts of noise. An essential part of the theory was surveying common methods concerning noise abatement. The quality requirements for the good construction of noise barriers were also studied. The ecological point of view presents different theories such as sustainable development and information about different ecological materials. The information was gathered mainly from literature.

As a result of the study, ten proposals for ecological noise barriers were designed. All those are made of recycled or environmentally friendly materials such as straw bales and willow. Further research is required to establish the actual noise abatement qualities. The construction of the barriers is in many cases very simple, which provides the occupants of the area with the opportunity to get involved in the construction work.

The empirical part was to design a noise abatement solution for the Tapparankatu day nursery by ecological means. This site is situated by a heavy trafficked street and gives quite a challenge for the design. The final plan proposed some alterations concerning the location of the customer parking space and the maintenance driveway. This enables the best location for the noise wall made of recycled bricks or straw bales. However, no decision has yet been made about implementing this plan.

Key words: noise, noise abatement, sustainable development, ecological noise abatement, ecological noise barriers

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	6
2 ÄÄNI .....	8
2.1 Äänenpainetaso, äänitehotaso ja ääni-intensiteettitaso.....	8
2.2 Taajuus.....	9
2.2.1 Painotukset .....	10
2.3 Aika .....	10
3 ÄÄNEN ETENEMINEN.....	11
3.1 Ääniaalto vapaassa kentässä .....	11
3.1.1 Geometrinen leviäminen .....	11
3.1.2 Absorptio ilmassa.....	12
3.2 Ääniaalto ja rajapintojen vaikutus äänen etenemiseen.....	12
3.2.1 Tuuli ja lämpötila .....	12
3.2.2 Maanpinnan vaikutus .....	14
3.2.3 Kasvillisuuden vaikutus .....	15
3.2.4 Esteiden vaikutus.....	16
3.2.5 Lumen vaikutus.....	16
3.2.6 Rakenne/runkoääni.....	16
4 MELU .....	17
4.1 Melulähteet yhdyskunnassa .....	17
4.1.1 Tieliikenne.....	18
4.1.2 Raideliikenne .....	19
4.1.3 Lentoliikenne.....	20
4.1.4 Teollisuus ja rakentaminen .....	21
4.1.5 Vapaa-ajan toimintojen melu ja muut melun lähteet .....	21
4.2 Melun vaikutukset.....	22

	2
4.2.1 Meluherkkyys .....	24
4.2.2 Melun häiritsevyys .....	24
4.3 Melun ohjeavot ja lainsäädäntö .....	25
4.4 Melutilanne Suomessa .....	26
5 MELUNTORJUNTA.....	28
5.1 Melupäästön vähentäminen .....	28
5.2 Lainsäädännön ja taloudellisen ohjauksen kehittäminen.....	29
5.2.1 Melutiedon lisääminen ja osaamisen parantaminen .....	30
5.3 Kaavoitus ja maankäytön suunnittelu .....	30
5.3.1 Rakennusten estevaikutus .....	31
5.4 Liikenne-, tie- ja katusuunnittelu .....	32
5.4.1 Vähämeluiset tienpäällysteet .....	34
5.5 Melun etenemisen estäminen estein .....	35
5.5.1 Meluvalli.....	36
5.5.2 Melukaiteet.....	36
5.5.3 Absorboiva ja kallistettu melueste.....	37
5.5.4 Katetut meluesteet sekä kaksoiseste.....	38
5.5.5 Kasvillisuusvyöhykkeet .....	38
5.5.6 Kasvillisuuseste .....	39
5.5.7 Läpinäkyvät meluesteet .....	39
5.5.8 Tärkeitä huomiokohtia meluesteiden suunnittelussa.....	40
5.6 Meluntorjunta rakennuksissa.....	40
6 MELUESTEEN SIJOITTELU JA KORKEUS .....	42
6.1 Meluesteen sijainnin määrittäminen tehollisen korkeuden avulla .....	42
6.2 Meluesteen sijainnin määrittäminen matkaeron perusteella .....	43
6.3 Esteen pituus ja maanpinnan vaikutukset vaimenemiseen .....	43

6.4 Vähimmäisetäisyys tien reunasta .....	44
6.5 Muita sijaintiin vaikuttavia tekijöitä .....	45
7 MELUESTEEN LAATUVAATIMUKSET .....	46
7.1 Akustiset vaatimukset.....	46
7.1.1 Eristävyys.....	46
7.1.2 Absorptio.....	47
7.1.3 Diffraktio.....	48
7.2 Meluaitojen rakennetekniset laatuvaatimukset .....	48
7.2.1 Tuulikuorma .....	49
7.2.2 Aurauslumikuorma .....	49
7.2.3 Iskunkestävyys.....	50
7.2.4 Oma, veden ja lumen paino .....	50
7.2.5 Palonarkuus .....	50
7.2.6 Materiaalit, päästöt ja hävittäminen.....	51
7.2.7 Auton törmäys.....	51
7.2.8 Osien putoaminen.....	51
7.2.9 Häikäisy, läpinäkyvyys ja kestoikä .....	51
7.3 Ekologia ja kierrätys .....	52
7.4 Estetiikka ja laatuvaatimukset.....	52
7.4.1 Betoni-, puu- ja teräspinnat.....	52
7.5 Meluestemateriaalien laatuvaatimukset ja suositukset.....	53
7.5.1 Puu meluestemateriaalina.....	53
7.5.2 Betoni ja muuratut rakenteet.....	55
7.5.3 Muovit, kumit ja lasi.....	56
7.5.4 Teräs.....	57
8 EKOLOGINEN NÄKÖKULMA .....	59
8.1 Kestävä kehitys .....	59

8.2 Ekologinen selkäreppu ja jalanjälki.....	60
8.3 Elinkaariajattelu ja ekotehokkuus .....	61
8.4 Ympäristömerkit.....	61
8.5 Ekologiset rakennus- ja kierrätysmateriaalit .....	62
8.5.1 Puu .....	64
8.5.2 Betoni.....	64
8.5.3 Metallit.....	65
8.5.4 Tiili .....	65
8.5.5 Kevytbetoni ja kevytsavi.....	65
8.5.6 Muovit .....	66
8.5.7 Lämpöeristeet .....	66
8.5.8 Rakennuslevyt .....	66
8.5.9 Tasoitteet .....	67
8.5.10 Pintakäsittely .....	67
8.6 Ympäristöä säästävä rakentaminen .....	67
9 EKOLOGINEN MELUNTORJUNTA .....	69
9.1 Melusteiden hinnanmuodostus.....	69
9.2 Ekologisen meluntorjunnan keinoja .....	70
9.3 Väyläympäristön tai pihan rakenteet integroituna melusteeseen.....	70
9.4 Ekologisista tai kierrätysmateriaaleista ideoituja melusteitä. ....	71
9.4.1 Kierrätetystä betonielementistä ideoitu meluaita.....	72
9.4.2 Erilaiset kierrätyspuut meluaitamateriaalina.....	72
9.4.3 Meluaita pajusta tai risukimpuista .....	74
9.4.4 Purkutiili ja harkkomateriaalit melusteissä.....	77
9.4.5 Olkipaali rakennusmateriaalina .....	78
9.4.6 Kumimattoeste .....	81
9.4.7 Meluaitoja autonrenkaista .....	81
9.4.8 Lastauslavat.....	83

9.4.9 Kivikorit ja luonnonkiviaidat .....	83
9.4.10 Kasvillisuus ja meluaidat .....	83
10 CASE: EKOLOGINEN MELUNTORJUNTA TAPPARAKADUN PÄIVÄKODILLA LAHDESSA.....	85
10.1 Suunnittelun lähtökohdat .....	85
10.2 Lähtötilanne .....	88
10.3 Ehdotelma1 .....	91
10.4 Ehdotelmat 2 sekä 3.....	93
10.5 Yhteenveto .....	96
11 YHTEENVETO .....	98
LÄHTEET .....	102
MUUT LÄHTEET .....	105
KUVAT JA TAULUKOT .....	106
LIITTEET .....	109



## 1 JOHDANTO

Ääni on ilmahiukkasten pitkittäisenä aaltoliikkeenä etenevää värähtelyä kimmoisissa aineissa. Ihmisen korvassa äänen aistimuksen aiheuttavat paineen muutokset. Ihmiskorvan aistima äänenpainealue on erittäin laaja. Täten äänenpainetaso ( $L_p$ ) ilmoitetaan logaritmisena suureena, jonka yksikkö on desibeli (dB). (Tilastokeskus 1992, 136.)

Ääni on neutraali fysikaalinen käsite, joka käsittää subjektiivisen näkökulman. Kuulijasta riippuen sama ääni voidaan luonnehtia nautinnolliseksi tai häiritseväksi. Kuitenkin meluksi luokitellaan ääni, joka on häiritsevää, ei-toivottua tai haitallista terveydelle ja hyvinvoinnille. (Eurasto, Lahti & Sysiö 1992, 11; Tilastokeskus 1992, 136.)

Ympäristössä melun lähteitä tieliikenteen ohella ovat raide- sekä lentoliikenne. Myös tehtaat, rakentaminen ja erilaiset vapaa-ajan toiminnot aiheuttavat monenlaista melua. Melulla katsotaan olevan erilaisia vaikutuksia ihmiseen. Kuulovaurio lienee konkreettisin ja tunnetuin melun aiheuttama haitta. Melu vaikuttaa ihmisen yleiseen terveydentilaan sekä viihtyvyyteenkin ja sitä pidetään yhtenä ympäristön stressitekijänä ja riskinä ihmisen terveydelle sekä hyvinvoinnille (Vuori, Lindström & Mäntysalo 1984, 13).

Tieliikennemelun torjuntaan on olemassa useita eri vaihtoehtoja, joista varsinainen esteiden rakentaminen lienee viimeisimpänä käytettäviä. Jo yhdyskuntasuunnittelun ja kaavoituksen vaiheessa melua tulisi pyrkiä vähentämään ja sen syntymistä estämään. Uusia asuinalueita ei enää tulisi rakentaa meluisille alueille. Jos niitä kuitenkin meluisille alueille rakennetaan, vaaditaan erityisiä meluntorjuntatoimenpiteitä heti rakentamisen yhteydessä.

Meluntorjunta keskittyy tulevaisuudessa yhä enemmän ajoneuvojen meluominaisuuksien vähentämiseen sekä hiljaisten päällysteiden ja uusien hiljaisempien renkaiden käyttämiseen. Olemassa olevien

asutusalueiden ja kaupunkikeskustojen meluntorjuntaa ei yksin näillä melunvähennystoimilla hoideta. Kyseeseen siis monesti tulevat meluesteet, joista uutena vaihtoehtona voidaan esittää ekologinen vaihtoehto, joita tämä työ tutkii sekä kehittää. Voi kuitenkin olla, etteivät ekologiset vaihtoehdot täysin sovellu laatuestetikaltaan ympäristön arvoluokituksen vaativimpiin kohteisiin, kuten kaupunkikeskustojen arvopaikoille. Sen sijaan ne soveltuvat parhaiten asuinalueille sekä tieympäristöihin.

Tuloksekas meluaitojen suunnittelu vaatii useita lähestymisnäkökulmia eli monialaista suunnittelua. Suunnitteluryhmään olisi hyvä kuulua ainakin arkkitehtejä, maisema-arkkitehtejä, tiesuunnittelijoita, akustiikan asiantuntijoita sekä rakennesuunnittelijoita. (Anttalainen, Eerikäinen, Koskinen, Murole, Törnqvist & Westermark 2000, 16.) Melutiedon ja meluntorjunnan kenttä on erittäin laaja, jolloin monialaisuus parantaa mahdollisuuksia parhaiden tulosten saavuttamiseksi.

## 2 ÄÄNI

Ääni on ilmahiukkasten pitkittäisenä aaltoliikkeenä etenevää värähtelyä kimmoisissa aineissa. Värähtely johtaa ilmassa tihentymiin ja harventumiin sekä ilmanpaineen nopeisiin vaihteluihin (Tilastokeskus 1992, 136). Ääni etenee usein ilman välityksellä. Kiinteissä materiaaleissa ääni etenee tärinä, jota kutsutaan runkoääneksi (Meluestekäsikirja 1997, 14).

Ihmisen korvassa äänen aistimuksen aiheuttavat paineen muutokset. Äänen aiheuttamia ilmanpaineen vaihteluita kutsutaan äänenpaineeksi. Logaritminen suure äänenpainetaso ( $L_p$ ), jonka yksikkö on desibeli (dB), kuvaa ihmiskorvan aistimaa äänenpainealuetta, joka on erittäin laaja. (Tilastokeskus 1992, 136). Logaritminen asteikko on tässä käytössä, jotta vältytään suurilta mitta-alueita: Korkeimman kipua aiheuttamattoman ja matalimman korvan aistiman äänen välinen suhde on  $23 \cdot 10^{12}$  (Pleym 1991, 266).

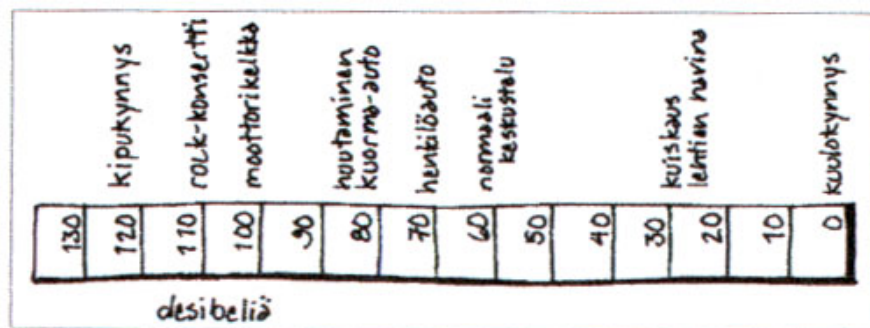
### 2.1 Äänenpainetaso, äänitehotaso ja ääni-intensiteettitaso

Taso-käsitteellä kuvataan äänen voimakkuutta. Äänenpainetaso, äänitehotaso ja ääni-intensiteettitaso kuvaavat äänen voimakkuuden eri ominaisuuksia. Tasoja ei saa sekoittaa toisiinsa, vaikkakin niillä on sama yksikkö desibeli (dB). Puhekielessä vakiintuneen käytännön mukaan desibeli kertoo äänenpainetasosta, muuten tulee erikseen mainita, mistä tasosuureesta puhutaan. (Eurasto ym.1992, 12.)

Äänilähteestä 1 sekunnissa poistuvaa äänienergiaa kutsutaan äänen tehoksi. Äänitehotaso eli emissio (melupäästö) on äänikentän aiheuttajan, äänilähteen perusominaisuus. (Pleym 1991, 266.) Se ilmoittaa lähteen tuottaman akustisen tehon ja on paikasta sekä ympäristöstä riippumaton (Eurasto ym. 1992, 12 - 13).

Ihmisen aistimuksen määrää äänenpainetaso eli immisio, melutaso. Tämän kautta havaitsemme äänen haittojen ja häiritsevyyden suuruuden. Suure riippuu äänilähteen äänitehosta, lähteen ja havaintopisteen välisestä etäisyydestä ja ympäristön ominaisuuksista. (Eurasto ym. 1992, 12-13.) Kuvassa 1 esitetään ihmisen ääniaistimuksen tasoja ja niiden aiheuttajia.

Ääni-intensiteettitaso on äänienergian virtauksen tarkastelua pinta-alayksikön läpi kulkevan äänitehon määrän ja kulkusuunnan nähden (Eurasto ym. 1992, 13).



Kuva 1 Ihmisen ääniaistimuksen tasot. Lähde: Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 11

## 2.2 Taajuus

Värähdysliikkeen lukumäärä aikayksikköä kohden on frekvenssi eli taajuus, jonka yksikköä, värähdys sekunnissa (1/s), kutsutaan Hertsiksi (Hz) (Meluestekäsikirja 1997, 15). Taajuuden voi ymmärtää paremmin myös fysikaalisena vastineena äänen korkeusaistimukselle, jolloin pienitaajuinen on matalaa ja suuritaajuinen korkea ääntä (Eurasto ym. 1992, 12).

Taajuusjakauma (spektri) vaikuttaa osaltaan siihen miten voimakkaasti ääni aistitaan. Normaali ihminen kuulee taajuusalueen 20 - 20 000 Hz. Kuitenkin herkimmillään kuulo on taajuuksilla 2000 - 5000 Hz. (Eurasto ym. 1992, 17.)

### 2.2.1 Painotukset

Ihminen aistii suuri- pienitaajuiset äänet heikommin kuin keskitaajuiset äänenpainetasoltaan vastaavat äänet (Mussalo-Rauhamaa & Jaakkola 1993, 100). Äänenpainetasoa mitatessa käyttöön on otettu neljä standardoitua painotusta (A-, B-, C-, D-), jotta saataisiin kuulohavainnon mukaisia esityskelpoisia tuloksia. Näistä yleisimmin käytetty taajuuspainoitus on A-painotus, jolla vaimennetaan ihmiskorvan huonosti aistimia matalia ääniä. Tällöin äänenpainetason mittauksen tuloksena saatu A-äänitaso ilmoitetaan yksiköillä dB(A) tai dBA. (Pleym 1991, 267.)

### 2.3 Aika

Ääntä mitatessa ja arvioidessa tulee huomioida äänen vaihtelut ajan kuluessa. Tämä toteutetaan erilaisten aikaikkunoiden avulla. Aikaikkuna muodostaa äänen tason keskiarvon tietyllä aikavälillä. (Eurasto ym. 1992, 23.) Standardoidut aikapainotukset äänitasomittareissa mahdollistavat äänitason keskiarvojen näytön tietyille aikavälille. Yleisimmät käytössä olevat painotukset ovat F(fast) äänen keskitaso 0,25 sekunnin ja S(slow) 2 sekunnin ajalta (Meluestekäsikirja 1997, 16). Iskumaisten äänien mittauksessa saatetaan käyttää painotusta I (impulse) sekä tarvittaessa hetkellisiä äänenpaineen huipputasoja mitatessa arvoa 'peak' (Eurasto ym. 1992, 23).

Keskiaänitaso eli ekvivalenttitaso ( $L_{eq}$ ) on äänen pitkän ajan tehollinen keskiarvo (Meluestekäsikirja 1997, 15). Sitä käytetään vaihtelevaa melua mitatessa pitkältä ajalta. Äänialtistustaso ( $L_{AE}$ ) on aikarajoitetun äänitapahtuman 'energiaa', jolla tutkitaan kertaluonteisia tapahtumia, tai useista kertaluonteisista tapahtumista koostuvaa ilmiötä. (Eurasto ym. 1992, 27)

### 3 ÄÄNEN ETENEMINEN

Äänen etenemiseen tarvitaan väliaine, joka useimmiten on ilma. Tällöin kyseessä on ilmaääni. Rakenneäänestä puhuttaessa väliaineena on kiinteä aine. (Pleym 1991, 270.)

Äänen etenemiseen vaikuttavat niin meteorologiset kuin maanpintaan liittyvät tekijät lähteen ja tarkastelupisteen välissä (Eurasto 2003, 28). Nämä tekijät vaikuttavat äänen voimakkuuden pienenemiseen lähteen ja tarkastelupisteen etäisyyden kasvaessa. Eri tekijöiden summa voi lisätä tai vähentää äänenpainetasoa. (Eurasto ym. 1992, 28.)

#### 3.1 Ääniaalto vapaassa kentässä

Kun äänilähteen ja tarkastelupisteen välissä ei ole heijastavia esineitä tai muuta ääniaallon etenemiseen vaikuttavaa pintaa, puhutaan ääniaallon etenemisestä vapaassa kentässä (Pleym 1991, 270 - 271; Eurasto ym. 1992, 28). Vapaassa kentässä ääni leviää geometrisesti. Myös ilma vaimentaa ääntä, jota kutsutaan absorptioksi.

##### 3.1.1 Geometrinen leviäminen

Geometrinen leviäminen on äänen leviäminen äänikentässä, jossa energia leviää laajemmalle pinnalle, kun etäisyys äänilähteeseen kasvaa. Etäisyyden kasvaminen pienentää myös äänenpainetasoa, mikä on riippuvainen äänilähteen perusmuodosta; piste-, viiva- tai tasolähde. Käytännössä äänilähteet ovat teoreettisten esimerkkien välimuotoja. (Eurasto ym. 1992, 28 - 29.)

Äänenpainetason alenemiseen geometrisissa malleissa vaikuttaa lisäksi näkökulma lähikenttä – kaukokenttä. Lähikentässä aleneminen on teoreettista arvoa pienempää. Käytännössä äänilähteiden suuntaavuus

tarkoittaa niiden kykyä säteillä ääntä erilailla eri suuntiin. (Eurasto ym. 1992, 28 - 29.)

### 3.1.2 Absorptio ilmassa

Äänen etenemiseen vaikuttaa myös ilman absorptio eli vaimentaminen. Siihen vaikuttavat ilman lämpötila, etäisyys, suhteellinen kosteus sekä äänen taajuus. Taajuusluvun kasvaessa absorptio voimistuu. Absorption merkitys voimistuu myös suurilla etäisyyksillä. (Pleym 1991, 271; Eurasto ym. 1992, 29-30.) Ilman absorptioon vaikuttavien tekijöiden kuukausittaiset tai vuorokautiset vaihtelut aiheuttavat suuriakin vaihteluita ilman vaimentavaan vaikutukseen. Vuorokautiset vaihtelut ovat suurimmillaan kesäaikana. Toisaalta ilman absorptio on hyvinkin merkityksetön mm. tieliikennemelun torjunnassa, etäisyyksien ollessa pieniä. (Eurasto 2003, 31.)

### 3.2 Ääniaalto ja rajapintojen vaikutus äänen etenemiseen

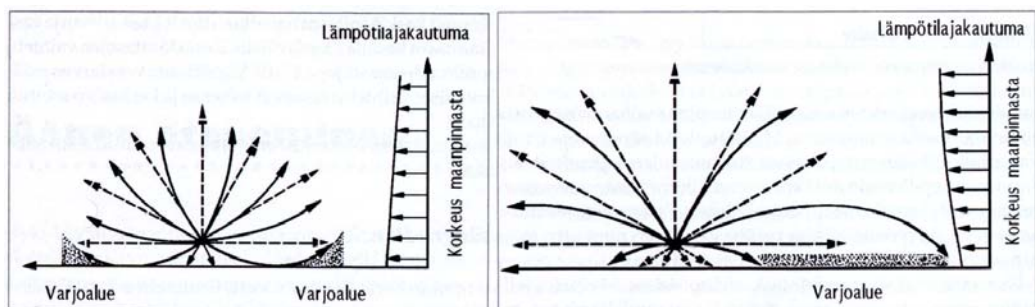
Kun ääniaalto ei etene vapaassa kentässä, äänen tiellä olevat pinnat voivat mm. heijastaa, absorboida tai taivuttaa ääntä. (Eurasto ym. 1992, 30). Äänen etenemiseen tällöin vaikuttavat tuuli, lämpötila, maanpinta tai lumen pinta, kasvillisuus sekä erilaiset esteet tai rakenteen.

#### 3.2.1 Tuuli ja lämpötila

Tuulen nopeus, suunta, ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä näiden muutokset mm. maanpinnan korkeuteen nähden vaikuttavat äänen etenemiseen. Äänen vaimeneminen/eteneminen mm. säätilan vaikutuksesta riippuu äänen taajuudesta. Korkeat äänet vaimenevat matalia enemmän. (Eurasto ym. 1992, 32.) Tuulen ja lämpötilan vaikutus äänenpaineeseen, joka suurimmillaan voi olla jopa  $\pm 10$  dB, riippuu

äänilähteen ja tarkastelupisteen etäisyyksistä ja korkeuksista toisiinsa nähden sekä tuuli- ja lämpötilagradienttien yhteisvaikutuksesta. Gradienttien vaikutus äänen etenemiseen alkaa usein vasta yli 25 m:n etäisyydellä lähteestä. Ilmakehässä on myös pidempiaikaisia vaihteluita, kuten vuorokausi- sekä matala- ja korkeapaineen aiheuttamat vaihtelut. (Eurasto 2003, 30-31.)

Lämpötilan muuttuminen on suuresti riippuvainen auringon säteilyominaisuuksista. Auringon säteily pilvettömällä säällä lämmittää maanpinnan lähellä olevia ilmakerroksia. Puhutaan negatiivisesta lämpötilagradientista (kuva 2), mikä johtaa äänen taipumiseen ylöspäin. Kun maanpintaa lähellä olevat ilmakerrokset viilenevät ja maa säteilee lämpöä ylöspäin, esimerkiksi selkeän sään aikaan yöllä, syntyy positiivinen lämpötilagradientti, jolloin ääni taipuu alaspäin. Pilvinen sää tasaa edellä mainittuja vaikutuksia, jolloin lämpötilagradientit ovat vähäisempiä. (Eurasto 2003, 29.)



Kuva 2 Lämpötilan muuttumisen vaikutus eri korkeuksilla äänen etenemiseen. Vasemmalla negatiivinen lämpötilagradientti. Oikealla positiivinen lämpötilagradientti. Lähde: Eurasto 2003, 29 - 30

Maanpinnan läheisyydessä tuulen voimakkuutta vähentävät maanpinnan muodot ja vastus. Tuulen nopeus kasvaa korkeuden kasvaessa. Lämpötilagradientit vaikuttavat tuulen nopeuteen positiivisen jarruttaessa tuulta alaspäin; iltaa kohden tuuli heikkenee ja lisääntyy taas aamulla auringon noustessa. Negatiivinen lämpötilagradientti aiheuttaa usein lyhytaikaisia ilmanpyörteitä maanpinnan epätasaisuudesta johtuen. (Eurasto 2003, 29-30.)



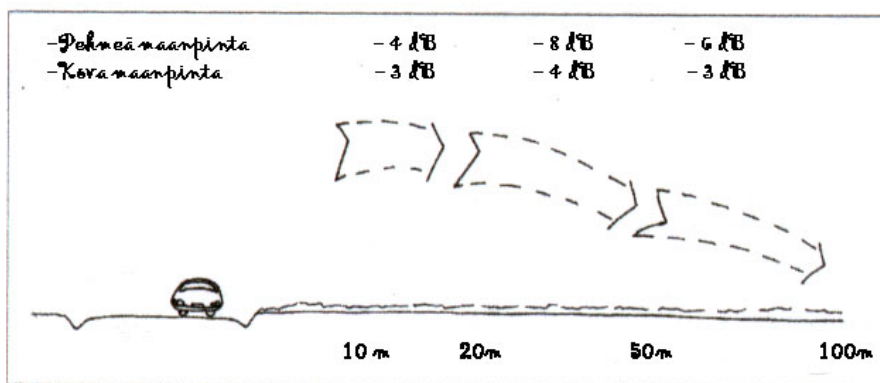
Äänen nopeus myötätuulessa kasvaa korkeuden kasvaessa sekä äänen nopeuden summautuessa tuulen nopeuden kanssa, kuitenkin ääni taipuu maanpintaa kohden. Vastatuuli hidastaa äänen kulkua ja ääni taipuu ylöspäin, jolloin voi syntyä varjoalueita maanpinnan lähellä sijaitseviin tarkastelupisteisiin. Myötätuulella mitatut äänitasot voivat olla neutraalia tilannetta suurempia ja vastatuulella pienempiä. (Eurasto 2003, 30 - 31.)

Lämpötila ja tuuliolosuhteet vaihtelevat maanpinnan läheisyydessä paikallisesti ja ajallisesti aiheuttaen epätasaista ilmavirtausta, pyörteisyyttä. Pyörteisyyden voimakkuuteen ja kokoon vaikuttavat säätilan lisäksi maanpinnan laatu sekä korkeusolosuhteet. Pyörteisyys aiheuttaa äänen suunnan ja nopeuden satunnaisia muutoksia, jotka ovat voimakkaampia lähempänä maanpintaa. (Eurasto 2003, 31.)

### 3.2.2 Maanpinnan vaikutus

Maanpinnan laatu eli akustiset ominaisuudet, muoto, äänilähteen ja tarkastelupisteen korkeus maanpintaan nähden ja äänen taajuus vaikuttavat äänenpainetasoon puhuttaessa maanpinnan vaikutuksesta (Eurasto ym. 1992, 31). Huokoiset maalajit ja pehmeä maa (ruohikko) vaikuttavat alentavasti äänitasoon. Kovat pinnat (asfaltti, kallio, vesi) vahvistavat ja heijastavat ääntä (kuva 3). Kun äänilähteen korkeus on suurempi kuin 5 % lähteen ja tarkastelupisteen välisestä etäisyydestä, vaimennus voidaan jättää huomiotta sen osuuden jäädessä vähäiseksi korkeuden kasvaessa. (Pleym 1991, 272.)

Maanpinnan ominaisuudet muuttuvat vuodenaikojen mukaan ja vaikuttavat täten sen absorboivaan tai heijastavaan vaikutukseen. Maavaimennuksen on havaittu olevan erilainen myötätuulessa kuin vastatuulessa. (Eurasto 2003, 32.)

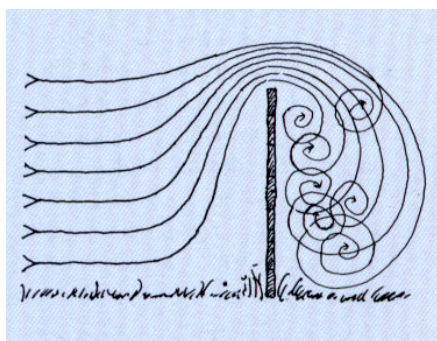


Kuva 3 Etäisyyden ja maanpinnan likimääräinen vaikutus melutasoon.  
Lähde: Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 26

### 3.2.3 Kasvillisuuden vaikutus

Kasvillisuuden vaikutukset ääneen ovat absorptio, heijastuminen ja sironta. Jos kasvillisuusvyöhyke on tiheä ja leveä, se voi myös vähentää äänenpainetasoa (Eurasto ym. 1992, 31). Suurin vaimennus on saavutettavissa pohjakasvillisuuden, tiheälehvästöisen puuston ja maanpinnan vaimennuksen yhteisvaikutuksesta. Kasvillisuuden vaikutusta pohdittaessa tulee huomioida myös sen vaikutus tuuliolosuhteisiin (kuva 4). Kasvillisuuden vaikutus on lisäksi hyvin vuodenaiksidonnainen. (Eurasto 2003, 32 - 33.)

Raimo Euraston (2003, 32 - 33) mukaan useiden tutkimusten tulokset kasvillisuuden vaikutuksesta ääneen ovat keskenään ristiriitaisia. On tutkimuksia, joissa 50 m leveä metsäalue vaimentaa ääntä 8-10 dB. Toisaalta metsän on todettu alentavan äänitasoa vasta, kun sen leveys on 100 m. (Eurasto 2003, 32 - 33.)



Kuva 4 Tuuli aiheuttaa ilmanpyörteitä umpinaisen aidan takapuolelle. Kasvillisuudella voidaan vaikuttaa kuvan tilanteeseen pyörteitä vähentävästi. Lähde: Thorstensen 2004, 38

### 3.2.4 Esteiden vaikutus

Esteen vaimennus on sidonnainen sen mittoihin ja kokoon sekä äänen taajuuteen ja aallonpituuteen (Eurasto ym. 1992, 32). Käytännössä este vaimentaa ääntä, jonka aallonpituus on esteen korkeutta pienempi (Meluestekäsikirja 1997, 15). Toisin sanoen aallonpituus korkeilla äänillä on lyhyttä ja matalilla pitkää esteeseen nähden. Täten korkeita äänen aallonpituuksia ja taajuuksia on helpompi vaimentaa. Matalat äänet voivat myös taipua esteen ylitse. (Eurasto ym. 1992, 32.)

### 3.2.5 Lumen vaikutus

Pehmeän lumipeitteen vaimennus on paljaaseen maanpintaan nähden suurempi. Toisaalta lumi johtaa helposti positiivisten lämpötilagradienttien syntyyn, jolloin maanpinnan vaimennus pienenee tai häviää. (Eurasto 2003, 32.)

### 3.2.6 Rakenne/runkoääni

Äänen värähdysenergian siirryessä ilmasta kiinteisiin materiaaleihin (esim. talon rakenteet) puhutaan rakenneäänestä. Vaimennus äänen edetessä kiinteässä aineessa on vähäisempää ilmaan verrattuna. (Pleym 1991, 272.)

## 4 MELU

Ääni sinänsä on neutraali fysikaalinen käsite. Se käsittää subjektiivisen näkökulman, jolloin kuulijasta riippuen sama ääni voidaan luonnehtia joko nautinnolliseksi tai häiritseväksi. (Eurasto ym. 1992, 11; Tilastokeskus 1992, 136). Meluksi luokitellaan ilmiö, jonka jokainen voi aistia (Tilastokeskus 1992, 136). Toisin sanoen melu on ääntä, joka on häiritsevää, ei-toivottua tai haitallista terveydelle ja hyvinvoinnille.

### 4.1 Melulähteet yhdyskunnassa

Yhdyskuntamelun lähteistä suurin on liikenne. Liikenteen melunlähteenä voi jakaa kolmeen osatekijään tie-, raide-, ja lentoliikenteeseen, joista tieliikenne aiheuttaa suurimman osan liikenteen melusaasteesta. Lisäksi yhdyskuntameluksi lasketaan teollisuuden ja rakentamisen aiheuttama melu sekä vapaa-ajan toimintojen melu (taulukko 1). (Eurasto ym. 1992, 34; Tilastokeskus 1992, 137-138; Meluestekäsikirja 1997, 16-18)

<i>Nyky-yhteiskunnan melunlähteet</i>	
<b>1. Kuljetusvälineet</b>	<b>2. Laitteet</b>
Autot, rekat, moottoripyörät, trukit jne.	Työssä: teollisuus ja energiantuotanto, rakentaminen, konttorit jne.
Lentokoneet, helikopterit yms.	Kotona: kotitalouskoneet, hissit jne.
Junat, raitiovaunut	Kiinteistöhuolto: esim. lumenauraus
Muut, esim. moottoriveneet	
<b>3. Vapaa-ajan harrastukset</b>	<b>4. Muut lähteet</b>
Moottoriurheilu ja -veneily	Ihminen: mm. lapsen itku yöllä, koulujen välitunnit jne.
Ammunta ja metsästys	Luonto: eläimet, sääilmiöt
Musiikki: soittaminen ja kuuntelu	
Muut mahdolliset: esim. ravintolat	

Taulukko 1 Melulähteet nykyaikaisessa teollistuneessa yhteiskunnassa. Lähde Mussalo-Rauhamaa ym. 1993, 101

#### 4.1.1 Tieliikenne

Tieliikennemelu muodostuu useiden ajoneuvojen yhteisvaikutuksesta tiellä tai katuosalla (Melustekäsikirja 1997,16). Siihen vaikuttavat yksittäisen ajoneuvon ominaisuudet (rakenne, kunto, teho, renkaat, ajoneuvotyyppi, nopeus, kuorma ja ajotyyli), tienpinnan ominaisuudet (pituuskaltevuus, pinta, materiaali, kunto, kaarteet), liikenteen määrä, koostumus, liikennevirran nopeus, tarkastelupaikka ja sen ympäristön ominaisuudet sekä säätila. (Melustekäsikirja 1997, 16; Eurasto ym. 1992, 35) Kun nopeudet ovat alle 50 km/h, vallitseviksi melun aiheuttajiksi muodostuvat moottorin ja pakoputken äänet. Suuremmilla nopeuksilla renkaat ja korin ilmanvastus aiheuttavat huomattavimman äänen. (Melustekäsikirja 1997, 16 - 17.)

Ajoneuvojen kokonaismäärä niiden tuottamaan kokonaismelutasoon nähden on suoraan verrannollinen. Jos liikennemäärä muuttuu kaksinkertaiseksi tai puoleen, äänitaso muuttuu  $\pm 3$  dB. Muutos kertoimella kymmenen johtaa  $\pm 10$  dB:n muutokseen. Tilastokeskuksen (1992, 137) mukaan raskas ajoneuvo on keskimäärin 10 dB kevyttä meluisampi. Nopeudella 50 km/h yksi raskas ajoneuvo vastaa melutasoltaan kymmentä henkilöautoa ja nopeudella 100 km/h viittä. (Tilastokeskus 1992, 137.)

Nopeuksien 80-100 km/h välillä on noin 3 dB:n ero melutasossa. 100-120 km/h nopeuksilla vastaava ero on 2,5 dB. Nopeuksien vähentäminen näillä vauhdeilla johtaisi jopa 40-50% melua vähentävään vaikutukseen. (Tilastokeskus 1992, 137.)

Rengasmeluun vaikuttavat renkaan eri ominaisuudet sekä tien pinnan laatu. Sileän ja karkean päällysteen välinen ero on jopa 8 dB. Sileän ja erittäin kuvioidun renkaan ero on noin 2-3 dB vakionastojen lisätessä melua noin 2 dB ja uudempien kevytnastojen 1 dB. (Tilastokeskus 1992, 137.)

Tieliikenne on nykyään ympäristön huomattavin melunlähde ja se on yleistä kaikkialla eritoten tiheästi asutuilla alueilla (Vuori ym.1984, 8). Tyypillistä liikennemelulle on sen paikoittainen jatkuvuus ja taajuus, joka painottuu pienille taajuuksille. Toisaalta melun määrän vaihtelun on hyvinkin sidoksissa paikkaan ja vuorokaudenaikaan. (Eurasto ym. 1992, 35.) Tyypillisesti tieliikennemelun äänilähde sijaitsee lähellä tienpintaa, jolloin maaston ominaisuudet vaikuttavat äänen etenemiseen. Esteettömässä ympäristössä tieliikennemelun taso laskee noin 3 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa ja 10 dB, kun etäisyys kymmenkertaistuu. (Tilastokeskus 1992, 137; Eurasto ym. 1992, 35). Taulukossa 2 on esitetty päästörajat erilaisille ajoneuvoille.

Ajoneuvotyyppi	Melupäästöraja dBA
Henkilöauto	74
Pakettiauto < 3,5 tn	77
Linja-auto < 150 kW	78
Linja-auto > 150 kW	80
Kuorma-auto ja muu erikoiskalusto < 150 kW	78
Kuorma-auto ja muu erikoiskalusto > 150 kW	80
Traktori	89
Moottorikelkka	78
Moottoripyörä (moottoritehon mukaan)	75-80
Mopo (moottoritehon mukaan)	66-76

Taulukko 2 Ajoneuvojen päästörajoja. Lähde: Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset 2004, 56

#### 4.1.2 Raideliikenne

Raideliikenne koostuu junien, metrojen ja raitiovaunujen liikenteestä. Suurimman osan melusta aiheuttaa pyörien pyöriminen kiskoilla. Junan moottori, signaalit, ilmastointi ja jäähdytyslaitteet aiheuttavat lisäksi melua, jonka vaikutusalue radan välittömässä läheisyydessä. Melua tuottaa lisäksi rataverkon kunto; vaihteet, kiskojen jatkokset sekä sillat aiheuttavat

ympäristöön selkeistä meluhuippuja. (Eurasto ym. 1992, 37; Meluestekäsikirja 1997, 17.)

Raidemeluun vaikuttaa nopeus, junan pituus, paino ja kunto, tyyppi, liikenteen määrä, radan ominaisuudet, ympäristön ominaisuudet ja säätila. Melulähde sijaitsee monesti korkealla sillalla tai penkereellä, jolloin maavaimennuksen osuus on pieni ja melulla on mahdollisuus levitä laajalle. (Eurasto ym. 1992, 37; Meluestekäsikirja 1997, 17.)

Raideliikenne aiheuttaa äänen lisäksi myös tärinää radan läheisyydessä ja täten mahdollista runkoääntä läheisissä rakennuksissa. Tärinään vaikuttavat tekijät ovat junan nopeus, pituus ja paino, raiteen kunto sekä maapohjan ja radan jäykkyys. (Meluestekäsikirja 1997, 17)

#### 4.1.3 Lentoliikenne

Lentokoneiden aiheuttama melu syntyy moottoreista tai potkurista. Syntyvä melu riippuu koneen kuormasta, tyypistä, lentotapahtumasta, liikenteen määrästä ja etäisyydestä sekä ilman vastuksesta eli niin sanotusta aerodynaamisesta melusta. Eniten melua syntyy lentokentillä nousun ja laskun yhteydessä. Lyhytaikaiseksi jäävä vaikutus voi tällöin ylittää kohtuullisen suurelle alueelle korkeiden melutasojen ja mm. melulähteen korkean sijainnin takia. Tällöin kokonaismelutasoon vaikuttaa myös nousujen ja laskujen vuorokautinen määrä. (Eurasto ym. 1992, 36; Meluestekäsikirja 1997, 17.)

Suurin osa lentoliikenteen aiheuttamasta melusta keskittyy lentokenttien läheisyyteen. Se ei ole jatkuvaa vaan muodostuu yksittäisistä melutapahtumista. Lentoliikenteestä häiritsevän tekee melun sisältämät korkeat taajuudet ja voimakkaat melutasot. (Vuori ym. 1984, 9.)

#### 4.1.4 Teollisuus ja rakentaminen

Teollisuusmeluun lasketaan teollisuuslaitokset, voimalaitokset, louhimot ja murskaamot. Monimuotoisuutensa johdosta teollisuuden melu on vaihtelevaa ja sitä aiheuttavat esim. puhaltimet, kompressorit, pumpput, venttiilit, savupiiput, erilaiset koneet, kuormansiirtovälineet ja liikenne. Meluun vaikuttaa teollisen toiminnan laatu, melulähteiden sijainti, laitteiden kunto, tuotantomäärät ja ympäristön ominaisuudet sekä säätila. Melu on teollisuudessa paikallaan pysyvää, usein impulssimaista ja jopa ympärivuorokautista. (Vuori ym. 1984, 10 - 11; Eurasto ym. 1992, 40; Meluestekäsikirja 1997, 17.)

Myös rakentamisesta aiheutuvan melun ärsyttävyyttä lisää usein sen impulssimainen luonne. Meluun vaikuttavat lähinnä käytössä olevat koneet, laitteet ja menetelmät. Rakentamismelu kestää tyypillisesti rajatun ajan, jolloin perustamisvaiheessa raskaiden koneiden runsas käyttö aiheuttaa suurimpia melutasoja. (Vuori ym. 1984, 11; Eurasto ym. 1992, 39; Meluestekäsikirja 1997, 17.)

#### 4.1.5 Vapaa-ajan toimintojen melu ja muut melun lähteet

Vapaa-ajan toimintojen melua aiheuttavat mm. moottoriurheilu, vesikulkuneuvot, ampumaradat, ulkoilmatilaisuudet, ravintolat ja musiikin soittaminen sekä kuuntelu. Häiritsevää melua saattavat aiheuttaa myös mm. kiinteistöjen jätehuolto, lakaisukoneet, lehtipuhaltimet, ruohonleikkurit ja talvella lumen auraus. Meluhaittoja voi syntyä myös rakennuksissa sisäisesti erilaisten laitteiden käytön seurauksena, esimerkkinä talotekniset laitteet. (Vuori ym. 1984, 10 - 12; Eurasto ym. 1992, 40; Meluestekäsikirja 1997, 18.)



## 4.2 Melun vaikutukset

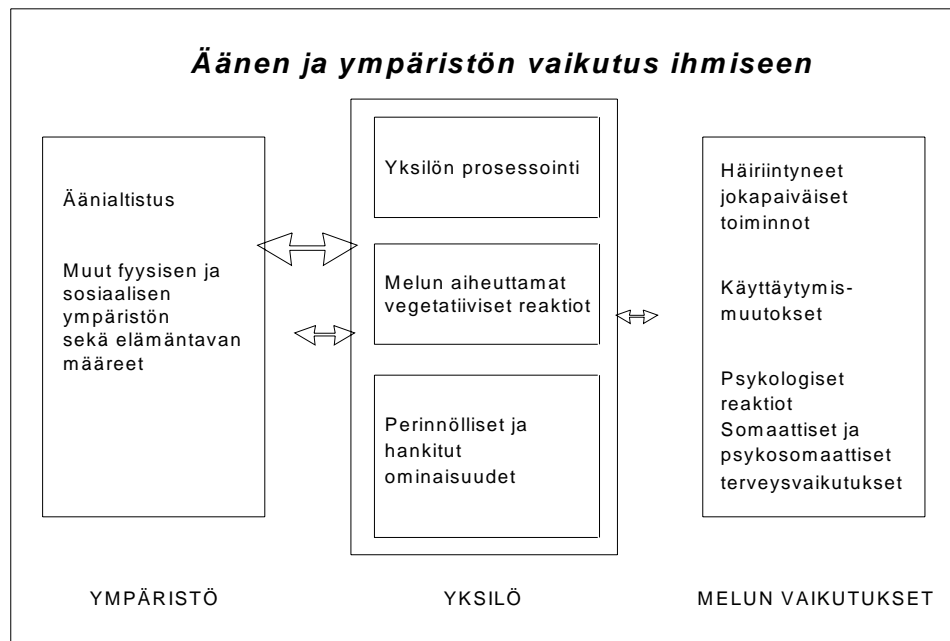
Melulla katsotaan olevan erilaisia vaikutuksia ihmiseen (taulukko 3). Kuulovaurion syntyminen voimakkaan ja pitkäkestoisen melualtistumisen johdosta lienee konkreettisin ja tunnetuin melun aiheuttama haitta. Melu vaikuttaa ihmisen yleiseen terveydentilaan sekä viihtyvyyteenkin, sitä pidetään yhtenä ympäristön stressitekijänä ja riskinä ihmisen terveydelle sekä hyvinvoinnille (Vuori ym. 1984, 13). Sen vaikutukset jaetaan suoriin ja välillisiin vaikutuksiin (Tilastokeskus 1992, 147). Suoriin vaikutuksiin lasketaan kuulovauriot, erilaiset välittömät psykofysiologiset ja emotionaaliset reaktiot. Välillisiä vaikutuksia taas ovat erilaiset muut terveydelliset haitat, kuten päänsärky ja ärsyntyminen, taloudelliset haitat, joihin voi kuulua mm. maan hinnan aleneminen, heikentynyt työtehokkuus sekä käyttäytymisvaikutukset eli mm. muutto hiljaisemmalle seudulle. Välilliset vaikutukset ovat erittäin monimutkaisia ja niihin vaikuttavat mm. sosiaaliset tekijät. (Tilastokeskus 1992, 147.)

<b>Haitta</b>	<b>dB(A)-äänitaso</b>
Yleinen häiriövaikutus, vaikutukset suorituskykyyn, muut psyykkiset vaikutukset ja vaikutus uneen	30 - 40 ->
Muutokset verenkierrossa ja muissa elintoiminnoissa	60 - 70 ->
Keskustelun häiriintyminen	60 - 70 ->
Keskustelun estyminen	80 - 90 ->
Kuuloaistin vioittuminen pitkäaikaisen altistumisen seurauksena	80 - 85 ->
Kipukynnys	120 -130 ->

Taulukko 3 Melun haittavaikutus ihmiseen. Lähde: Meluselvitys 1999, 4

Kuulovaurio, jonka aiheuttaa voimakas (yli 80 dB) ja pitkäkestoinen meluallistatus, on erilaisilla tutkimuksilla kiistattomasti todistettu melun haitta. Psykofysiologisia vaikutuksia ovat tahdosta riippumattomat reaktiot, kuten säikähtäminen, suuntautuminen ja puolustusreaktio. Melu vaikuttaa yleiseen vireystilaan, joka vaikuttaa ihmisen psyykkiseen suorituskyykyyn. Vireystila on merkityksellinen niin unen ja levon kuin työnteonkin suhteen. Melu saattaa vaikeuttaa nukahtamista, keventää unta ja herättää siitä. Melu vaikuttaa myös ihmisen suorituskyykyyn, oppimiseen ja muuhun käyttäytymiseen. (Tilastokeskus 1992, 147 - 148.)

Melun on todettu lisäksi vaikuttavan mm. verenkiertoelimistön toimintaan, lähinnä verenpaineen nousun yhteydessä. Kuitenkin erinäisten tutkimusten tulokset ovat keskenään erittäin ristiriitaisia. (Tilastokeskus 1992, 148.) Epäsuorasti melun vaikutukset voivat aiheuttaa stressiä ja altistaa erilaisille infektioitaudeille (Pleym 1991, 272).



Kuva 5 Käsitteellinen malli äänen ja ympäristön vaikutuksesta ihmiseen sekä vaikutusten ilmenemisestä terveyteen ja elämäntapaan. Lähde: Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2001, 6.

#### 4.2.1 Meluherkkyys

Melu jakaa yksilöt ryhmiin alttiudessa stressitekijöihin. Jaon kautta saadaan selville yksilöt, jotka eivät juuri huomaa melua, jonka toiset taas kokevat häiritseväksi (kuva5). (Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2001, 6.) Meluherkkyys kertoo ihmisen asenteesta meluun (Stansfeld 1992). Se kertoo tavasta reagoida meluun, ei niinkään sen fysikaalisiin ominaisuuksiin. Meluherkkä aistii melun uhkaavampana, reagoi siihen enemmän ja tottuu hitaammin kuin vähemmän meluherkkä ihminen. Tutkimusten mukaan meluherkkyys on altistuksen ja häiritsevyyden välinen tekijä, joka selittää yksilölliset erot melun häiritsevyyden yksilöllisyydessä. (Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2001, 7)

#### 4.2.2 Melun häiritsevyyys

Melun havaitseminen ei aina tarkoita sen kokemista häiritseväksi (Paikkala ym. 1983). Häiritsevyyteen liittyvät sen vaikutukset toimintaan, käyttäytymiseen, epämiellyttävyyteen ja hermostumiseen (taulukko 4). Useimmiten melukokemus johtaa häiritsevyyden lisäksi kielteisten tunnetilojen kokemukseen, kuten suuttumus, ahdistuneisuus, levottomuus, tyytymättömyys. Melu saattaa johtaa mm. käyttäytymiseen niin, että päivittäiset rutiinit muodostuvat melun vaikutusta alentaviksi: ikkunat pidetään suljettuina ja parveketta ei käytetä. Sosiaalisessa käytöksessä meluisuus voi johtaa aggressiivisuuteen ja epäystävällisyyteen. (Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2001, 8-9)

Melutaso (dB)	Häiriintyvien osuus %
55 - 65	33
65 - 70	50
> 70	100

Taulukko 4 Häiriintyvien ihmisten prosentuaalinen osuus melun eri tasoilla.  
Lähde: Meluselvitys 1999, 5

### 4.3 Melun ohjearvot ja lainsäädäntö

Meluntorjuntalaki ja -asetus (382/87, 169/88) ohjaavat meluntorjuntaa Suomessa. Ne velvoittavat sekä viranomaisia että melun aiheuttajia ottamaan toiminnoissaan meluntorjunta huomioon. Lisäksi terveydensuojelulaki ja -asetus (763/94, 1280/94) sekä valtioneuvoston päätös melutason yleisistä ohjearvoista (Vnp 993/92) ohjaavat meluntorjuntaa (taulukko5). Myös rakennuslaki (370/58), laki yleisistä teistä(243/54), tieliikennelaki (267/81) ajoneuvoasetus (233/82), ympäristövaikutusten arviointimenettelylaki (468/94), maankäyttö ja rakennusasetus (896/99) ja ympäristönsuojelulaki (86/00) ottavat kantaa meluun ja siltä suojautumiseen. (Meluestekäsikirja 1997,19 - 21; Meluselvitys 1999, 7.)

Lainsäädännön mukainen meluntorjunta pyrkii vähentämään melulähteen päästöjä, rajoittamaan toimintaa, joka aiheuttaa melua, estämään melun leviämistä ja suojaamaan melulle altistuvia. Monesti säädöksillä pyritään rajoittamaan erilaisten kohteiden melutasoa. (Pleym 1991, 272.)

Meluntorjuntaa on linjattu myös näkökulmasta, joka pyrkii kartoittamaan niin sanottuja hiljaisia alueita ja edelleen suojelemaan niitä melulta (Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 10).

<b>Melun yleiset ohjearvot, Melun keskiäänentaso <math>L_{Aeq}</math> (dB)</b>		
<b>Alue ulkona</b>	päivä	yö
asuminen, virkistysalue taajamassa, hoito- ja oppilaitokset	55	50*
Loma-asuminen, leirintä, virkistys- ja luonnonsuojelualue	45	40
<b>Huone tai tila sisällä</b>	päivä	yö
asuin-, potilas- ja majoitus-	35	30
opetus- ja kokoontumis-	35	-
liike- ja toimisto-	45	-
*uudella alueella 45 dB		

Taulukko 5 Melun yleiset ohjearvot ulko- ja sisätiloissa. Lähde: Lahti 2003, 58

#### 4.4 Melutilanne Suomessa

Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004 - julkaisu linjaa Suomen melutilannetta seuraavasti:

”EU:n alueella kaksi kolmasosaa väestöstä asuu kaupunkialueilla, joiden laajuus on vain noin prosentti maa-alueiden pinta-alasta. Noin 120 miljoonaa ihmistä eli 30 prosenttia väestöstä altistuu tieliikenteen melulle, joka päiväaikana ylittää 55 dB:n melutason.”

Suomen sekä myös muiden pohjoismaiden olosuhteissa yli 55 dB:n melualueilla asuu Keski-Eurooppaan verraten vähemmän ihmisiä. Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen tie- ja liikennelaboratorion (1988) selvityksen mukaan 17 prosenttia suomalaisista altistuu yli 55 dB:n sekä 5 prosenttia yli 65 dB:n tieliikennemelulle. Yleisen taajamamelun (yli 55 dB) alueella Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen LVI-tekniikan laboratorion (1982) selvityksen mukaan asuu noin 1,6 miljoonaa suomalaista. (Tilastokeskus 1992, 146.)

Suomen nykyisestä melutilanteesta ei ole kattavaa tietoa. Kunnat on kuitenkin ympäristösuojelulain mukaan velvoitettu seuraamaan melutilannetta alueellaan. Lisäksi toiminnanharjoittajien tulisi olla selvillä aiheuttamistaan vaikutuksista ympäristöön. Nykyisellään melutilanteesta ja tehdyistä meluselvityksistä koottujen tietojen mukaan joka viides suomalaisista altistuu päivällä yli 55 dB:n keskiäänitasolle suurimmilla kaupunkialueille ja Etelä-Suomessa. Edelleen kaupunki- ja liikennerakenteesta riippuen enimmillään 30 prosenttia kuntien asukkaista altistuu melulle. Yli 55 dB:n keskiäänitasolle päivällä altistuvista noin kolmanneksen katsotaan altistuvan lisäksi yli 60 dB:n sekä 5-10 prosenttia yli 65 dB:n melutasolle (taulukko6). (Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 16 - 17.)

Suurin ympäristömelulähde Suomessa on tieliikenne, jolle altistutaan eniten kaupungeissa. Taajamien sisääntuloteiden varsilla asuu 80 prosenttia yleisten teiden melualueilla asuvista suomalaisista. Erityisesti pääkaupunkiseudulla tieliikennemelulle altistuvien määrä on noussut muuta maata nopeammin tie- ja katuliikenteen kasvun seurauksesta. (Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 17.)

<b>Arvio ympäristömelulle altistuvien määrästä Suomessa</b>			
<b>Melulähde</b>	<b>Melualueella asuvat</b>	<b>Osuus suomalaisista %</b>	<b>Altistumisen raja</b>
Tieliikenne (yleiset tiet)	320 000	6,2	$L_{Aeq} > 55$ dB
Tieliikenne (kadut)	560 000	10,9	$L_{Aeq} > 55$ dB
Siviililentoliikenne	27 000	0,5	$L_{den} > 55$ dB
Rautatieliikenne	35 000	0,7	$L_{Aeq} > 55$ dB (>50 dB yöllä)
Vesiliikenne	500	0,01	$L_{Aeq} > 55$ dB
Teollisuusmelu	5000	0,1	$L_{Aeq} > 55$ dB (>50 dB yöllä)
Siviiliampumaradat	7000	0,1	$L_{Amax} > 65$ dB
Moottoriurheiluradat	2000	0,04	$L_{Aeq} > 55$ dB
<b>Yhteensä</b>	<b>956500</b>	<b>18,6</b>	

Taulukko 6 Ympäristömelulle altistuvien määrä suomessa. Lähde: Survo, Hänninen 1998 Altistuminen ympäristömelulle Suomessa ; Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 16 - 17

## 5 MELUNTORJUNTA

Melua voidaan torjua pääasiassa kaavoituksella, ajoneuvoihin kohdistuvilla säädöksillä koskien niiden melupäästöjä, liikenteen järjestelyillä ja teiden suunnittelulla, melusteilla sekä rakenteiden ääneneristävyydellä (Melustekäsikirja 1997, 31). Yksinkertaistetusti melua torjutaan estämällä äänen syntyminen, estämällä sen pääsy kohteeseen eristystoimenpitein tai estämällä äänen vastaanotto henkilökohtaisilla varusteilla (Pleym 1991, 273).

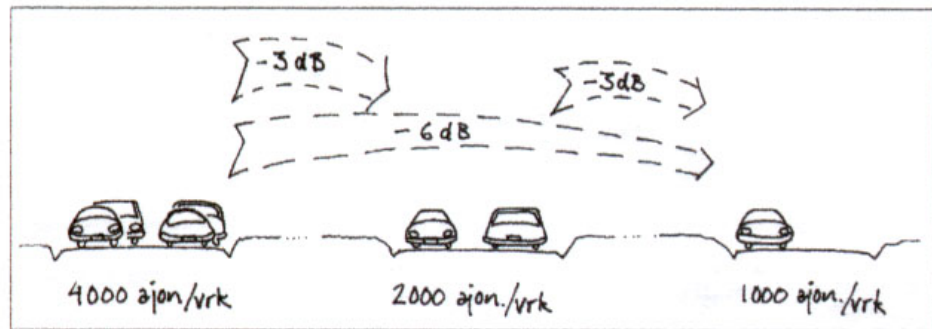
### 5.1 Melupäästön vähentäminen

Melupäästöjen syntymiseen vaikuttavat uusien liikennevälineiden, koneiden ja laitteiden ominaisuudet. Jotta pääsisimme vaikuttamaan kyseisiin ominaisuuksiin, tulee suomen osallistua aktiivisesti kansainväliseen meluntorjuntatyöhön ja tuotekehitykseen. Ei vain uusien, myös vanhojen koneiden ja laitteiden melupäästöjen valvonta on tärkeää, jotta melupäästövaatimukset toteutuisivat koko tuotteen elinkaaren osalta. Suomessa mm. ajoneuvojen melupäästöjä rajoittavat erilaiset melupäästörajat. (Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 33.)

Melun rajoittamisen ohjauseinoilla hillitään melua aiheuttavien toimintojen kasvua ja ohjataan niiden käyttöä alueellisesti sekä ajallisesti rajoituksin tai edistämällä vaihtoehtoisia vähämeluisia toimintatapoja ja kulkumuotoja (kuva 6). Edistämällä joukkoliikenteen vähämeluisia ja yleisöä palvelevia vaihtoehtoja sekä panostamalla pyöräilyn ja kävelyn verkostoihin saatamme pitkällä tähtäimellä vähentää melua lisäävää henkilöautoliikenteen kasvua. (Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 33.)

Käytännössä tieliikenteen melupäästöjen vähentäminen koskee mm. moottorien ja moottoritilan suunnittelua melunvaimennuksen

näkökulmasta. Tällä on vaikutusta taajamien melutilanteeseen, koska moottorin aiheuttama melu on vallitsevaa alle 50 km/h nopeuksilla. Erityisesti maantiemelun vaimentamiseksi kehitystyötä tulisi tehdä tienpäällysteiden ja renkaiden ominaisuuksien osalta sekä edistää näiden käyttöä melualttiissa ympäristössä. (Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 33.)



Kuva 6 Ajoneuvojen määrän vähentämisen vaikutus melutasoon. Lähde: Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 22

## 5.2 Lainsäädännön ja taloudellisen ohjauksen kehittäminen

Suomen ympäristöministeriön Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset - julkaisun (2004) mukaan keskeisessä asemassa meluhaittoja ehkäistessä ovat ohjearvot, joita käytetään yleisesti suunnittelussa sekä lupapäätöksiä tehdessä. Ohjearvoja ja niiden soveltamista tulee edelleen kehittää ja uudelleen arvioida erityisesti suuntaan, jossa melun haittojen arvioimista laajennetaan nykyisestä. Lisäksi ohjearvoja tulee myös täydentää vastaamaan paremmin nykytilannetta. Tälle asettavat painetta mm. ympäristömeludirektiivin soveltaminen. (Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 35)

Taloudellisen ohjauksen käsittävät erilaiset verot sekä maksut. Meluntorjunnassa tätä näkökulmaa ei suomessa ole juuri käytetty kuin lentoliikenteen yöaikaisille suihkukoneiden lentoonlähdoille. Uusia näkökulmia taloudelliseen ohjaukseen ovat mm. mahdollinen siirtyminen fiskaalisiin perusteisiin kerätyistä veroista käyttäjämaksuihin. Tällöin



aiheuttamisperiaatteen mukaisesti esimerkiksi melua aiheuttava maksaa korvauksia kyseiselle melulle altistuville. (Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 35).

### 5.2.1 Melutiedon lisääminen ja osaamisen parantaminen

Suomen ympäristöministeriön Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset - julkaisun (2004, 35) mukaan meluntorjunnan tietotasoa ja osaamista tulisi parantaa mahdollisesti lisäämällä tutkimusta, koulutusta ja tiedotusta. Tiedotus ja valistustyön tulisi koskea niin teknisen alan virkamiehiä ja päättäjiä kuin laajaa yleisöäkin. Valistustyössä voidaan pyrkiä melun torjuntaan mm. energiansäästöön houkuttelemisen kautta, jolloin selkeä hyöty, säästetty euro polttoainelaskussa, johtaa samalla vähämeluiseen ajotapaan. Kiinnostavaa olisi myös energiamerkinnän tyyppinen melumerkintä erilaisiin melua aiheuttaviin tuotteisiin, joka helpottaisi ihmisten kulutustapojen suuntausta. (Lahti 2003, 119.)

### 5.3 Kaavoitus ja maankäytön suunnittelu

Kaikilla kaavatasoilla tehtävät suunnitteluratkaisut vaikuttavat melutilanteeseen. Alueiden käytön suunnittelu on keskeinen meluntorjunnan näkökulmasta. Tällä voidaan vaikuttaa melunlähteisiin, melun leviämiseen, sen ehkäisemiseen sekä melulle alttiiden toimintojen ja kohteiden suojaamiseen sekä sijoitteluun. Alueellinen kaavataso suunnittelu voi estää uusien haitta-alueiden muodostumisen sekä parantaa olemassa olevien ympäristöjen tilaa pitkällä tähtäimellä. Kaavoituksen edetessä meluntorjunnan kannalta on tärkeää että liikennettä suunnitellaan maankäytön yhteydessä. (Meluestekäsikirja 1997, 32).

Seutu-, yleis-, ja osayleiskaavatasolla melua voidaan torjua maankäytön, liikenneverkon, pääteiden- ja katujen sijoitusratkaisuilla. Lisäksi kaavassa

voidaan esittää suosituksia ja ohjeita melun lisätorjuntaa koskien, esimerkiksi esteiden sijoittelusta ja suoja-alueista yksityiskohtaisemman kaavoituksen ohjaamiseksi. Tällä kaavoitustasolla tulee esittää lisäksi alueet joiden suunnittelussa meluntorjunta on erityisesti huomioitava. (Meluestekäsikirja 1997, 33).

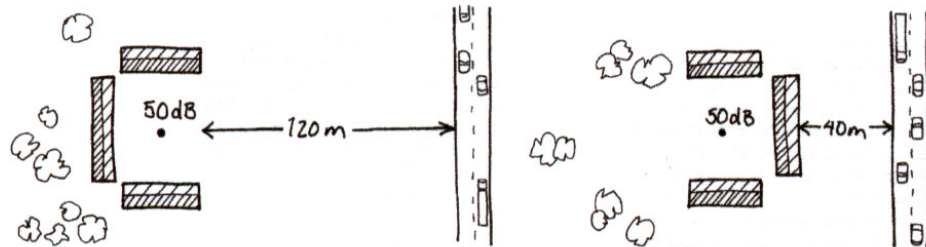
Asemakaavatasolla suunnittelussa otetaan ensisijaisesti huomioon muiden kaavojen ohjeet ja määräykset. Tarvittaessa tehdään tarkempia selvityksiä meluntorjunta- ja ehkäisytarpeesta alueella. Pääpaino asemakaavoituksen meluntorjunnassa on kuitenkin toimintojen sijoittamisessa ja rakennusten käyttötarpeen määrittelemisessä sekä muissa rakennusten kokoa, sijoittelua, muotoa, ulkokuoren ääneneristävyyttä ja liikenneverkkoa koskevissa seikoissa. (Meluestekäsikirja 1997, 33).

Meluntorjunnassa huomionarvoisia saavutuksia on tehty toimintojen ja rakennusten sijoittelulla. Melulähteen viereen sijoitetaan melua sietävien toimintojen rakennuksia, kuten autotalleja, meluherkemmät kohteet voidaan sijoittaa näiden esteiden taakse. Suojaavat rakennukset tulee aina rakentaa ennen suojattavan kohteen käyttöönottoa. Kadunvarsille sijoitettavat rakennukset on edullista sijoittaa kadun suuntaisesti, niille on kuitenkin taattava riittävän alhaiset äänitasot asuinhuoneisiin mm. rakenteiden ääneneristävyyden avulla. Huoneistojen tulisi olla tällöin läpitalon huoneistoja. Tällöin saadaan piha-alueet sijoitettua rakennusten taakse suojaan melulta. (Meluestekäsikirja 1997, 33 - 34).

### 5.3.1 Rakennusten estevaikutus

Rakennuksilla voidaan meluaitojen ja vallien tavoin torjua melun etenemistä. Parhaimman suojan melua vastaan muodostaa tiensuuntainen, pitkä ja yhtenäinen rakennusrivistö (kuva 7). Suojaavan rakennuksen korkeus vaikuttaa suoraan muodostuvaan äänivarjoon. Mitä korkeampi, sitä paremmin rakennus melulta suojaa. Kaksikerroksisen

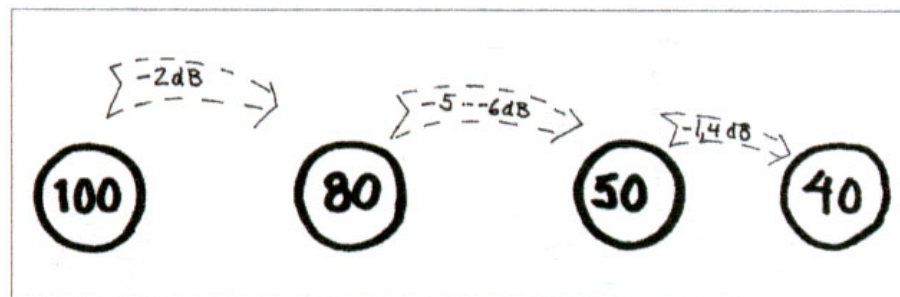
rakennuksen vaimennus on jopa 10 - 15 dB. Piha-alueille sekä alimmalle kerrokselle yhtenäinen autotalli tai -katos takaa riittävästi suojaa melua vastaan. (Lahti 2003, 103)



Kuva 7 Kuvassa havainnollistetaan rakennuksen melulta suojaavaa merkitystä. Lähde: Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 28

#### 5.4 Liikenne-, tie- ja katusuunnittelu

Liikennesuunnittelussa liikenteen järjestelyillä voidaan siirtää mm. läpikulkuliikennettä asuntokaduilta pääkaduille. Tällainen jäsentely vähentää meluherkkien alueiden liikennettä ja kohdistaa meluntorjuntakohteita. Keskustoissa liikenteen määrää voidaan pyrkiä vähentämään ohikulkuteillä, kattavalla pysäköintisuunnittelulla ja hyvällä joukkoliikenteellä. Melua voidaan torjua myös raskaalle liikenteelle suunnatuin ajallisin rajoituksin ja suositusreitein. (Meluestekäsikirja 1997, 36 - 37).



Kuva 8 Nopeuden muutoksen likimääräinen vaikutus melutasoon. Lähde: Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 23

Ajonopeuksien alentaminen vähentää melua oikeiden linjausten, tasausten ja päällysteiden ohessa (kuva 8). Nopeuksiin puututtaessa melun vähenemisen kannalta ovat nopeuksien rajoittamistavat oleellisia. Nopeutta tulisi alentaa keinoin, jotka eivät aiheuta tarvetta vaihtaa vaihteita pienempään. (Lahti 2003, 76). Ajouradan korkeussuhteet vaikuttavat olennaisesti melun leviämiseen. Leikkauksessa sijaitseva väylä aiheuttaa pienempää melurasitusta ympäristöönsä. Samoin lyhyt nousu on meluntorjunnan kannalta parempi kuin pitkä, erityisesti raskaan liikenteen aiheuttaman melun näkökulmasta. (Meluestekäsikirja 1997, 38.)

Tieliikenteessä aiheutuva ajoneuvomelu riippuu kaluston ominaisuuksien lisäksi nopeudesta, kiihdytyksistä sekä hidastuksista. Lisäksi käytetty vaihde ja vaihteen vaihdokset liittyvät muodostuvaan meluun. Ajotapa vaikuttaa siis polttoaineen kulutukseen, pakokaasujen määrään, liikenneturvallisuuteen ja lisäksi melun muodostumiseen. Rauhallisella ja sujuvalla liikenteellä on siis muitakin arvoja kuin melun vähentäminen. Liikennevirtatutkimuksissa on todettu sujuvuuden vaikuttavan meluun jopa 4 dB:n verran. (Lahti 2003, 77.)

Hyvällä suunnittelulla toteutetut visuaaliset hidastekeinot vaikuttavat usein ajonopeutta hidastaen. Erityisesti nopeuteen vaikuttavat tien kaventaminen tai saarekkeiden käyttö, joka luo mielikuvaa väylästä, jolla tulee ajaa rauhallisempaa vauhtia. Meluntorjunnan näkökulmasta on kuitenkin tärkeää, etteivät fyysiset hidasteet, töyssyt ja kavennukset ole liian voimakkaita, jolloin kiihdytys ja jarrutustilanteet lisäisivät melua entisestään. (Lahti 2003, 78.)

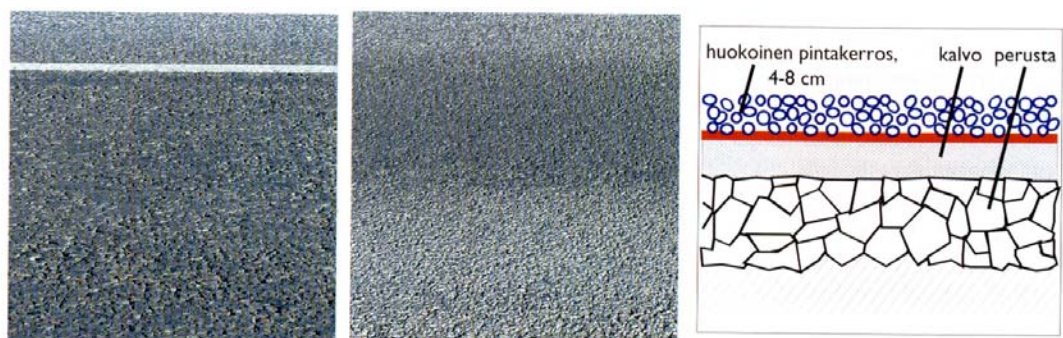
Risteyksien ja liittymien suunnitteluun pätevät melun kannalta samat sujuvuuden tavoitteet. Erityisesti vilkasliikenteiset risteykset ovat tiealueen kohtia, joissa liikenteen melu on voimakasta kuin suorilla osuuksilla. Liikennevalojen 'vihreä aalto' ja ajoneuvoihin reagoivat liikennevalot parantavat usein liikenteen sujuvuutta ja vähentävät melua noin 2 dB. Risteystyypeistä liikenneympyrän on todettu aiheuttavan melua vähemmän kuin tavallisen risteyksen. (Lahti 2003, 79.)

#### 5.4.1 Vähämeluiset tienpäällysteet

Vähämeluinen tienpäällyste on pinnaltaan huokoinen (kuva 9).

Päällysteellä saavutettava vaimennus on tavallisesti 2 - 4 dB pinnan ollessa uusi. Maantienopeuksilla vähämeluisella päällysteellä voidaan saavuttaa jopa 5 dB:n vaimennus. Tulevaisuuden päällysteiden kehitystyö tähtää aina 6-7 dB:n vaimennukseen. (Lahti 2003, 72 - 73.)

Äänen vaimentamisen lisäksi vähämeluinen päällyste on ominaisuuksiltaan edullinen märällä kelillä, jolloin sen pito on parempi tavalliseen pinnoitteeseen nähden. Kritiikin aiheutta uusi päällystetyyppi sai erityisesti kehityskaarensa alkupuoliskolla, jolloin päällyste kului nopeasti. Talviolosuhteet asettavat vilkkaan liikenteen lisänä erityisen rankat olosuhteet vähämeluisten päällysteiden ominaisuuksille. Huokosrakenne voi rikkoutua veden jäätyksen takia ja kulua nastojen vaikutuksesta normaalia asfalttia nopeammin. Keski-Euroopassa päällyste toimii jo muutamassa maassa vakiopäällysteenä päätieverkossa. Kuitenkin kehitystyötä on Pohjoismaiden olosuhteiden osalta vielä tehtävä. (Lahti 2003, 73.)



Kuva 9 Vähämeluiset tienpäällysteet. Vasemmalla kuva tavallisesta päällysteestä, keskellä vähämeluisen päällysteen pintaa, oikealla tyypillinen vähämeluisen tienpäällysteen rakenne. Lähde: Lahti 2003, 72

## 5.5 Melun etenemisen estäminen estein

Erityisesti tieliikennemelun torjunnassa käytetään erilaisia keinotekoisia meluesteitä melun vapaan etenemisen katkaisemiseksi. Jotta melueste olisi tehokas, sen tulee olla tarpeeksi pitkä ja korkea. Meluesteen aiheuttama vaimennus riippuu esteen yli kulkeman äänen ja ilman estettä suoraan kulkeneen äänen matkan erotuksesta, äänen taajuudesta sekä aallonpituudesta. (Eurasto ym. 1992, 56.) Käytännössä esteen korkeus on paikasta ja torjuntatilanteesta riippuen 2-4 m tai jopa korkeampi (Meluestekäsikirja 1997, 38 - 40).

Melunesteiden perusratkaisut ovat erilaiset meluaidat eli seinät, -vallit, ja melukaiteet. Perusratkaisuiden lisäksi voidaan esteenä käyttää tuettuja valleja, rakennusten massoja, valli - seinäyhdistelmää, maaleikkausta, este – kasvillisuusyhdistelmää sekä tunnelia ja katosta. Näistä maavalli on edullisinta toteuttaa, jos hyödynnetään lähiympäristöstä siirrettäviä maamassoja. Melueste voi olla myös absorboiva, kallistettu, hajottava, katettu tai kaksoiseste. (Lahti 2003, 95 - 97.) Tehokas melueste on tarpeeksi korkea sekä pitkä. Lisäksi oleellisia näkökulmia ovat tiivis ja tarpeeksi eristävä rakenne ja tarpeen tullen esteen mahdollisuudet absorboida ääntä. Korkeus ja pituus voidaan karkeasti määritellä niin, että esteen tulee katkaista näköyhteys melun syntykohtiin alueelta, jota melulta torjutaan. (Lahti 2003, 95.)

Esteitä rakennettaessa tulee erityisesti huolehtia esteen soveltumisesta ympäristöön. Materiaaleina onkin käytetty vaihtelevasti ja monimuotoisesti esimerkiksi puuta, betonia, tiiliä, alumiinia, muovia, lasikuitua, lasia ja kiviä. (Meluestekäsikirja 1997, 38 - 40.)

### 5.5.1 Meluvalli

Meluvalli on usein poistomaasta pystytetty melueste, jota on helpointa käyttää uusilla alueilla tai uusien teiden rakentamisen yhteydessä.

Maavallille tyypillistä on sen suuri tilantarve ja paino. Kunnallistekniikka ja huono maaperä estävätkin usein sen käyttömahdollisuudet.

(Meluestekäsikirja 1997, 38 - 39.)

Meluntorjunnan kannalta vallin muotoilun tulee olla melunlähteen puolelta mahdollisimman jyrkkä, esimerkiksi 1:2 tai 1:1,5. Meluvallin takapuoli saa olla loiva, ja se voidaan muotoilla vaihtelevaksi, muuhun ympäristöön soveltuvaksi. Kasvillisuudella valli pystytään kohtuullisen hyvin sopeuttamaan ympäröivään maisemaan. Erityisesti tieympäristön kannalta valliratkaisut ovat usein erittäin monotonisia, kuitenkin niiden rakennuskustannukset ovat edullisia, jos maa-ainesta ei tarvitse kuljettaa rakennuspaikalle kaukaa. (Meluestekäsikirja 1997, 38 - 39).

### 5.5.2 Melukaiteet

Melukaide on tavanomaisesti metrin korkuinen melueste, jota käytetään lähinnä penkereillä. Risteys ja muiden vaarallisten alueiden näkemistä tulee huolehtia. Muuten melukaide ei juuri peitä tieltä avautuvia maisemia, koska autosta näkee sen ylitse. Kaide sijoitetaan tienpientareen lähituntumaan, vähintään 0,75 metrin etäisyydelle reunaviivasta. Lumitilaa ei tarvitse mitoittaa koko talven lumille, koska suurin osa lumesta voidaan aurata kaiteen ylitse. (Meluestekäsikirja 1997, 73.)

Metrin korkuinen melukaide vaimentaa enimmillään 4...6 dB. Jos vaimennustarve on suurempi, voidaan erikoistapauksissa käyttää korotettua melukaidetta, jonka korotusosa voi olla esimerkiksi läpinäkyvä. Kuitenkin yli metrin korkuinen kaide haittaa auraustöitä.

Melukaidarakenteen tulee lisäksi olla ilmatiivis ja säänkestävyydeltään erittäin hyvä. Betoninen kaide kestää tällöin 30...50 vuotta ja teräksinen

kaide 20...40 vuotta. Ääntä imevien materiaalien käyttö ei ole suositeltavaa niiden vähäisen lian ja säänkestävyyden vuoksi. (Meluestekäsikirja 1997, 73.)

Melukaitteen rakenteen tulee kestää kevyet törmäykset, eikä myöskään auraus saa aiheuttaa sille korjaustarvetta. Voimakkaammissa törmäyksissä kaide ei saa katketa tai aiheuttaa seivästäviä osia, jolloin törmäävä ajoneuvo liukuu kaidetta pitkin esteettä. Mahdollinen törmäys kaitteen alkupäähän tulee estää tiekaiteella tai kääntämällä melukaiteen aloitus sivuun. (Meluestekäsikirja 1997, 73.)

Äänen heijastavuuteen voidaan melukaiteiden kohdalla vaikuttaa kallistamalla kaitteen yläosaa 60°:n kaltevuuteen yli 0,8 metrin korkeudesta alkaen, jolloin valumavesien määrä lisääntyy kaitteen etupinnassa. Melukaide voidaan perustaa tien rakennekerroksien varaan 0,1 m:n syvyyteen. Kaitteen taakse varataan 0,5 metrin tasainen osa. Tien kuivatusvedet tulee johtaa kaitteen alitse. (Meluestekäsikirja 1997, 73 - 74.)

### 5.5.3 Absorboiva ja kallistettu melueste

Absorboiva pinta melusteessa auttaa tilanteissa, joissa tavallinen meluseinä lisääisi melua tien vastakkaisella puolella. Esteen pinta on ääntä imevä, jotta melu ei siitä heijastuisi. Toimiva este absorboi voimakkaasti laajalla taajuusalueella, jopa 300 Hz – 5 kHz. Useimmiten absorboivan esteen lisävaikutus normaaliin nähden on kuitenkin kovin pieni ja rakenteen kestoikä huonompi. Lisäksi rakennuskustannukset ovat huomattavat normaaliin verraten. (Lahti 2003, 97.)

Kallistettu melueste on kallellaan joko tielle tai tieltä poispäin. Kallistuksella voidaan melua ohjata tieltä ylöspäin tai takaisin tiealueelle. Tätä meluestemuotoa voidaan käyttää absorboivan esteen sijaan, rakennuskustannusten pienentämiseksi. Teholtaan kallistettu este voi olla absorboivan luokkaa. (Lahti 2003, 98.)



#### 5.5.4 Katetut meluesteet sekä kaksoiseste

Uusia lupaavimpia meluestekokeiluja lienevät katetut meluesteet. Esteen harjalle lisätään tällöin ylärakenne, joka useimmiten on leikkaukseltaan T-kirjaimen tai kreikan  $\Psi$ -kirjaimen muotoinen. Lisäosa voidaan sisäpinnoiltaan valmistaa absorboivista materiaaleista, jolloin vaimennus voimistuu perusesteisiin verraten jopa 3 dB. (Lahti 2003, 99.)

Kaksoiseste muodostuu kahdesta perättäisestä samansuuntaisesta esteestä. Korkeudet tulee tällöin mitoittaa niin, että ääni taittuu kummankin esteen harjan yli. Maa-alaa este vaatii leveämmältä kuin tavanomainen seinä, kuitenkin kaksoisesteet voivat olla matalampia. Esteiden välitiloihin voidaan suunnitella kevyenliikenteen väyliä tai kasvillisuutta. (Lahti 2003, 99.)

#### 5.5.5 Kasvillisuusvyöhykkeet

Akustiikan ja melun vähentämisen näkökulmasta kasvillisuus ei tuntuvasti vaimenna ääniaallon energiaa. Kasvillisuuden luultu vaikutus melun vaimenemiseen onkin yleisimmin maavaimennuksen tuottamaa. Kasveilla on kuitenkin meluntorjunnassa lähinnä psykologinen vaikutus. Kun melun lähdettä ei nähdä, se myös kuullaan vähäisempänä. (Lahti 2003, 102.)

Liikenteen haittojen torjunnassa kasveilla on useita funktioita. Tärkeimpiä niistä on liikenteen nostattaman pölyn sitominen ja ympäristön 'happivarastona' sekä ilman puhdistajana toimiminen. Kasvillisuuden merkitys korostuu myös ympäristön viihtyisyyden muodostajana ja tuuliolosuhteiden parantajana. (Erat 1994, 85 - 87.)

Meluntorjunnalliset akustiikkaan vaikuttavat kasvillisuuden ominaisuudet ovat havaittavissa usein vasta tiheään ja kymmenien metrien laajuisen kasvillisuusalueen kohdalla (taulukko 7). Tiheä puusto ja aluskasvillisuus yhdessä pehmeän maapohjan yhteisvaikutuksella saattavat vähentää melusaastetta muutamalla desibelillä. Todistettu on, että kasvillisuus

kuitenkin vaikuttaa vaimentavasti spektrin suurtaajuiseen äänimateriaan. Käytännössä melu on tällöin sävyltään ihmiskorvalle miellyttävämpää. (Lahti 2003, 102.)

Kasvillisuus	Kasvillisuusvaimennus
Metsä	0 dB / alle 75 m vyöhykkeellä
Metsä, pensaat	3 - 6 dB / 50 m vyöhykkeellä

Taulukko 7 Kasvillisuuden vaikutus melutasoon. Lähde: Eurasto 2003, 33

### 5.5.6 Kasvillisuuseste

Keski-Euroopassa trendimaineen saavuttanut kasvillisuuseste on toistaiseksi akustisten tehotutkimusten osalta täydentävää tietoa vaativa. Este poikkeaa tavanomaisesta kasvillisuusvyöhykkeestä muodostuen pakatusta maavallista, johon on istutettu tiheän kasvillisuuden juuret. Paikoilleen kasvipakkaus sidotaan esimerkiksi pajupunoksisella verkkoaidalla. (Lahti 2003, 98.)

### 5.5.7 Läpinäkyvät meluesteet

Suomen sääolosuhteissa läpinäkyvien meluaitojen käyttö on ollut ongelmallista. Läpinäkyvyys kuitenkin keventää raskaita umpinaisia rakenteita ja mahdollistaa ympäröivän seudun maiseman kohokohtien näyttämisen tiealueen esteettisyyden parantamiseksi ja liian rajaavuuden poistamiseksi. Läpinäkyviä materiaaleja ovat lasi ja erilaiset muovit. (Meluestekäsikirja 1997, 85.)

Läpinäkyvä elementti likaantuu helposti. Ongelmaa on lähestytty välttämällä läpinäkyvän elementin sijoittamista lähelle ajorataa sekä sijoittamalla niitä poikittaisesti ajorataan nähden. Rakenne voidaan sijoittaa pystysuoraan nähden viistoon, jolloin vesisade voi puhdistaa

tienpuoleista pintaa ja puhdistustarve pienenee. Viisto pinta heijastaa liikenteen ääntä ylöspäin, joka on edullista meluntorjunnan kannalta. (Meluestekäsikirja 1997, 85.)

#### 5.5.8 Tärkeitä huomiokohtia melusteiden suunnittelussa

Melustesuunnittelussa tulee mitoittavien tekijöiden ohessa kiinnittää huomiota esteen maisemakuvallisiin tekijöihin. Erityisesti melusteiden aloitukset ja lopetukset ovat tielläliikkujan näkökulmasta häiritseviä ja silmiinpistäviä ympäröivässä maisemassa. Siltapaikkojen melusteiden yhteensovittaminen maalla oleviin on myös olennaista laadukkaan ja turvallisen tieympäristön saavuttamiseksi. (Meluestekäsikirja 1997, 76 - 77.)

Esteiden ja kaiteiden aloituksia ja lopetuksia voidaan kohentaa taittamalla esteen päätyä tieltä pois päin sekä muotoilla tai istuttaa maastoa esteen pään ympäriltä. Vaihtoehtoisesti estettä voidaan madaltaa päädyistä tai korostaa päätä erillisellä pääteosalla, joka voi olla koristeellinen pylväs tai pilasteri. Päätyä toteuttaessa tulee edelleen huomioida päädyn törmäysturvallisuus. Erilaisia sovituskohdan ratkaisuja löytyy Tielaitoksen selvityksiä 97/1995 -julkaisusta, Teiden ja siltojen kaiteet. (Meluestekäsikirja 1997, 76 - 77.)

#### 5.6 Meluntorjunta rakennuksissa

Rakennuksessa meluntorjunta keskittyy teknisistä laitteista aiheutuvan melun sekä toiminnoista aiheutuvien askel- ja ilmaäänien torjuntaan ja vaimentamiseen. Myös ulkoa tulevaa melua on tarpeen torjua talotyypin valinnalla, huonesijoittelulla sekä rakenteiden ääneneristävyydellä. (Meluestekäsikirja 1997, 40). Esimerkiksi luhtikäytävä muodostaa suojaa melua vastaan vaikeissa tapauksissa. (Lahti 2003, 108.)

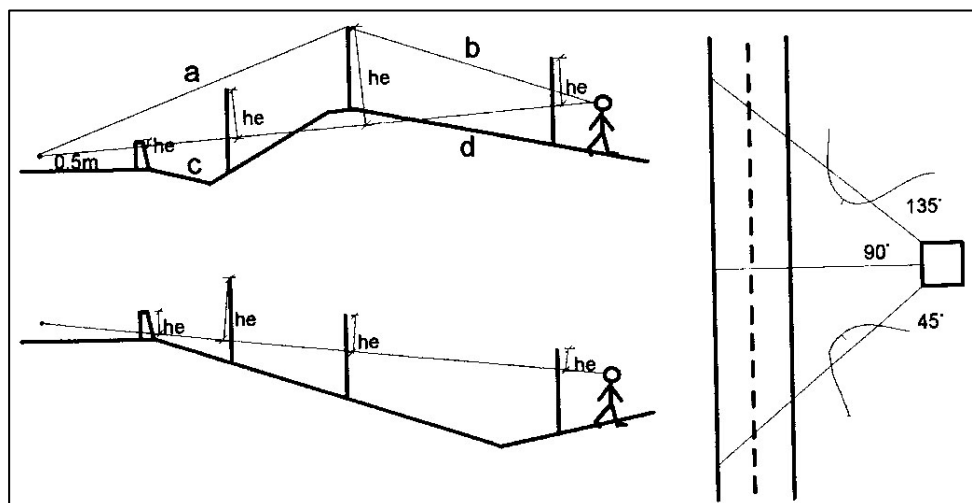
Heikoimmat kohdat melun näkökulmasta seinärakenteissa ovat ikkunat, ovat ja venttiilit. Ikkunoista oletetaan ääneneristävyyden kasvavan noin 3 dB, kun sen pinta-ala pienenee puoleen (Meluestekäsikirja 1997, 41). Kuitenkin jo ikkunoiden huolellisella tiivistämisellä voidaan ääneneristävyyttä seinärakenteessa hiukan parantaa (Eurasto ym. 1992, 56 - 57). Taas parvekkeiden lasittaminen parantaa ääneneristystä 6-12 dB. Edelleen lisätty absorptiopinta parvekkeen sisäseinissä mahdollistaa lisävaimennuksen vaikka tiiviys ei olisikaan erityisen hyvä. (Lahti 2003, 110.)

## 6 MELUESTEEN SIJOITTELU JA KORKEUS

Meluesteen sijainti melulähteeseen nähden vaikuttaa esteen aiheuttamaan vaimennukseen. Tarve meluntorjuntaan, mahdollisen esteen koko sekä vaimennus lasketaan aina jollakin hyväksytyllä melunlaskentamallilla. Esteen valinnassa voidaan käyttää apuna erilaisia esimerkkilaskelmia tai määrittää eri vaihtoehtojen teholliset korkeudet, jolloin kohteen maasto-olosuhteet voidaan huomioida suunnittelussa. (Meluestekäsikirja 1997, 50 - 51)

### 6.1 Meluesteen sijainnin määrittäminen tehollisen korkeuden avulla

Tehollisen korkeuden, joka on esitetty kuvassa 10, avulla voidaan meluesteen sijaintivaihtoehtoja vertailla keskenään parhaimman löytämiseksi. Tehollinen korkeus ( $he$ ) lasketaan äänilähteen ja suojattavan pisteen yhdistävästä suorasta. Kaavan laskutoimituksessa äänilähde sijaitsee 0,5 m:n korkeudella tien pinnasta tien keskiviivalla. Suojattavan kohteen korkeus määritellään 2 m maanpinnasta tai vastaavasti suojattavan talon ylimmän kerroksen ikkunan tasalla. Kyseisen tarkastelun tuloksissa tulisi huomioida esteen sijainnit, jotka ovat hyvin lähellä äänilähdettä tai vastaavasti suojattavaa kohdetta ja hyvittää niiden tehollista korkeutta. (Meluestekäsikirja 1997, 50.)



Kuva 10 Tehollinen korkeus sekä matkaero Lähde: Meluestekäsikirja 1997, 50

Jos maasto on korkeussuhteiltaan vaihtelevaa, tehollinen korkeus tulisi mitata kolmesta melun tulosuunnasta 45°, 90° ja 135°. Suunta, joka antaa pienimmän tehollisen korkeuden, on tärkein huomioitava.

(Meluestekäsikirja 1997, 51.)

## 6.2 Meluesteen sijainnin määrittäminen matkaeron perusteella

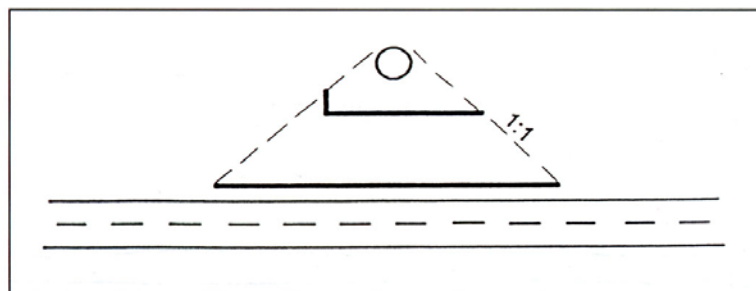
Matkaero lasketaan esteen yli kulkeneen äänen (a+b) ja ilman estettä suoraan kulkeneen äänen (c) erotuksesta kaavalla [ a+b-c ]. Matkaero on mahdollista laskea myös kaavalla [  $a^2=c^2+h_e^2$  ] kahden suorakulmaisen kolmion avulla (taulukko 8).

<b>Meluesteen tavoiteltava vaimennus ja matkaero</b>			
Tavoiteltava estevaimennus (dB)	Tarvittava matkaero (m)	Tavoiteltava estevaimennus (dB)	Tarvittava matkaero (m)
5...8	0,2	13...15	1,5
9...11	0,3	15...18	2,0
10...12	0,5	16...19	3,0
12...15	1	17...21	4,0

Taulukko 8 Tavoiteltava estevaimennus matkaeron (a+b)-(c+d) avulla laskettuna. Lähde: Meluestekäsikirja 1997, 51

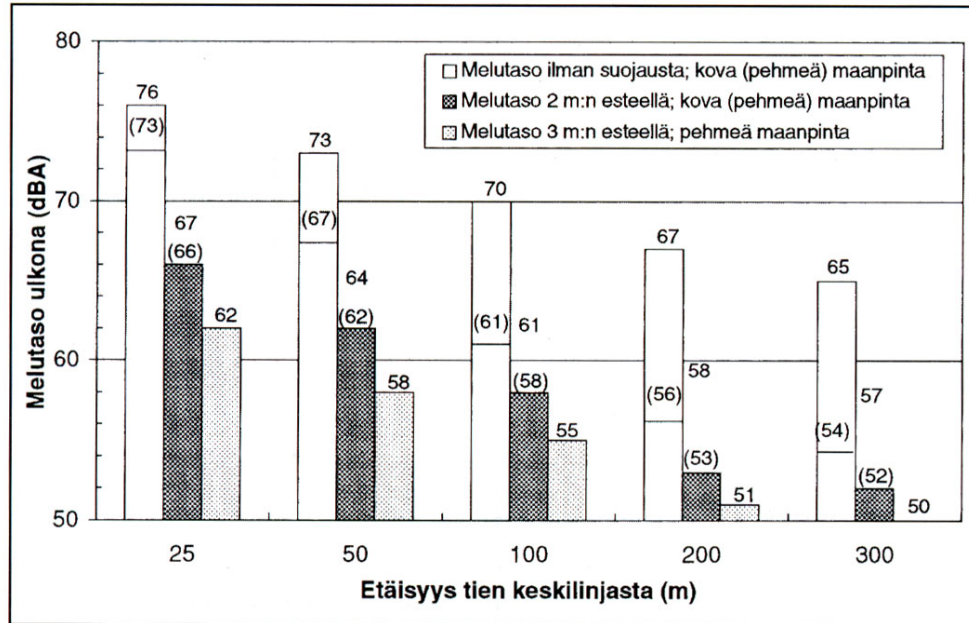
## 6.3 Esteen pituus ja maanpinnan vaikutukset vaimenemiseen

Meluesteen pituus voidaan mitoittaa niin, että suojattava kohde jää 1:1 suuntaisten viivojen väliin tilanteessa, jolloin esteen tehollinen korkeus on vakio ja vaimennus alle 5 dB (kuva 11) (Meluestekäsikirja 1997, 51).



Kuva 11 Esteen pituuden määrittäminen. Lähde: Meluestekäsikirja 1997, 55.

Kuvassa 12 esitetään Espoon ja Helsingin rajalta vuonna 1996 kerättyjen liikennetietojen perusteella koottua teoreettista taulukkoa melutasoista ja niiden vaimenemisesta tasaisella maalla sekä eri maalajeilla (Meluestekäsikirja 1997, 51).



Kuva 12 Päivän melutasot eri etäisyyksillä tiestä. Lähde: Meluestekäsikirja 1997, 51

#### 6.4 Vähimmäisetäisyys tien reunasta

Jotta tiealueella liikkuva välttyy ahtauden tunteelta, meluesteen vähimmäisetäisyyden reunaviivaan nähden tulisi olla moottoritieellä esteen korkeus + 2 m. Tiellä, jolla nopeus on 80:stä 100 km:iin/h, etäisyyden tulisi olla esteen korkeus + 1 m. Nopeuksilla 50:stä 70 km:iin/h etäisyydeksi tien reunaviivasta riittää esteen korkeus. Näkyvyys tielle tulee varmistaa eritoten liittymissä sekä sisäkaarteissa. Tiemiljööön kannalta korkea melu este peittää näkymiä. Näkymiä voidaan muodostaa halutessa 1 m:n korkuisella melukaiteella tai läpinäkyvällä meluseinällä. Liikenteen ohjattavuuden ei tulisi kärsiä meluesteen takia. Täten liikenteen ohjaustaulujen tulisi niinkään mahtua tien ja esteen väliin, jos kyseessä on

korkea este ja ajoradan yläpuoliset opasteet eivät ole käytössä.  
(Melustekäsikirja 1997, 56)

Vähimmäisetäisyyttä pohdittaessa myös tieltä suistuvien autojen turvallisuus tulee huomioida. Tielaitoksen Teiden suunnittelu-ohje määrittelee tarvittavat suojaetäisyydet ja kaiteen tarpeellisuuden.

Lumen auraus on myös sijoitteluun vaikuttava tekijä. Lumitilan koko tien ja esteen välissä on maantieteellisestä sijainnista riippuva, kuitenkin vähintään 2 m. Etelärannikolla 0,35 m x aurattavan alueen leveys välttää lumitilaksi. Pohjois Suomessa kerroin on 0,65. (Melustekäsikirja 1997, 57.)

#### 6.5 Muita sijaintiin vaikuttavia tekijöitä

Melustettä sijoitettaessa tärkeää on tutkia esteen vaikutusta ympäristöön, johon sitä suunnitellaan. Meluste vaikuttaa niin tiemaisemaan kuin tietä ympäröiväänkin miljööseen mm. varjostamalla ja katkaisemalla näkymiä. Meluste saattaa kevyen liikenteen näkökulmasta muodostaa alueita, jotka koetaan epämiellyttäväksi ja turvattomiksi, koska näkymät on katkaistu ja sosiaalinen valvonta estetty. (Melustekäsikirja 1997, 57 - 58.)

Kunnallistekniikka saattaa vaikuttaa melusteiden rakentamiseen rajoittavasti, koska estetä ei tule sijoittaa tiensuuntaisten viemäreiden tai johtojen päälle. Valaistukseen käytetyt pylväät sijoitetaan kaikki esteen samalle puolelle, eteen tai taakse. (Melustekäsikirja 1997, 58.)



## 7 MELUESTEEN LAATUVAATIMUKSET

Melusteille on useita laatuvaatimuksia, jotka ohjaavat meluesteen suunnittelua. Laatuvaatimukset koskevat esteen akustiikkaa, rakennetekniikkaa, ekologiaa, kierrätystä sekä estetiikkaa (Melustekäsikirja 1997, 60 - 72). Vaatimukset laadusta takaavat esteelle mahdollisimman pitkän käyttöiän, akustiikan ja turvallisuuden.

### 7.1 Akustiset vaatimukset

Meluesteen akustisiin laatuvaatimuksiin lasketaan esteen eristävyys, absorptio ja diffraktio eli taittuminen (Melustekäsikirja 1997, 60 - 63). Akustisten laatuvaatimusten avulla määritellään oikeanlaiset rakenteet hyvin melulta suojaavalle esteelle.

#### 7.1.1 Eristävyys

Eristävyysluvulla  $DL_R$  kuvataan äänen eristävyyttä laboratorioolosuhteissa. Eristävyysluku kuvaa esteen kykyä eristää sen läpi menevää ääntä. Meluesteen eristävyysluvun  $DL_R$  ollessa vähintään 10 dB suurempi kuin laskelmien tavoite vaimennuksesta maastossa lähellä meluesteen takana meluesteen läpi kulkeva ääni ei vähennä laskelmin todettua vaimennusta. Eristävyysluvun ollessa 5 dB suurempi kuin laskelmien tavoite vaimennuksesta, todellinen vaimennus on 1,5 dB ennustettua pienempi. (Melustekäsikirja 1997, 60.)

Yleisin valittu eristävyyslukuvaatimus on 25, kun este on uusi, ja 20 tai 25, kun este on jo jonkin aikaa ollut käytössä. Pienemmän, alle 10 dB vaimennuksen tapauksessa eristävyyslukuksi voi riittää 15. (Melustekäsikirja 1997, 60.)

20 mm:n paksuisella vanerilla, 6mm:n vanerilla + 20 mm lomalaudoituksella tai 1+1 mm teräslevyllä tai betonilla saavutetaan eristävyysluvun 25 vaatimus, kun rakenne on tiivis. Käytön aikainen eristävyden heikentyminen olisi hyvä huomioida melusteita suunniteltaessa. (Melustekäsikirja 1997, 60.)

### 7.1.2 Absorptio

Absorption näkökulmasta on kahdenlaisia melusteita. Tavanomaisin meluste heijastaa melua takaisin kohti melunlähdeä. Ääntä imevä eli absorboiva meluste heijastaa vain osan äänestä. Äänen imevyyttä ilmaiseva absorptioluku  $DL_{\infty}$  mitataan laboratorio-olosuhteissa. Luku ilmaistaan viiden luokan avulla (Melustekäsikirja 1997, 61):

- A0 = äänen absorptiota ei ole testattu
- A1 = 1...3 dB
- A2 = 4...7 dB
- A3 = 8...11dB
- A4 = äänen absorptio vähintään 12 dB

A3 tai A4 luokan absorptioon päästää puu-, metalli- tai muoviritilällä, reikälevyllä tai verkolla suojatulla raskaalla lasi- tai vuorivillalla. Huokoisella betonilla tai kevytbetonilla voidaan saavuttaa luokat A2 tai A3. Huokoiset materiaalit, joilla on useimmiten paras absorptiokyky, ovat säänkestävyydeltään huonoja, ilman suojaamista kosteudelta. Taas paksu pinnoite heijastaa ääntä useimmissa tapauksissa. (Melustekäsikirja 1997, 61.)

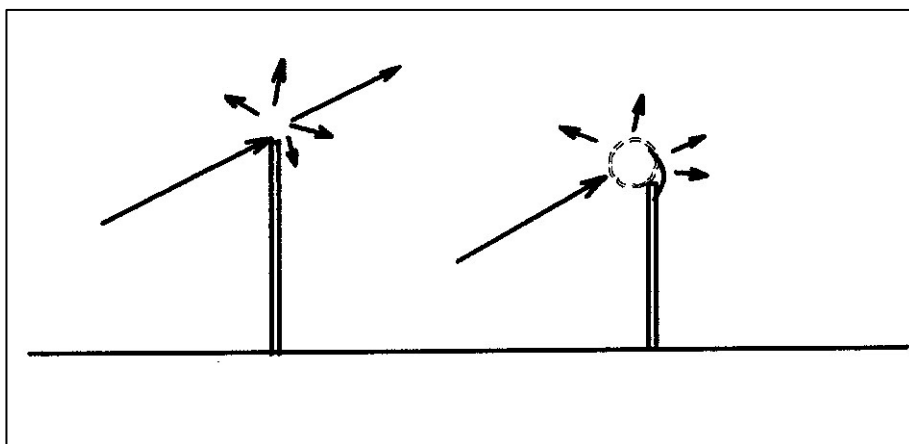
Luokkien A3 tai A4 absorptiolukujen käyttöä meluntorjunnassa suositellaan erityisesti, jos vilkasliikenteisen ajoradan ja melusteen väliin jää kevyen liikenteen väylä. Useimmiten absorboivien materiaalien käyttöä suositellaan melusteiden kulkuaukkojen kohdilla, tunneleissa ja kun tien

molemmin puolin sijaitsee melueste, joiden välimatka on alle 15 kertaa seinän korkeus. (Meluestekäsikirja 1997, 61.)

Äänen absorptiolukua tai materiaalin ääntä imeviä ominaisuuksia ei saa pienentää pinnoille kertyvä tieltä tuleva pöly tai ilmasto yleensä. Laboratorio-olosuhteissa on mahdollista tutkia pinnan absorptiokyvyn kestävyyttä. (Meluestekäsikirja 1997, 61.)

### 7.1.3 Diffraktio

Ääni taittuu meluesteen yläreunasta joka suuntaan erityisesti mm. säätilan ja tuuliolojen myötävaikutuksella. Tätä taittumista kutsutaan diffraktioksi (kuva 13). Meluesteen tehoa voidaankin parantaa ja diffraktiota vähentää ääntä imevällä rakenteella, joka sijoittuu meluesteen yläreunaan. (Meluestekäsikirja 1997, 63.)



Kuva 13 Diffraktio ja sen vähentäminen lisäämällä meluesteen päälle ääntä imevä rakenne. Lähde: Meluestekäsikirja 1997, 63

### 7.2 Meluaitojen rakennetekniset laatuvaatimukset

Meluaitojen rakenteellisia laatuvaatimuksia koskevia määräyksiä löytyy soveltavasti Suomen rakennusmääräyskokoelmasta (RakMK), rakennustöiden yleisistä laatuvaatimuksista 1990 (RYL 90) ja sillanrakentamisen yleisestä työselityksestä (SYT, SYL). Lisäksi julkaisuun

EN 1794 Road Traffic noise reducing devices – Non acoustic performance perustuvat rakennetekniset laatuvaatimukset tulee huomioida. (Meluestekäsikirja 1997, 64.)

Käytännössä tavallisen meluseinän ilmääänenvaimennuskyvyn tulee olla vähintään 25 dBA ja liikennemelun vaimentavuus vähintään 20 dBA. Äänen vaimennuskyky todennetaan laboratorio-olosuhteissa. (Meluestekäsikirja 1997, 73.)

### 7.2.1 Tuulikuorma

Tuulikuorma meluestettä kohden lasketaan SFS-ENV 1991-2-4 tai RakMK-B2/1983 mukaisesti. Tuuli ei kuitenkaan saa murtaa tai liiaksi taivuttaa rakennetta. Laskelmien välttämiseksi tuulikuormaksi voi valita 1 kN/m<sup>2</sup> tai silloilla 1,6 kN/m<sup>2</sup>. Kuorma-auto, joka ajaa esteen tuntumasta, voi aiheuttaa 0,8 kN/m<sup>2</sup>, tunnelissa 1,5 kN/m<sup>2</sup> imun tai paineen tuuliolosuhteista riippuen. Meluesteen tulipilari ei saa taipua EN 1794-1:n perusteella enempää kuin pilarin korkeus jaettuna 150:llä. Seinäelementin kohdalla taipumista voi tapahtua enintään 50 mm. Kuitenkin esteeseen kohdistuvat kuormat eivät saa aiheuttaa vauriota edes 1,5 kertaisina. (Meluestekäsikirja 1997, 64.)

### 7.2.2 Auraslumikuorma

Jos melueste sijaitsee alle 7 m:n etäisyydellä tiestä, auraslumen kuorman vaikutus voi olla tuulikuormaa suurempi. Kun aurasnopeus on 60 km/h, auraskuorma on 15 kN esteen etäisyyden ollessa 1...4 m. Nopeudella 50 km/h esteeseen kohdistuva auraslumikuorma on tällöin 10 kN. Kun esteen etäisyys tienreunaan nähden kasvaa 4 m:stä, auraskuorma pienenee aina 2,5 kN metrin etenemällä. Myöskään auraslumikuorma ei saa aiheuttaa rakenteisiin vaurioita. (Meluestekäsikirja 1997, 64.)

### 7.2.3 Iskunkestävyys

EN 1794-1 C:n mukaan meluesteen tulee kestää 30 Nm:n pistemäistä iskuja niin, ettei halkeamaa tai lommoa suurempaa vahinkoa aiheudu. Isku vastaa aurauksessa lentävän jääpalaan tai lapsen heittämän kiven voimaa. Määräys ei kuitenkaan koske ilkivallan aiheuttamaa vauriota. Jos kohde on altis ilkivallalle, sen tulee kestää 120 Nm:n iskun, niin että siitä ei aiheudu kohteeseen reikää tai pitkää halkeamaa. Kyseisen iskun kestäviä materiaaleja ovat betoni ja 1,2 mm:n teräs- tai alumiinilevy. (Meluestekäsikirja 1997, 65.)

### 7.2.4 Oma, veden ja lumen paino

Meluesteen tulee kestää oma ja rakenteeseen kertyvän veden sekä lumen paino, ilman että rakenne murtuu tai taipuu liiaksi. Lisäksi tulee varmistaa rakenteiden ja elementtien pysyvyys kiinnikkeissään, vaikka siihen kohdistuisi oma, veden ja lumen paino sekä tuulen vaikutus samalla kertaa. (Meluestekäsikirja 1997, 65.)

### 7.2.5 Palonarkuus

Tapauksissa, joissa meluuste yhdistää rakennuksia toisiinsa sekä erikseen tapauskohtaisesti melusteelta voidaan edellyttää palamattomuutta tai paloa hidastavaa ominaisuutta. Palonarkuusominaisuudet voidaan testata palokokeella, joka vastaa maastotulipaloa. Edelleen erikseen voidaan esteen palamistuotteiden laatua rajoittaa. (Meluestekäsikirja 1997, 65.)

### 7.2.6 Materiaalit, päästöt ja hävittäminen

Meluesteestä tulee esittää sen sisältämät materiaalit yleisin materiaalinimikkein. Mahdollisista myrkyllisistä palamiskaasuista sekä rakentamisen ja käytön aikaisista esteestä irtoavista haitallisista aineista tulee ilmoittaa. Tapauskohtaisesti pyynnöstä tulee selvittää esteen uusiokäyttö- tai hävittämismahdollisuudet. (Meluestekäsikirja 1997, 65.)

### 7.2.7 Auton törmäys

Meluesteen voidaan vaatia toimivan kuin kaide. Tällöin este ei päästä mitoittavaa ajoneuvoa läpi törmäystilanteessa ei pysäytä sitä rajusti eikä myöskään ponnauta takaisin ajoradalle. (Meluestekäsikirja 1997, 65 - 66.)

### 7.2.8 Osien putoaminen

Meluesteen seinäelementit ja suuret palat tulee valmistaa mahdollisen putoamisen varalta niin etteivät ne putoa ihmisten päälle, erityisesti silloilla ja oleskelupaikkojen läheisyydessä. Putoaminen voidaan estää varmuusköysin tai verkoin, jotka kestävät putoavan kappaleen nelinkertaisen painon. Esteet voidaan suunnitella kestämään auton törmäyksen niin ettei niistä putoa suuria paloja, jotka aiheuttaisivat vaaraa lähiympäristöön. (Meluestekäsikirja 1997, 66.)

### 7.2.9 Häikäisy, läpinäkyvyys ja kestoikä

Melusteissa tulee välttää pintoja, jotka heijastavat voimakkaasti ajovaloja tai auringonvaloa (Meluestekäsikirja 1997, 66.)

Ellei erikseen sovita, esteen tukirakenteen ilmastollisen keston tulisi olla 30 vuotta, akustisten osien 15 vuotta. Erityisesti akustisten osien käyttöikä

on useimmiten lyhyehkö, jolloin oikein suunnitellusta melusteesta akustiset osat voidaan vaihtaa tai puhdistaa sovituin väliajoin. (Melustekäsikirja 1997, 67.)

### 7.3 Ekologia ja kierrätys

Markkinoilla olevista melusteista osan valmistuksessa on käytetty kierrätysmateriaaleja. Kierrätysmateriaalien ollessa kyseessä, tulee ilmoittaa tuotteen kierrätysosuus. Melusteelle olisi kuitenkin aina hyvä tehdä uusiokäyttösuunnitelma. EN 1794-2 mukaan melusteissa käytettävät materiaalit tulisi kuvata yleisin nimikkein sekä varoitettava mahdollisista fyysisistä ja kemiallisista olosuhteista, jolloin materiaalista koituu myrkyllisiä päästöjä. Lisäksi melusteelle tulisi tehdä suunnitelma sen purkamiseen liittyvistä materiaalien sijoittamis- tai hävittämismahdollisuuksista. (Melustekäsikirja 1997, 67 - 68.)

### 7.4 Estetiikka ja laatuvaatimukset

Melusteiden estetiikka lähtee ympäristöstä, johon niitä suunnitellaan. Tuon ympäristön luokitus määrittää arkkitehtuurin painoarvon. Kun määritellään ympäristön luokittelua, esimerkkinä luokittelu vaatimattomasta erittäin vaativaan, määritellään myös esteettisen laadun painotus. Esteettiseen laadunvalvontaan on useita keinoja, jopa erillisten sanktioiden määrittely, ellei vaadittu laatu rakennusprojektissa toteudu. Tärkeä laadullinen tavoite on koko aitajakson linjakkuus, joka muodostuu mm. esteen kaikkien osien liittyessä saumattomasti toisiinsa. (Melustekäsikirja 1997, 68, 71.)

#### 7.4.1 Betoni-, puu- ja teräspinnat

Betonipintojen teknistä luokitusta käytetään määrittämään pinnan esteettistä laatua ja kiinnityskohtien näkyvyyttä betonirakenteissa.

Suomen betoniyhdistyksen julkaisussa BY40 määritellään mm. pinnan värin tasaisuusvaatimus. Yleisimmin erilaiset paikkaukset eivät ole hyväksyttäviä vaativissa kohteissa, joissa este sijaitsee lähellä hidaskulkuista väylää. Betonipintojen estetiikkaa voidaan parantaa erilaisilla kuvioinneilla ja saumojen peittämisellä, kuitenkin näkyvissä osissa ei hyväksytä valuvirheitä. (Meluestekäsikirja 1997, 69 - 70).

Puupintojen estetiikkaa määritellään noudattamalla puun työstämistavan merkitsemistä. Jos erityisten saumojen tai kiinnitystapojen sallitaan näkyä niistä tulee mainita erikseen. Puupinnan pintakäsittely määritellään käsittelytavan ja värin näkökohdista. (Meluestekäsikirja 1997, 70).

Esteettisen laadun määrittely teräspintojen osalla tapahtuu pinnan ja pintakäsittelyn teknisin merkinnöin. Väri määritellään tunnettujen värikarttojen koodeilla. Lisäksi erityisesti huomioidaan kuljetuksen ja asennuksen aiheuttamat kolhut, joita ei tule hyväksyä. (Meluestekäsikirja 1997, 71).

## 7.5 Meluestemateriaalien laatuvaatimukset ja suositukset

Laadukkaan kestävän lopputuloksen takaamiseksi meluestemateriaalien ominaisuuksille on asetettu erilaisia laadullisia vaatimuksia sekä suosituksia. Vaatimukset helpottavat esteiden suunnittelua ja takaavat oikeanlaisen rakenteen valmistamista.

### 7.5.1 Puu meluestemateriaalina

Puurakenteissa mitoituksellinen lujuusluokka kantavissa rakenteissa on vähintään T24 ja kosteusluokka 3. Elementissä tuulikuormalla suositeltava taipuma on enintään 50 mm. Puurakenteissa huomioidaan turpoamisen ja kuivumisen aiheuttamat siirtymät erityisesti liitoksissa. RYL 90:ssä kerrotaan lisää puurakenteiden laatuvaatimuksista. Vaativimmat



puurakenteiset meluestekohteet toteutetaan kyllästetyllä puulla. Puuta ei yleensä suositella upotettavaksi maahan tai maan läheisyyteen. Betonirakenteella päästään perustuksissa ja sokkeleissa pidempään käyttöikään kuin, jos perustukseen liittyisi puuosia. Kestoiän takaamiseksi puinen rakenne suunnitellaan niin, ettei rakenteeseen jää vettä seisottavia kohtia. Viistoten tai vastaavilla keinoilla voidaan lautojen yläosat suojata sateelta ja lisätä kestoikää. Näkyvät pinnat tulee valmistaa täyssärmäisestä puusta, jossa ei ole halkeamia tai reikiä. (Meluestekäsikirja 1997, 78 - 79.)

Lautamateriaalista sellaisenaan on vaikea toteuttaa ääneneristävyyden säilyttävää estettä, niinpä rakennetta voidaan parantaa vanerilla, joka samalla tukee ja vahvistaa estettä. Melusteissa käytettävä vaneri tulee olla sään aiheuttaman rasituksen kestävä ja ultraviolettisäteilyn kestävä. Seuraavassa luettelossa esitetään erilaisia puurakenteita ja niiden ääneneristävyyssykyä. (Meluestekäsikirja 1997, 78 - 79.)

- Tavallinen lomalaudoitus sahatavarasta 22 x 125 25 mm:n limityksellä:  
 uutena 22 dB  
 uutena + kitatut saumat 26 dB  
 rakoillut rakenne raon koosta riippuen 16...19 dB  
 laudoitus + 6 mm:n vaneri 26 dB
- 20 mm pelkkä vaneri 26 dB
- Täyspontattu 20 x 144 mm lautarakenne 24 dB  
 + nauhatiivistetty liitos 25 dB  
 4 mm:n väljä liitos 23 dB
- Puolipontattu 28 x 70 lautarakenne normaalilla liitoksella 21 dB  
 4 mm:n väljä liitos 17 dB

Puun pintakäsittelyssä tulisi käyttää peittäviä UV-säteilyltä suojaavia maaleja. Kiinnitystarvikkeiden kohdalla huomioidaan kyllästettyjen puutavaroiden syövyttävä vaikutus teräkseen ja muihin metalleihin. Kiinnitystarvikkeiden tulee olla haponkestäviä eli suojattuja syövyttävää vaikutusta vastaan. (Meluestekäsikirja 1997, 78 - 79.)

### 7.5.2 Betoni ja muuratut rakenteet

Pakkasen lisäksi betonipintaan kohdistuu voimakkaita tiesuolauksen vaikutuksia ja lämpötilanvaihteluita. Erityisesti, jos betonirakenteinen este sijoitetaan alle 3 metrin etäisyydelle tiestä, joka on voimakkaasti suolattu tai liikennemäärältään yli 3000 ajoneuvoa/vrk, betonilta vaaditaan pakkasenkestävyyttä arvoltaan P 50 ja lujuusluokkaa K 40-1. Muuten betonirakenteelle riittää lujuusluokka K 35-1 suojavyöhykesuhteen ollessa 0,2. Teräsvahvistetussa betonirakenteessa betonisuojakerroksen paksuus tulee olla minimissään 30 mm. Perustuksissa luokka K 30-2 on käytetyin, kuitenkin terässuojauksen paksuuden tulee olla 35 mm, paikalla valetun betonirakenteen alapinnassa 50 mm. (Meluestekäsikirja 1997, 80 - 81.)

Betonipintojen laatuvaatimukset löytyvät betoniyhdistyksen julkaisusta BY 40. Näkyviin pintoihin yhdistys suosittaa luokkaa 2 ja muihin pintoihin luokkaa 3. Jos pintaan todennäköisesti kohdistunee töhrimistä, pinnat tulee käsitellä aineella, joka helpottaa graffitien poistoa. Erikseen voidaan määrätä pinnan mikrotason sileydestä ja mahdollisesta pintakäsittelystä. Betonisen meluesteen pintaa voidaan käsitellä tuoreena hiertämällä, telaamalla, töpöttämällä, harjaamalla, ruiskubetonoimalla tai pesubetonikäsittelyllä. Kovettuneita pintoja käsitellään hiekkapuhalluksella, happopesulla, hakkaamalla tai hiomalla. Lisäksi on mahdollisuus käyttää väribetonia, jonka laatuvaatimukset esitetään myös BY 40:n perusteella. (Meluestekäsikirja 1997, 80 - 81.)

Harkko ja tiilirakenteet tulee varmistaa pakkasenkestävyyden näkökulmasta, lisäksi rakenne tulee kattaa. Jos melusuojaus sijoittuu alle

3 metrin päähän voimakkaasti suolatun tien reunasta, tiili- tai harkkorakennetta ei suojaamatta suolaa vastaan tulisi käyttää. Huomioitavaa on tiili- ja harkkorakenteiden huono taipumakesto perustusten painuessa paikoin epätasaisesti. (Melustekäsikirja 1997, 81 - 82.)

### 7.5.3 Muovit, kumit ja lasi

Erityisesti muovien ja kumien kohdalla tulee huomioida materiaalien lämpölaajeneminen erityisesti liitosten kohdilla tilavarauksena. Materiaalit eivät rakenneteknisten laatuvaatimusten mukaan saa aiheuttaa palonkestoltaan tai päästöiltään haittaa ympäristöön. Muovien iskunkestävyys tarkistetaan kaikissa tapauksissa. Kumimassasta on myös valmistettu meluseinäosia puristamalla sitä muottiin. Kumimassaa voidaan valmistaa käytetyistä autonrenkaista tehdystä kumipurusta. (Melustekäsikirja 1997, 83.)

Melustekäsikirjassa (1997, 87) luetellaan Saksassa hyväksyttävät läpinäkyvät muovit melusteiden valmistukseen: DIN 7745 mukainen akryylivalu PMMA, paksuudeltaan ainakin 15 mm tai DIN 7744 mukainen polykarbonaatti PC, joka on vähintään 12 mm paksu soveltuvat erityisesti pintakäsitelyinä, jolloin ne on helppo puhdistaa töhryistä, erityisesti akryyli. Valo ja erilaiset aineet himmentävät suojaamattoman polykarbonaatin nopeasti. Häikäisyä taas voidaan vähentää pintakuvioinnilla. (Melustekäsikirja 1997, 87.)

Akryylin hyvät puolet ovat jopa 92% läpinäkyvyys ja kohtuullinen iskunkesto. Levyä saadaan myös lujitelangoilla varustettuna, jotka estävät irtopalojen putoamisen, sekä värjätynä. Akryylilevy ei kuitenkaan kestä kovaa hankausta naarmuttumatta, joten pesussa tulisi tätä välttää. 15 mm:n akryylilevy painaa noin 18 kg/m<sup>2</sup>. (Melustekäsikirja 1997, 87-88.)

Polykarbonaatin eduksi akryyliin nähden voidaan lukea moninkertainen iskunkestävyys. Levyn läpinäkyvyys on n. 80% luokkaa. Toisaalta levy tulee pinnoittaa UV-säteilyä, pesua, puhdistusaineita ja maaleja kestäväksi, jottei se harmaannu ja läpinäkyvyys kärsi. 12 mm paksu polykarbonaatti levy painaa noin  $14,4 \text{ kg/m}^2$ . (Meluestekäsikirja 1997, 87-88.)

Materiaalina lasin etuihin muoveihin verraten voidaan lukea läpinäkyvyys, naarmujen kestävyys ja himmentymättömyys. Lisäksi lasin lämpölaajenema on muoveihin verraten pienempi Ilkivaltaa lasi harvoin kuitenkaan kestää. Lasin rikkoutumisellekin asetetaan vaatimuksia, ettei palasista koituisi suurta vaaraa ympäristöön. Rikkoutuessaan irrallisiksi paloiksi, mikään palanen ei saa olla alaltaan suurempi kuin  $25 \text{ cm}^2$ . Pala ei saa olla pidempi kuin 15 cm tai miltään kulmaltaan terävämpi kuin 15 astetta. Lasipinta tulee sijoittaa rakenteeseen niin ettei se häikäise tiellä liikkuja ja ole liaksi vaara linnuille. 16 mm paksu lasiseinä painaa noin  $41,6 \text{ kg/m}^2$ . (Meluestekäsikirja 1997, 86.)

Melusteisiin suositeltavia lasityyppejä ovat Meluestekäsikirjan (1997, 87) mukaan meluste voidaan valmistaa DIN 52349 vaatimuksien mukaisesta 1-kerroksisesta turvalasista, joka on paksuudeltaan ainakin 15 mm, tai alle 2 m:n välein tuettuna 12 mm:n paksusta. Meluste voidaan valmistaa myös lujiteverkolla varustetusta karkaistusta, vähintään 12 mm:n paksusta lasista tai vähintään  $2 \times 8 = 16 \text{ mm:n}$  laminoidusta lasista. (Meluestekäsikirja 1997, 87.)

#### 7.5.4 Teräs

Teräksiset meluseinärakenteet tulee suunnitella ja rakentaa rakenneluokan 3 perusteella. Tarvittavat aineet ja tarvikkeet ovat käyttöselosteen tai standardinmukaisia. Osien tulee paksuudeltaan ainakin 1 mm ja kuumasinkitetty standardin SFS 2765 luokan A mukaan. Jos osa upotetaan maahan lisätään sinkityksen paksuutta  $50 \mu\text{m}$ . Terästä voidaan

pintakäsittellä kuumasinkityksellä, pinnoitteilla ja maalaamalla. Teräsosien puhdistus ja maalaus suoritetaan rasisluokan M3 perusteella.

Maanalaiset osat M4 luokan mukaan. (Melustekäsikirja 1997, 83.)

## 8 EKOLOGINEN NÄKÖKULMA

Ekologia on oppi luonnon eri järjestelmistä, toiminnasta, riippuvuussuhteista, luonnonvarojen taloudellisesta käytöstä sekä paikasta eli lajien ekologisesta lokerosta. Biologian haara ekologia tutkii eliöiden organisaatiotasoja, populaatiota, eläinyhteisöjä, ekosysteemejä ja biosfäärejä. (Erat 1994, 54.) WSOY:n sivistyssanakirjan (Koukkunen, Hosa & Keränen 2001, 133) mukaan sana ekologinen tarkoittaa poliittisessa mielessä ekologiaan liittyvää tai sen katsomuksen pohjalta perusteltua.

### 8.1 Kestävä kehitys

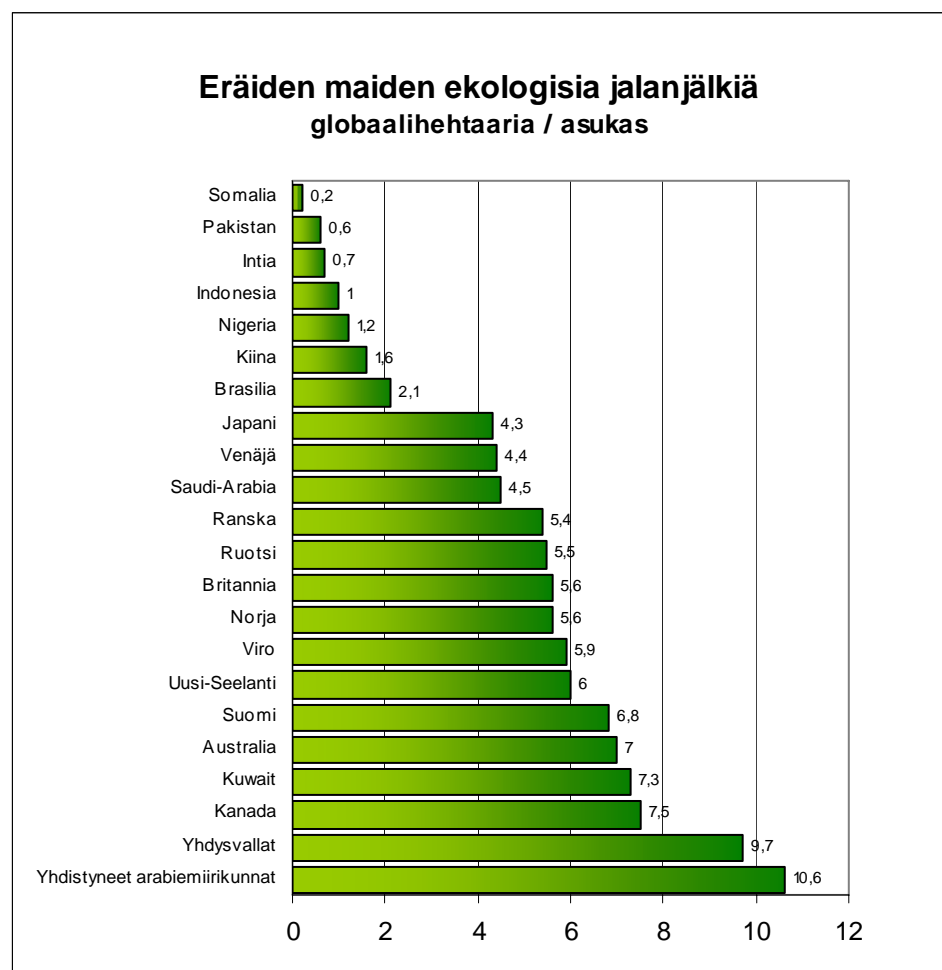
Kestävän kehityksen perusajatus on turvata tuleville sukupolville vähintään yhtä hyvät elinmahdollisuudet kuin nykyään sekä turvata heidän aineelliset tarpeensa. Kansainvälinen luonnonsuojeluliitto ja Maailman Luonnon Säätiö tiivistävät kestävän kehityksen seuraavaan lauseeseen:

”Kestävä kehitys on ihmisen elämänlaadun parantamista ylittämättä elämää ylläpitävien ekosysteemien kestokykyä”

Vuonna 1987 valmistunutta Brundtlandin raporttia tulkinnut Martti Markkula täsmentää kestävän kehityksen tarkoittavan jatkuvaa, suunnitelmallista ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta. Sen tarkoitus on sopeuttaa ihmisen toiminta maapallon voimavaroihin ja luonnon sietokykyyn, turvaten hyödyntämistuloksen oikeudenmukaisen jakautumisen sekä perusoikeuksien toteutumisen sukupolvesta toiseen. (Erat 1994, 55.)

## 8.2 Ekologinen selkäreppu ja jalanjälki

Termeillä ekologinen jalanjälki tai ekologinen selkäreppu kuvataan ihmisen toiminnan vaikutusta ympäristön tilaan. Ekologinen jalanjälki kertoo pinta-alan suhteen, paljon maa- ja vesialaa vaaditaan tuottamaan tietyn alueen ihmisten kuluttamat tavarat ja palvelut (taulukko 9). Ekologinen selkäreppu kuvaa painossa, paljon luonnonvaroja tarvitaan tietyn tuotteen tai palvelun tuottamiseen. Kritiikin aihetta termeissä löytyy niiden yksinkertaistavassa lähestymisessä monimutkaiseen todellisuuteen nähden. Termit ovat kuitenkin hyvin käytettyjä ja helposti ymmärrettäviä myös laajalle yleisölle. (Lyytimäki 2004)



Taulukko 9 Eräiden maiden ekologistia jalanjälkiä. Lähde: Global Footprint Network 2002, Länsi-Savo 16.1.2006

### 8.3 Elinkaariajattelu ja ekotehokkuus

Elinkaariajattelussa tarkastellaan tuotteen vaiheita raaka-aineesta valmistukseen ja jalostuksen kautta kulutukseen sekä käytön jälkeen tapahtuvaan hyötykäyttöön tai loppusijoitukseen, joka voi olla kierrätystä, energiantuotantoa tai uusiokäyttöä raaka-aineena tai tuotteena.

Elinkaariajattelu on tiivistetysti ajattelua kehdestä hautaan. Siihen liittyy kiinteästi erilaisia käsitteitä ja mittareita, joilla selvitetään tuotteen tai palvelun vaikutuksien määrää. Elinkaariarvioita voidaan toteuttaa tuotteille tai palveluille materiaalivirtamallein tai elinkaariarviointiprosessi mallein. Apuvälineitä ovat Factor X, joka määrittää tavoitteen sekä MI- ja MIPS-kertoimet. (Autio, 2003)

Ekotehokkuus on suomennos englanninkielen sanasta ecological efficiency. Kiteytetysti ekotehokkuus onkin vähemmästä parempaa eli luonnonvarojen käytön vähentämistä tuottaessa tavaroita. Laajemmalti katsottuna se on kestävän kehityksen kaltainen termi, joka käsittää kaiken toiminnan, jonka avulla tuotetaan palveluja ja hyvinvointia yhä pienemmällä materiaalien kulutuksella ja päästöjen määrällä. (Välimäki, 2002.) Ekotehokkuudessa kiinnitetään huomiota niin tuotantoon kuluvaan materiaalivirtaan ja panokseen (input) kuin tuotannosta syntyvään päästöön sekä ympäristökuormitukseen (output).

### 8.4 Ympäristömerkit

Ympäristömerkki on anomuksesta myönnettävä merkinnän tuoteryhmän kriteerit täyttäneelle tuotteelle annettu tunnus. Ympäristömerkin kriteerit täyttävä tuote on ympäristöä säästävämpi ja huomioivampi vaihtoehto tavallisille tuotteille. Pohjoismainen tunnettu ympäristömerkki on joutsenmerkki, joka on luotu lisäämään ympäristötietoutta jo 1990 luvulla. Käytännössä merkit ovat markkinoinnin apuvälineitä tuotteille, jotka läpäisevät tiukat standardit ja kriteerit ja välittävät näin tietoa eteenpäin kuluttajalle. (Aminoff ym. 2004, 14.)



## 8.5 Ekologiset rakennus- ja kierrätysmateriaalit

Ekologinen materiaali on uusiutuva, runsain mitoin saatavissa oleva ja luonnollisista lähteistä saatava. Ekologisuus tulee huomioida myös materiaalityönnössä ja sen mahdollisimman pienissä ympäristövaikutuksissa. Tuotannon tulee olla saastuttamatonta, kestävä, vähän jätteitä aiheuttavaa ja kierrätyksen huomioivaa. Sen energian käytön tulee olla vähäistä (taulukko 10), mutta tehokasta ja tuotantotavan oikeudenmukaista työoloiltaan ja palkkaukseltaan. (Aminoff ym. 2004, 58 - 59)

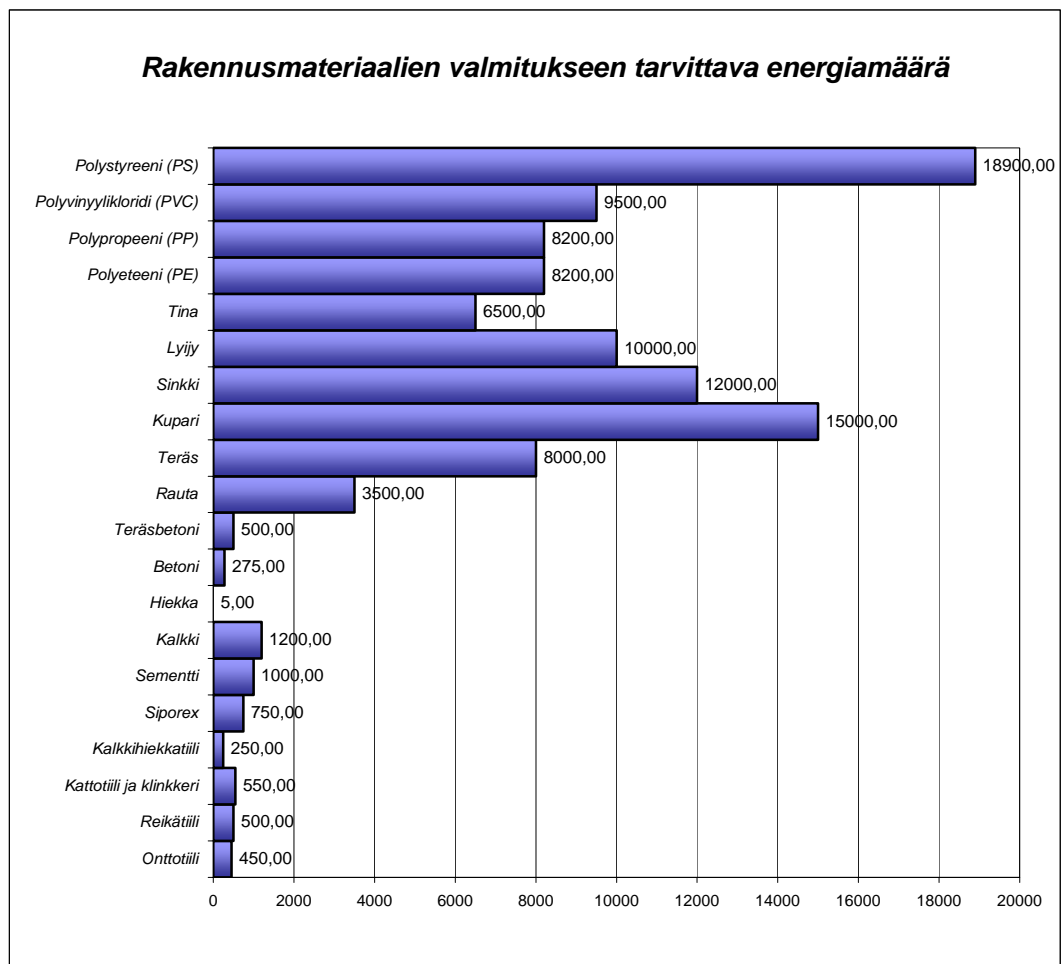
Kestävän kehityksen mukaisessa yhdyskunnassa syntyvän jätteen määriä pyritään minimoimaan eri keinoin. Kuitenkin jo syntyneitä jätteitä voidaan hyödyntää käyttämällä materiaaleja uudelleen aluksi alkuperäisessä muodossa ja edelleen työstämällä materiaalia uudelleen käytettävään muotoon. (Erat 1994, 111.)

Sama materiaalikierto voidaan hyödyntää myös rakentamisen alalla. Uuden tuotannossa voimme huomioida uusiutumattomien materiaalien sekä energian käytön ja vähentää tai korvata sitä uusiutuvilla vaihtoehdoilla tai kierrätystuotteilla. Ideaalissa tilanteessa rakennustarvikkeet on valmistettu paikallisista uusiutuvista raaka-aineista, jotka ovat kierrätettävissä ja vaativat vähän energiaa valmistus ja kuljetusvaiheissa. (Erat 1994, 177 - 178.)

Tuotteen ekologisuutta voidaan määrittää tuotteeseen käytetyn energian määrällä. Mitä suurempi energiamäärä tuotteen valmistukseen käytetään, sitä suurempi on koko tuotantoprosessin ympäristörasitus.

Energiankulutuksen lisäksi on hyvä tietää tuotteen valmistusprosessit ja millaista energiaa niihin käytetään. (Erat 1994, 179; Aminoff ym. 2004, 58) Rakennustarvikkeissa oleellista ovat energia- ja ympäristönäkökulmien lisäksi erilaiset tekniset ominaisuudet, kuten lujuus, kestävyys, saatavuus sekä kierrätettävyyden (katso LIITE 1) (Erat 1994, 186).

Tehokasta kierrätystä on rakennusosan tai -aineen uusiokäyttö sellaisenaan tai kunnostettuna. Jos vanhan rakennuskannan korjaus ei ole mahdollista ja purkaminen perusteltua, olisi ekologisesta näkökulmasta kannattavaa purkaa rakennus niin, että mahdollisimman suuri osa siitä olisi kierrätys- tai uusiokäyttökelpoinen. Vanhoista rakennuksista voidaan hyödyntää esimerkiksi ovia, ikkunoita, tulisijoja ja tiiliä. Rakennuksen osia voidaan käyttää myös uusien tuotteiden raaka-aineina, jos alkuperäiset materiaalit eivät ole liiaksi sekoittuneet purkuprosessin yhteydessä. Esimerkiksi metallia, lasia ja tiettyjä muovityyppejä voidaan kierrättää ja edelleen sulattaa uusiin käyttötarkoituksiin. Taas teräsbetonielementti-rakenteiden uusiokäyttö on hankalaa. (Erat 1994, 186 - 188.)



Taulukko 10 Rakennusmateriaalien valmistukseen tarvittava energiamäärä kWh/t.  
Lähde: Erat 1994, 179

### 8.5.1 Puu

Luonnonvarana kotimainen puu on uusiutuva, saatavissa oleva ja paikallinen. Koska kasvaessaan puu sitoo hiilidioksidia, sen käyttö ei vaikuta suuresti kasvihuoneilmiöön. Energiankulutukseltaan puutuotteiden valmistus on myös vähäistä ja haitalliset päästöt pienet. Puu on kestävä ja korjattava materiaali. Sen voi käyttää uudelleen, kierrättää polttaa tai maaduttaa. (Ojala 2000, 200)

Puutuotteista ekologisiin meluenteratkaisuihin voisi käyttää mm. purkuhirsiiä tai puuta, lastauslavoja, ratapölkkyjä, puhelinpylväitä tai muuta hyväkuntoista kierrätettyäkin puumateriaalia.

### 8.5.2 Betoni

Betoni valmistetaan uusiutumattomista raaka-aineista, joita toistaiseksi on hyvin saatavissa. Tuotteiden valmistusprosessi kuluttaa paljon energiaa. Betoniin käytettävän soran otto on maisemallinen riskitekijä, joka vaikuttaa lisäksi alueen pohjavesiolosuhteisiin. Oikein valmistetut betonirakenteet ovat kestäviä. Rakennusvirheillä betonirakenteen kestoikä pienenee huomattavasti. Kierrätettävyys on toistaiseksi hyvin vähäistä. (Ojala 2000, 200)

Betonin käyttö ei ole erityisen suositeltavaa ekologisiin meluenteisiin erityisesti huonon kierrätettävyyden takia. Kuitenkin oikein valmistettuna se on pitkäikäinen ja kohtuullisen helppohoitoinen. Betoniset perusrakenteet soveltuvat ekologisiin meluenteisiin, ja pienissä määrin sen käyttö ei ole pahasta. Kiinnostavaa olisi purkubetonin käyttömahdollisuudet erilaisiin meluenteratkaisuihin. Betonijätettä voidaan käyttää jossain määrin täytemateriaalina meluvälleissa.

### 8.5.3 Metallit

Metallit valmistetaan uusiutumattomista raaka-aineista, joiden saatavuus on niukahkoa ja harvemmin paikallista. Valmistusprosessi vaatii runsaasti energiaa, ja siinä syntyy suuret määrät haitallisia ja myrkyllisiä päästöjä. Lisäksi kaivostoiminnan ympäristövaikutukset maaperään ja maisemaan ovat huomattavat. Metallin kierrätys on kuitenkin toimivaa ja tehokastakin. (Ojala 2000, 200) Ekologisiin melusteisiin voidaan käyttää pieniä määriä uusio- tai kierrätettyä metallia.

### 8.5.4 Tiili

Savi on uusiutumaton luonnonvara, jota on runsaasti saatavilla. Kuitenkin savenotto vaikuttaa maisemaan ja tiilenpoltto vaatii runsaasti energiaa. Tiili on usein kotimainen, kierrätettävä, kestävä ja helppo korjata. (Ojala 2000, 200)

Kierrätettyä tiiltä voidaan hyvinkin käyttää ekologisissa melusteissa. Kauniisti patinoitunutta tiiliestettä voisi erityisesti käyttää alueilla joiden esteettinen laatuvaade on suuri.

### 8.5.5 Kevytbetoni ja kevytsavi

Kevytbetonin valmistukseen vaaditaan alumiinia, joten valmistus kuluttaa paljon energiaa. Materiaalin keveydestä johtuen energiantarve seinäneliötä kohden on kuitenkin betonia pienempi. Kevytsavi on vanha rakennusmateriaali, joka valmistetaan savesta ja oljesta. Oljen osalta se on uusiutuva materiaali. (Ojala 2000, 201)

Kevytbetoni ja kevytsavi ovat ekologisesta näkökulmasta kiinnostavia materiaaleja. Kevytbetonin käyttöä betonin sijaan perustuksissa suositellaan, jos kohteen rakenteen tekniset ominaisuudet ovat riittäviä.

### 8.5.6 Muovit

Uusiutumattomasta luonnonvarasta, maaöljystä valmistetut muovit kuluttavat valmistettaessaan paljon energiaa. Valmistusprosessissa ja käytön aikana syntyy ympäristölle haitallisia aineita. Kestävien, mutta vaikeasti korjattavien muovien kierrätys on lajikirjon vuoksi vaikeaa. (Ojala 2000, 201)

Muovien käyttöä tulisi välttää pyrittäessä ekologiseen rakenteeseen. Monessa rakentamisessa muovista valmistetut osat ovat kuitenkin lähestulkoon välttämättömiä.

### 8.5.7 Lämpöeristeet

Lämpöeristeet, kuten selluvilla, puukuitulevy, puru, kutterilastu, turve, olki ja pellavaeristelevy ovat ainakin pääosin uusiutuvia, vain pieniä päästöjä aiheuttavia, paikallisia, vähän energiaa valmistukseensa vaativia ja helposti jätteenä käsiteltäviä materiaaleja (Ojala 2000, 201). Kyseisten eristeiden käyttö on erittäin ekologista erityisesti uusiutuvuuden ja pienen energiankulutuksen takia.

### 8.5.8 Rakennuslevyt

Uusiutuvista raaka-aineista valmistetaan myös lastu- ja puukuitulevyjä. Näistä lastulevyn valmistukseen käytetään lisäksi sideliimoja, joita puukuitulevyyn ei käytetä. Kipsi- ja puupohjaisia levyjä voidaan valmistaa osaksi kierrätysmateriaaleista ja jätteinä ne on helppo hävittää vaikka kompostoimalla. (Ojala 2000, 203.)

### 8.5.9 Tasoitteet

Luonnonmukaisimmat tasoitteet valmistetaan kipsistä ja savesta. Tavanomaisesti tasoitteiden raaka-aineena käytetään erilaisia uusiutumattomia luonnonvaroja, hiekkaa ja sementtiä. Tasoitteissa käytetyt lisäaineet keinohartsit ja muovit voivat aiheuttaa haittaa ympäristölle. Eloperäisistä ja uusiutuvista materiaaleista luuliimasta ja kaseiinista valmistettuja tasoitteita voidaan käyttää vain kuivissa tiloissa. (Ojala 2000, 203.)

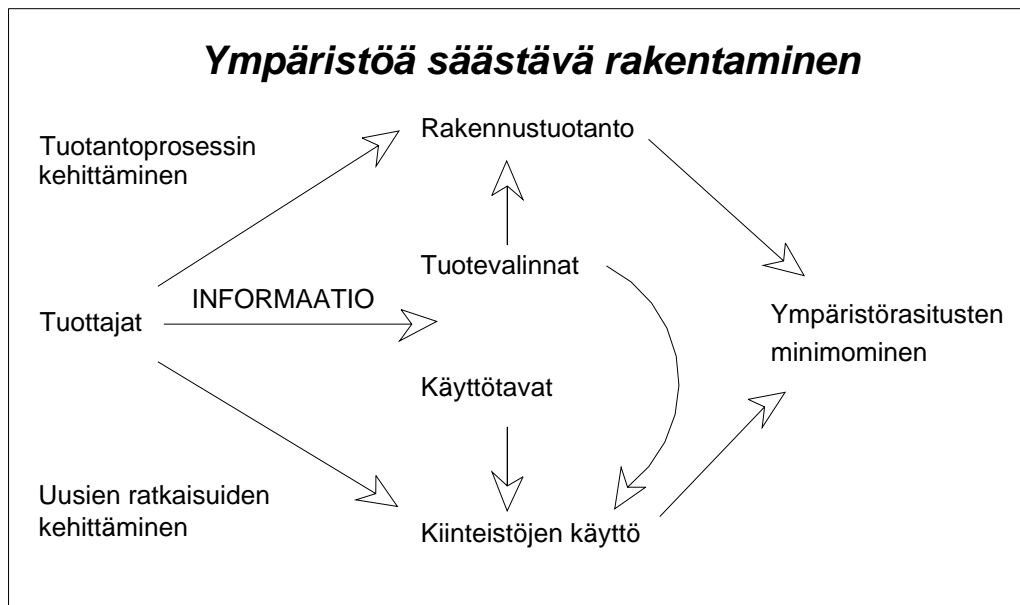
### 8.5.10 Pintakäsittely

Erilaiset synteettiset ja liuotinhenteiset maalit, jopa kuivuneina ovat ongelmajätettä. Niiden valmistukseen käytetään useita kemikaaleja, joilla on terveys sekä ympäristöhaittoja. Luonnonmaalit on valmistettu luonnonraaka-aineista perinteisin menetelmin. Luonnonmaalit, kuten kalkkimaali, liimamaali, keittomaalit puna- ja keltamulta, pellavaöljy maali ja munaöljytemperat sekä kivipinnalle soveltuva silikaattimaali ovat kestäviä, helposti hoitomaalattavia ja ympäristöystävällisiä. Hautatervalla on erinomaiset puunsuojaominaisuudet ja monien mielestä miellyttävä tuoksu. Lakat taas voidaan korvata luonnonvahoilla ja pellavaöljyllä. (Ojala 2000, 203.)

## 8.6 Ympäristöä säästävä rakentaminen

Ympäristövastuullisuus rakennusalalla on tuotantoprosessin energian sekä päästöjen minimoimista, että erilaisen alaa koskevan ympäristötietouden tuottamista ja julkaisemista. Ympäristöä säästävän rakentamisen edellytyksiä on kuvattu kuvassa 14 ja ne pätevät myös ympäristörakentamiseen, kuten ekologisten melusteiden suunnitteluun.

Ympäristöä säästävissä rakentamisessa pyritään mm. erilaisten paikallisten voimavarojen käytöllä valmistamaan mahdollisimman pitkäikäinen, ajan kuluessa helposti muunneltava, lopuksi uusiokäytettävä tai kierrätettävä tuote. Energiaa käytetään tehokkaasti, mutta vähän, samalla minimoiden prosessissa muodostuvia päästöjä. Tuotannon ohessa syntyneitä sivutuotteita hyödynnetään tai kierrätetään. Ympäristövastuullisuutta korostaa siirtyminen erilaisten laatu- ja ympäristöjärjestelmien käyttöönottoon, jotka takaavat ekologisen laadun jatkuvuuden ja kehittymisen. (Häkkinen ym. 1996, 8 - 9.)



Kuva 14 Ympäristöä säästävän rakentamisen edellytykset. Lähde: Häkkinen ym. 1996,8

## 9 EKOLOGINEN MELUNTORJUNTA

Työssä etsitään erilaisia ekologisia ja innovatiivisia esteratkaisuja melulle altistuvien alueiden suojaamiseksi. Ekologinen meluste on kestävän kehityksen suuntaviivat ja kriteerit täyttävä, lähinnä tieliikennemeluntorjuntaan tarkoitettu estetyyppi. Se on toteutettu joko osittain tai kokonaan kierrätys- tai ainakin ekologisen näkökulman kestävästä materiaalista. Este olisi helposti toteutettavissa paikallisella osaamisella ja mahdollisella asukasyhteistyöllä. Muihin melu-esteratkaisuihin nähden este olisi edullinen niin toteutukseltaan kuin kustannuksiltaan. Este toteutetaan kokonaisuudessaan ympäristöä säästävän rakentamistavan mukaisesti.

### 9.1 Melusteiden hinnanmuodostus

Melusteen hintaan kokonaisuudessaan vaikuttaa kyseisen hankkeen laajuus, toteutettavan meluseinäjaksen pituus, maapohjan laatu, kantavuus sekä perustusten toteutustapa ja melusteen materiaali. Lisäksi voidaan mainita esimerkiksi rakennuttamismenettelyn ja toteutusajankohdan suhdannenäkymien vaikutukset. (Anttalainen ym. 2000, 1.)

Yleisesti säästöjä melusteiden rakentamisessa voidaan saavuttaa yhteiskuntapoliittisin keinoin. Rakennuttamisen, rakentamisen ja rakennetekniikan keinoin sekä tehokkaan monikäyttöisyyteen pyrkivän melustesuunnittelun avulla voidaan edelleen säästää melustekustannuksissa. Suuret hankintakokonaisuudet, sarjavalmistaisuus ja rakennuttamisessa niin kutsuttu vuosisopimusmenettely ovat keinoja rakennetekniikan suurten jännevälien ja uusien perustustekniikoiden ohessa. (Anttalainen ym. 2000, 1.)



## 9.2 Ekologisen meluntorjunnan keinoja

Meluntorjunta ymmärretään usein ainoastaan melusteiden rakentamisena. Kansainvälisesti ja pikkuhiljaa myös Suomessa ollaan omaksumassa toimintalinjaa, joka tähtää meluntorjuntaan melun lähteessä. Toiminta-ajatus sisältää erilaisia liikenteen vähentämisen keinoja, liikennevirtojen ohjausta mm. raskaiden ajoneuvojen reittien suhteen, hiljaisten päällysteiden ja renkaiden suosimista sekä liikenteen rauhoittamista ja ajonopeuksien hillitsemistä. Useiden tutkimusten mukaan kyseiset keinot ovat huomattavasti kustannustehokkaampia melusteiden rakentamiseen verraten. Myös kaavoituksella sekä laadukkaalla väylä- ja ympäristösuunnittelulla päästään tuloksiin, joissa melutasot pysyvät alhaisina oleskelun ja asumisen alueilla ilman varsinaista melusterakentamista.

Terveelliset elämäntavat ja puhdas ympäristö muiden ekologisten arvojen lisäksi ovat saavuttamassa yhä kasvavaa suosiota suuren yleisön keskuudessa. Nyky-yhteiskunnassa melutietämyksen levittämällä voidaan pitkällä aikavälillä saavuttaa suuriakin tiedostamis- mielipide- ja käyttäytymismuutoksia suurten kansanmassojen keskuudessa.

## 9.3 Väyläympäristön tai pihan rakenteet integroituna melusteeseen

Kustannus- tai materiaalisäästöjä meluntorjunnassa ja katurakentamisessa lienee saavutettavissa esteiden monikäyttöisyydellä. Väyläalueen erilaisia rakenteita, kuten putket, kaapelit, valaistusrakenteet, liikennemerkkit ja opasteet voidaan yhdistää melusterakenteisiin. Tällöin tulee suunnittelussa huomioida ja varmistaa puhtaanapidon ja huollon näkökohdat sekä toimivuus. (Anttalainen ym. 2000, 56.)

Edelleen piha-alueilla melusteisiin voidaan integroida erilaisia pihavarusteita, kuten pyöräkatoksia ja telineitä, mahdollisesti jopa puutarhajättekomposteja sekä jätekatoksia tai muita välineitä

tuuletustelineistä leikkivälineisiin. Meluaita voi antaa taustan pihan upealle perennapenkille tai muulle kasvillisuudelle ja aitaan voidaan liittää valaistusta tai muita katseenkiinnittäjiä, kuten valeikkunoita ja –ovia, pergoloita tai katoksia (kuva 15).



Kuva 15 Kuvan pergola-aidan ideaa voisi hyödyntää meluesteiden suunnittelussa. Lähde: Pasanen 2002, 9

#### 9.4 Ekologisista tai kierrätysmateriaaleista ideoituja melusteitä.

Ekologisempi meluste voidaan toteuttaa tavanomaisten melustesuunnitelmien mukaan vaihtamalla rakennusaineet ekologisiin vaihtoehtoihin tai kierrätysmateriaaleihin. Tässä työssä on ideoitu erilaisia aitaratkaisuja, jotka toteutetaan kokonaan kierrätysmateriaaleista tai muuten ekologiseksi luokitelluista materiaaleista. Lähestymisessä ei tarkemmin laskettu aidan rakentamiskustannuksia tai ääneneristävyyttä. Ideat ovat suuntaa antavia ja vaativat erikseen lähempää rakennusteknistä tarkastelua niiden toteuttamiseksi.

Tässä työssä esitetyt ekologisemmat melusteet eivät välttämättä ole kustannustehokkaampia tavallisiin verraten. Työssä ollaan keskitytty ideoimaan ajatuksia uudentyyppisistä melusteistä, joissa huomioidaan kestävä kehitys, ekologisuus ja kierrättäminen. Kierrättäminen voi aika ajoin muodostua hintavammaksi ratkaisuksi. Tarvittavien

kierrätysmateriaalien etsiminen ja muokkaaminen uuteen muotoon voi vaatia monia työtunteja. Ekologisuus rakennusmateriaaleissa ei siis turvaa tuotteen edullista hintaa, käyttö tai työstökustannuksia. Varsinaisia tutkimustuloksia ratkaisuista ei kuitenkaan tässä yhteydessä ole esittä. Kuitenkin ekologian itseisarvo on erityisesti ympäristörasituksen pienentäminen tässä tapauksessa melueterakentamisen saralla. Kustannukset ratkaisevat monia asioita todellisessa elämässä. Ekologisuutta ei tulisi hyödyntää vain mahdollisien kustannussäästöjen takia vaan erityisesti sen eettisen arvon merkityksessä.

#### 9.4.1 Kierrätetystä betonielementistä ideoitu meluaita

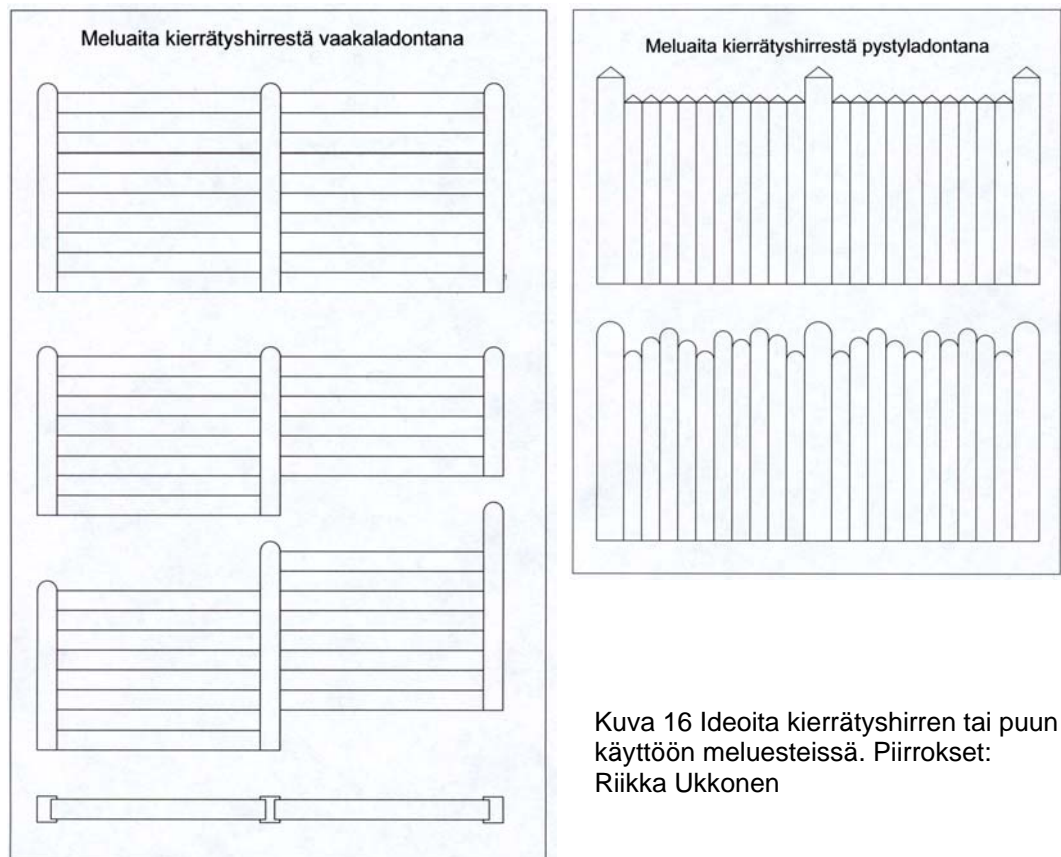
Purkurakennusten betonielementtejä leikataan sopivan kokoiseksi rakennusosiksi ja edelleen siirretään uudelle käyttöpaikalleen, joissa kierrätetyt seinäelementit liitetään meluidan perusrakenteisiin sekä pilareihin ja saumataan. Elementin pinta voidaan slammata mm. ekologisella kipsi- tai savipohjaisella tasoitteella. Monimuotoisuutta aitaan saadaan pilareiden kohtia korostaen ja suunnittelemalla erikokoisia tietyn rytmien mukaan vaihtuvia elementtikokonaisuuksia. Erilaisilla purkukaakelista tai klinkkereistä valmistetulla mosaiikkidetalleilla aidasta voidaan muodostaa yksilöllinen.

#### 9.4.2 Erilaiset kierrätyspuut meluaitamateriaalina

Kierrätyshirttä, käytöstä poistettuja ratapölkkyjä sekä sähköpylväitä voisi hyvin hyödyntää melueterakentamisessa. Patinoitunut hirsi on kaunista ja soveltuu esimerkiksi tietyn tyyppiin kulttuurihistoriallisiin kohteisiin. Yksityiskohtia hirsirakenteiseen meluaitaan saadaan kattamalla aita kierrätyskattotiilillä (kuva 16). Tämä lisää puupinnan säilymistä ja kesto. Puhdas patinoitunut hirsipinta voidaan halutessa käsitellä esimerkiksi puna- tai keltamultamaalilla.

Hirsiä, ratapölkkyjä sekä sähköpylväitä voidaan käyttää niin vaaka kuin pystyasennossa. Aidan tuenta hoidetaan joko hirsitalotekniikan ristinurkalla tai pilarein. Jos hirret käytetään aitaan pystyyn, rungon tulee olla pilarein toteutettu. Ristinurkkatekniikalla toteutettu tuenta vaatii kuitenkin tavanomaista enemmän tilaa. (Anttalainen ym. 2000, 60.)

Ratapölkkyjä sekä sähköpylväitä käytettäessä tulee huomioida materiaalin kyllästyksessä käytettyjen kemikaalien myrkyllisyys sekä niistä mahdollisesti edelleen irtoava kyllästyskemikaali. Kyseisistä materiaaleista valmistettua aita ei tulisi sijoittaa esimerkiksi pohjavesialueelle tai muuten herkkään ympäristöön tai paikkaan, jossa niistä mahdollisesti aiheutuisi haittaa tai vaaraa.

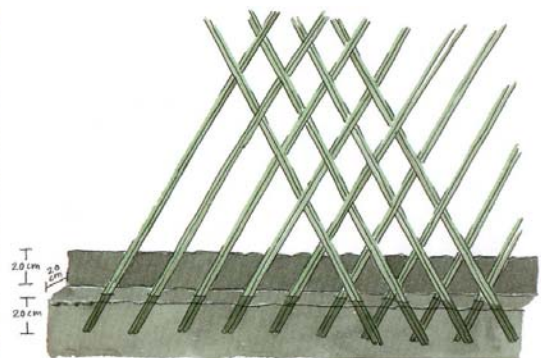


### 9.4.3 Meluaita pajusta tai risukimpuista

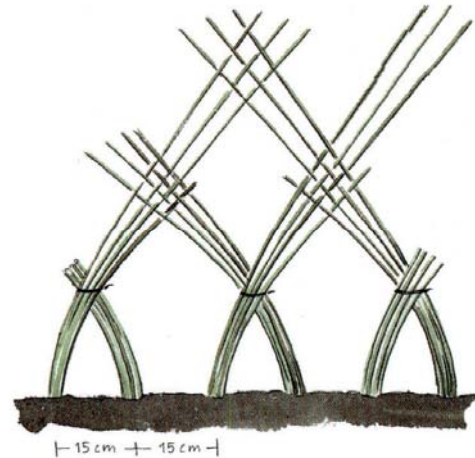
Paju on runsas luonnonvara, joka uusiutuu nopeasti. Se on monipuolinen, sitkeä ja notkea materiaali, jota voidaan käyttää sellaisenaan tai kuorittuna. Perinteisesti pajusta valmistettiin erilaisia tarvekaluja. (Koskinen, Savolainen 2003, 9.)

Pajulle on viime vuosina kehitelty lukuisia uusia käyttömuotoja energianlähteestä likavesiä puhdistamaan. Lisäksi pajua on käytetty mm. lämpöeristeenä ja ilmansaasteiden suodattajana teiden laitamilla. Kasvina paju on erittäin kestävä, nopea kasvuinen ja muodoltaan siro. Luonnonvaraista pajua on saatavissa runsaasti teiden varsilla ja peltojen ja joutomaiden laidoilla niin kaupungissa kuin maaseudulla. Lisäksi on saatavilla viljeltyä pajua, joka on luonnonvaraista pidempää, taipuisampaa ja tasalaatuisempaa. (Koskinen ym. 2003, 9 - 10.)

Tapoja työstää kerättyä pajua on monia, perinteikkäin lienee punonta. Myös elävää pajua voi työstää punonnan tapaan, jolloin paju jatkaa kasvamistaan valmiissa rakennelmassa. Elävässä pajutyössä paju lähtee kasvamaan pistokkaista, jotka on kerätty samaan tapaan kuin kuivatettava pajumateriaali (kuvat 17 - 18). Elävä pajutyö on kuitenkin usein kestävämpi kuin kuivatusta pajusta valmistettu työ. (Gro 2004, 5 - 6.)



Kuva 17 Pajuaita elävästä pajusta. Vinoruututekniikalla valmistettu pistokasaita. Rakennetta voi tiivistää istuttamalla pistokkaat tiiviimmin. Lähde: Gro 2004, 33



Kuva 18 Elävästä pajusta valmistettu viuhka-aita. Lähde: Gro 2004, 39

Pajusta punottua mattoa/sermiä voisi hyödyntää melusteeseen pintamateriaaliksi. 20mm puurunkoon kiinnitetty vaneriseinä peitetään ripustamalla siihen ”kuoripajumattoa”. Rakenne on melua eristävä ja kestävä vanerin ansiosta. Paju toimii tässä ratkaisussa kauniina pintana. Pajumaton kestävyys heikkenee ja matto ravistuneen ajan kuluessa nopeammin kuin varsinainen vanerirakenne. Rakenteessa tulee kiinnittää huomiota se, että pajumatto voidaan tarpeen mukaan vaihtaa kohtuullisen helposti ja edullisesti. Materiaalina kun paju on lähestulkoon ilmaista. Puurunkoon voisi tässä käyttää kierrätettyä puuta tai hirttä. Kiinnostavaa olisi tutkia myös useamman päällekkäisen pajumaton ääneneristävyyttä. Tällöin monikerroksinen pajumattoa ripustettaisiin kierrätyspuukehikkoon ja vaneri jätettäisiin rakenteesta pois.

Yksi mahdollisuus pajuaidaksi olisi puukehikkoon tiivistetyt pajupiiskaniput tai muut risuniput (kuva 20). Puukehikko olisi mahdollista käsitellä jollakin luonnonmukaisella pintakäsittelyaineella, kuten hautatervalla tai puna- tai keltamultamaalilla. Kattamalla aita sen kestoja parannetaan. Tarvittaessa lisäääneneristystä, voidaan edelleen käyttää vaneria tai tiivistä kierrätyspuulaudoitusta. Aidan väriä voi vaihdella käyttämällä eri



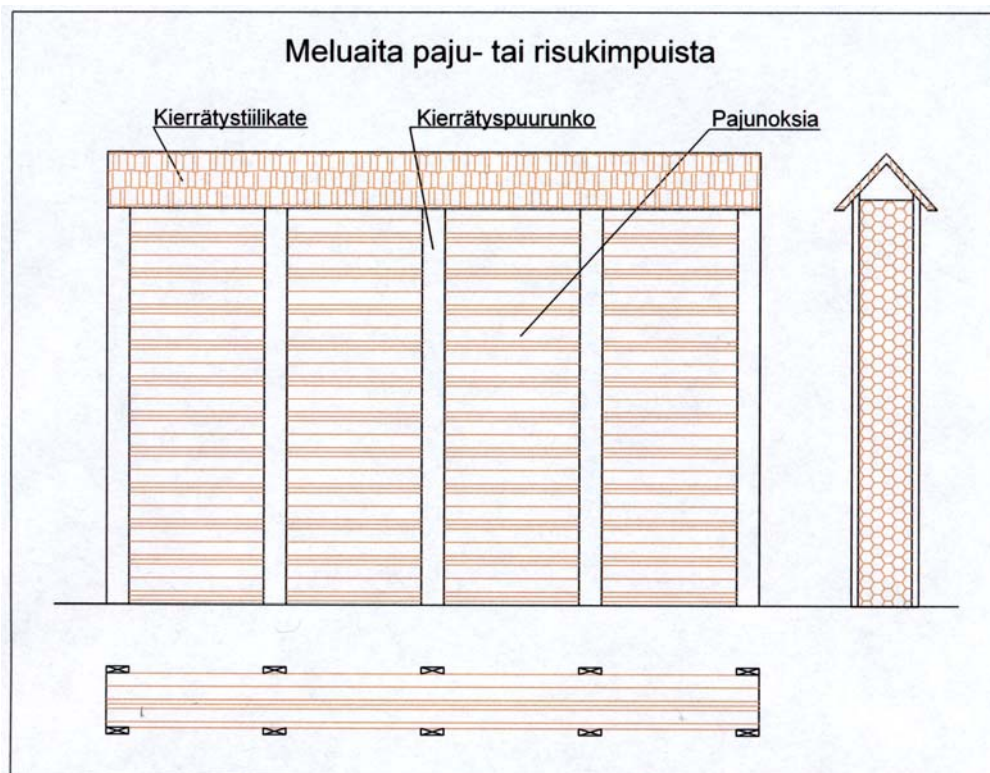
kasvien risuja. Esimerkiksi koivunrisut ovat erittäin tummanruskeita ja pajua on myös olemassa monia eri sävyjä lajikkeesta riippuen.

Elävistä pajupistokkaista voidaan punoa aita, joka ajan kuluessa kasvaa hyvinkin tiiviiksi (kuva 17 - 18). Periaatteessa elävän pajuaidankin voisi punoa suojaamaan ja piilottamaan varsinaista melueterakennetta. Elävä pajumeluaita voisi olla myös jonkinlainen pergolan, holvitunnelin tai labyrintin muotoon punottu tiivis pajuaita. Aidan varsinainen melua vähentävä vaikutus riippuu täysin sen tiiviydestä ja korkeudesta sekä mahdollisesti vuodenajasta. Vuosien mittaan pajun kasvaessa aidan ääneneristävyys kasvanee. Talvisin pajuaita on lehdistä paljas ja sen meluntorjuntaominaisuudet tällöin heikkenevät. Kuitenkin, jos vaadittava meluneristys ei ole suuri, elävä pajuaita katkaisee näköyhteyden melun lähteeseen, jolloin aidan psykologinen vaikutus melun tason aistimiseen on useimmiten huomattava.

Paju- ja risuaitojen valmistus soveltuu erityisesti asukasyhteistyössä toteutettaviin meluaitakohteisiin (kuva 19). Pajua on oikeilla työtavoilla helppo ja kevyt työstää. Lisäksi sitä on helppo hankkia, kun muistetaan että sen keruuseen vaaditaan maanomistajan lupa. Varsinaista tutkimustietoa pajun käyttämisestä meluaidaksi, ja edelleen sen ääneneristävyydestä en ole löytänyt.



Kuva 19 Pajunipuista valmistettu aita. Pajunippujen paksuutta vaihtelemalla vaikutetaan aidan meluntorjuntaominaisuuksiin. Tekniikalla on helppo valmistaa monenlaisia aitoja. Aidasta voidaan valmistaa tiivis, kun niput ovat vierä vierekkäin. Rakenne ei vaadi erityistä perustusta, vaan pajuniput kiinnitetään maahan isketyillä tukikepeillä. Lähde: Koskinen ym. 2003, 93



Kuva 20 Meluaita, joka on valmistettu pajunoksista tai muista risuista, jotka on tiivistetty kierrätyspuukehikkoon. Piirros: Riikka Ukkonen

#### 9.4.4 Purkutiili ja harkkomateriaalit melusteissa

Kauniisti patinoituneesta tiilestä voidaan tavalliseen tapaan muurata erilaisia meluaitoja. Esimerkiksi kierrätetystä punatiilestä valmistettu aitarakenne soveltuu arvokkaillekin paikoille. Tiilirakenteinen aita voidaan halutessa myös käsitellä tasoitteella, kuten ruiskupinnoittamalla. Pinnastaan tasoitetun tiiliaidan materiaalin ei tarvitse olla aivan priimaluokkaakaan tai väriltään tasalaatuista. Pinnoitus peittää alleen väri tai laatuero.

Meluaitoja voisi valmistaa myös erilaisista puretuista harkkomateriaaleistakin, pinnoittamalla este ekologisella, käyttötarkoitukseen soveltuvalla tasoitteella. Myös turveharkko voisi olla mahdollinen meluestemateriaali. Turveharkkoja voisi käyttää mm. kaksiosaisen meluesteen alaosan materiaalina tai erilaisiin melumuureihin.



#### 9.4.5 Olkipaali rakennusmateriaalina

Olkipaalirakentaminen on ekologista rakentamista. Päärakennusaine olki on uusiutuva rakennusmateriaali ja maataloudessa syntyvä 'jäte', joka voidaan palauttaa ilman suuria ongelmia takaisin luonnon kiertokulkuun. Olkipaalityöntö ei myöskään synnytä jätettä tai huomattavia päästöjä. (Tuomi 2001, 5.)

Olkipaalirakentaminen on Suomessa vielä suhteellisen vähäistä vaikkakin tekniikka sinänsä on ollut käytössä mm. Pohjois-Amerikassa ainakin 1800-luvun puolella. Alkujaan tekniikka kehiteltiin paalaus koneen keksimisen myötä. Aikaisimmat rakennelmat olivat väliaikaisiksi tarkoitettuja. Materiaalin käytännöllisyys johti kehityksen myötä rakenteen rappauteen, jolloin rakennukset otettiin vakituiseen käyttöön. (Tuomi 2001, 6 - 7.)

Olkipaalirakentamisessa on useita mahdollisuuksia. Rakennustavat voidaan jaotella itsekantavaan, vaipparakenteiseen tai muurattaviin olkipaaleihin. Kestävin rakenne muodostetaan rappauteella, kuitenkin paali kestää aikansa myös sellaisenaan, kun se katetaan. (Tuomi 2001, 10.) Esimerkiksi pyöröpaaleja on sellaisenaan Suomessa kokeiltu navetan rakentamiseen, omistajan mielestä hyvin tuloksin. Seininä on ollut rivi timoteista tiukkaan paalattuja pyöröpaaleja, halkaisijaltaan 1,6 metriä, jotka on työnnetty tiiviisti toisiinsa kiinni. Pilarirakenteen päälle tuettu katto on myös vuorattu oljella. Vesikatteenä toimi muovi. (Käytännön maamies 3/2002.) Suomessa asuin- tai lomarakennuksia on olkipaaleista rakennettu ainakin Humppilassa, Paraisilla, Järvenpäässä ja Helsingissä (Tuomi 2001, 38 - 42)

Olkirakentamisessa on useimmiten käytetty rukiin- tai kauranolkea saatavuuden vuoksi. Pellavan olki olisi rukiin olkea kestävämpää, mutta saatavuudeltaan heikompaa. Tyypillisin paalin koko on 450 mm x 300 mm x 600 mm x 800 mm. Paalit tulisi käyttää rakentamiseen vasta, kun ne ovat kuivuneet noin vuoden ajan ilmastoidussa, kuivassa ja viileässä

tilassa, vaikkakin paali jatkaa kuivumistaan seinärakenteessa. Itsestään kantavassa rakenteessa olkipaalit olisi hyvä liittää toisiinsa esimerkiksi puisilla tapeilla tai muurata. Tarvittaessa rakenne voidaan toteuttaa vaipparakenteena, jolloin varsinainen runko on esimerkiksi puuta. Lopuksi seinä rapataan molemmin puolin. Rappauksen tulee olla hengittävä, jotta mahdollinen kosteus pääsee siitä haihtumaan. (Tuomi 2001, 9)

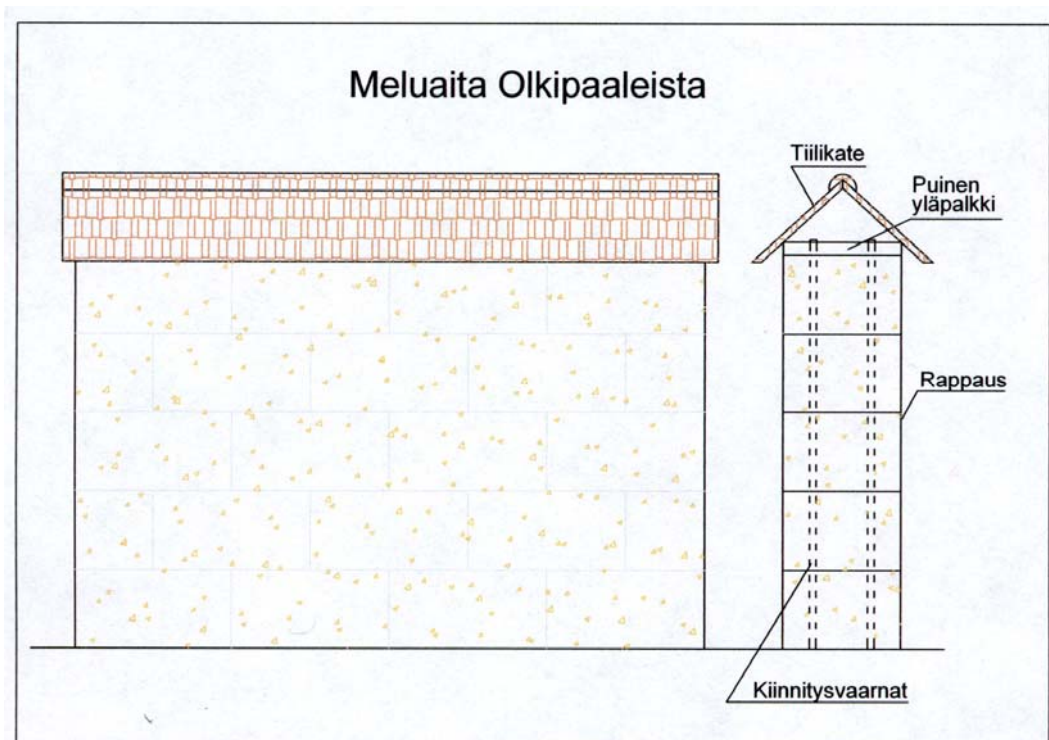
Rappaus toteutetaan ulkoseinään kohdistuvien vaatimusten mukaan noin 20-30 mm paksuna. Se lisää olkipaalirakenteen kestävyttä. Rappaus on useimmiten kolmikerroksinen ja käsittää epätasaiseksi jätettävän pohjarappauksen sekä kaksi tasoitekerrosta, joista päällimmäisin on muita ohuempi. Rappaus voidaan tehdä käsin tai ruiskuttamalla, näistä vaihtoehdoista ruiskurappaus on nopeampi keino. Ennen rappausta itsekantavan rakenteen tulee antaa laskeutua ja painua. Rappaus voidaan toteuttaa rappausverkolla tervapaperilla tai kokonaan näitä ilman. Ekologisimpia rappausmateriaaleja ovat savirappaus, kalkkirappaus, kalkkisementtirappaus, joista kalkkisementtirappaus on kovapintaisin ja säänkestävin. Savirapattu pinta voidaan pinnoittaa kalkkirappauksella, kalkkimaalilla tai savilietemaalilla, johon on lisätty väripigmenttejä sekä vernissaa. Myös kalkkirappaus voidaan maalata kalkkimaalilla. Kalkkirapatun seinän pintakäsittelyksi voidaan käyttää kalkkimaalia tai silikaattimaalia. (Tuomi 2001, 30 - 35.)

Amerikkalaisten tutkimusten mukaan olkipaalirakenne on puurakennetta paloturvallisempi, koska tiiviissä paalissa ei ole tarpeellista määrää hapetta palamista varten. Lisäksi oikein tehtynä rakenne on hengittävä ja pitkäikäinen. (Tuomi 2001, 9.) Ääneneristävyydeltään voisi paksun ja tiiviin olkipaalirakenteen luulla olevan erittäin hyvä. Järvenpäässä onkin kokeiltu ruiskubetonilla pinnoitettua olkipaalirakenteista ekomeluseinää (Anttalainen 2000, 64).

Meluesterakentamiseen olkipaali olisi erittäin edullinen ja ekologinen rakennusmateriaali. Myös rakentaminen on helppoa ja nopeaa jopa asukasyhteistyönä toteutettavaa. Paalirakenteella on helppo toteuttaa

esimerkiksi kaarevia muotoja ja holveja(Tuomi 2001, 9). Täten voidaan helposti suunnitella vaihtelevia maisemaan soveltuvia meluseiniä.

Olkipaalimeluseinän toteuttaminen katettuna versiona lisää esteen kestoikää (kuva 21). Mikäli aitaan ei kohdistu suuria rasituksia, kestävyyttä sekä esteettisyyttä olkiseinään saadaan ekologisella kalkkisementti- tai kalkkirappauksella. Seinä voidaan toteuttaa paikasta riippuen millä tahansa tekniikalla, näistä kuitenkin itsekantava on nopein ja edullisin toteuttaa. Vaihtoehtona muurattu rakenne on erittäin varteenotettava. Vaipparakenteella seinästä saadaan muodostettua kestävin. Tällöin käytettävän puumateriaalin tulisi olla kierrätystavaraa, kuten purkulautaa. Kate valmistettaisiin kierrätetystä kattotiilestä tai vastaavasta kierrätysmateriaalista.



Kuva 21 Meluaita olkipaaleista kantavana rakenteena. Aita katetaan kierrätystiilellä ja rapataan. Piirros: Riikka Ukkonen

#### 9.4.6 Kumimattoeste

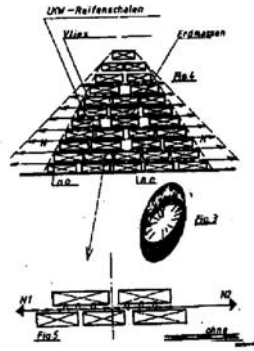
Melueste voidaan valmistaa myös kumista tai muusta vastaavanlaisesta säänkestävästä materiaalista. Tällaista meluestettä on kokeiltu Espoon Kirkkojärvellä ja Vantaalla Porvoon-väylällä, jossa kolmiomaisen metalliverkkorungon keskelle ripustetaan kumimatto, joka torjuu ääntä. Metalliverkko voidaan edelleen verhoilla köynnöstävillä kasveilla. Esteelle ei varsinaisesti tehdä lainkaan perustuksia. (Anttalainen ym. 2000, 58 - 59)

Jos kumimatto valmistettaisiin kierrätyskumista ja runko kierrätysmetalliputkesta tai puusta, este muodostuisi rakentamiseltaan ekologiseksi. Esteellä voisi todennäköisesti olla kohtuullisen hyvä ääneneristävyys kumimaton paksuudesta riippuen. Kasvillisuuden oikeilla valinnoilla este olisi helppo sopeuttaa maisemaan. Kumimattoeste täyttäisi mitä suurimmalla todennäköisyydellä meluesteille asetetut laatuvaatimukset, erityisesti jos kannatinkehikko olisi metallivalmisteinen.

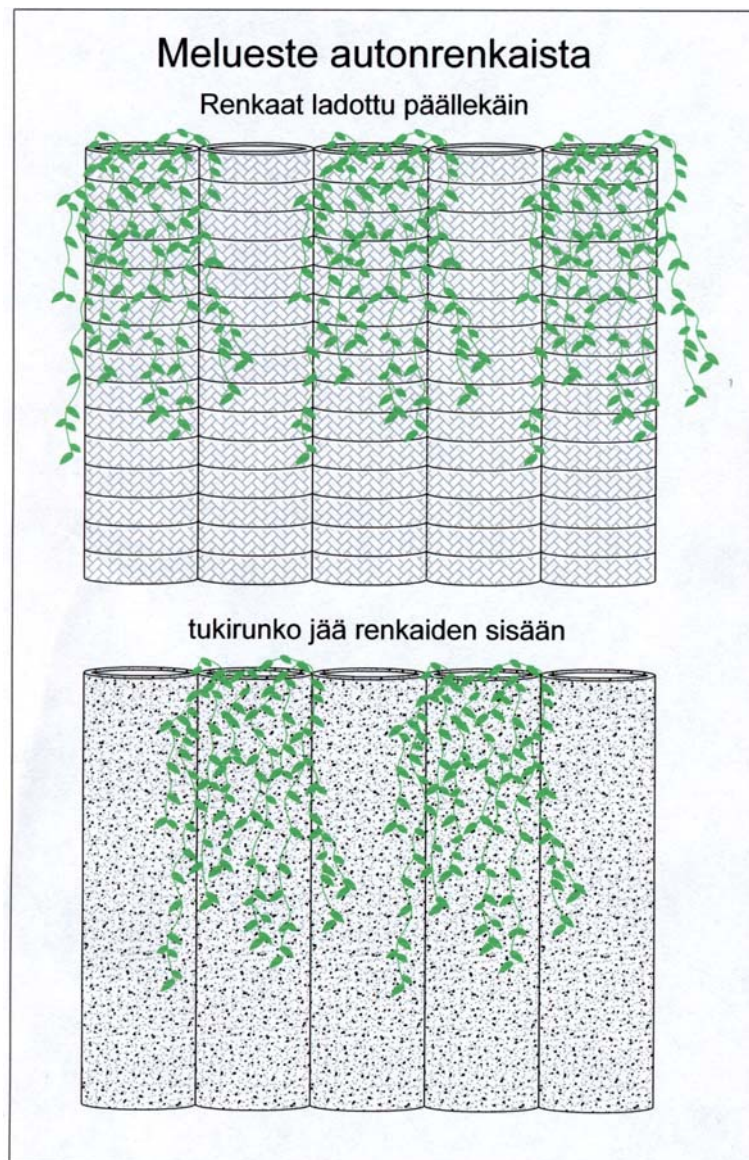
#### 9.4.7 Meluaitoja autonrenkaista

Vanhoista autonrenkaista voisi pinota meluesteen (kuva 23). Estettä varten tulisi rakentaa kierrätyspuusta tai metallista tukirakenne, johon renkaat kiinnitetään. Lisä-ääneneristystä saataisiin täyttämällä este maaineksella tai rengasrouheella. Rengasmuurin päälle voitaisiin halutessa istuttaa köynnöskasveja, joiden vaatima multa toimii samalla esteen täytemaana. Jos rakenneteknisesti on mahdollista, valmis rengaseste viimeistellään mahdollisesti savi-, kalkki- tai kalkkibetonitasoiteella esteettisten sekä rakenteellisten näkökohtien takaamiseksi.

Autonrengasmeluseinään liittyen Anttalainen ym. (2000, 18) on listannut meluseiniin liittyviä patentteja, joissa yhdessä patentti nro. DE4443478 on esitetty lujittamatonta, jyrkkäluiskaista meluvallia, valmistettavaksi puolitetuista kuorma-auton renkaista (kuva 22).



Kuva 22 Puoliksi leikatuista autonrenkaista tehty meluvalli patentti DE 443478. Lähde Anttalainen ym. 2000, 18. Autonrenkasrouhetta voidaan hyödyntää täytemateriaalina meluvallissa (Anttalainen ym. 2000, 64) tai miksei eristemateriaalina kahden vanerin tai laudoituksen välissä



Kuva 23 Meluste päällekkäin ladotuista autonrenkaista, jotka on täytetty maaineksella. Esteen tukevoittaa renkaiden sisään jäävä tukirakenne. Mahdollisuuksien mukaan esteen voisi myös rapata (alempi kuva). Piirroksen tekijä: Riikka Ukkonen

#### 9.4.8 Lastauslavat

Kertakäyttöisiä lastauslavoja voisi käyttää mahdollisuuksien mukaan melusteiden runkorakenteeseen. Lava ei sellaisenaan käytettynä torju melua harvan rakenteensa takia, mutta lisäämällä tiivistä laudoitusta tai vanerilevytystä ajatus lastauslavoista meluestemateriaalina lienee käyttökelpoinen. Melusteisiin tulisi nimenmaan käyttää vain kertakäyttöisiä lastauslavoja, ei FIN- tai Euro-lavoja, joilla on jo olemassa toimiva kierrätys ja uudelleenkäyttöohjelma.

#### 9.4.9 Kivikorit ja luonnonkiviaidat

Pyöreällä luonnonkivellä täytetyt metallikorit voidaan sommitella jyrkkäluiskeiksi meluvalleiksi. Tämä aitatyyppi vie tavanomaista meluaitaa enemmän tilaa ja vaatii hyvät perustukset tai kantavan maapohjan. Kun metallikorit valmistettaisiin kierrätysmetallista, tuotteen ekologisuus paranee. Ekologisuutta pohdittaessa tulee huomioida myös soranoton vaikutukset maisemaan ja pohjaveteen.

Luonnonkiviaidat ovat kauniita, esteettisesti arvokkaita sekä kestäviä. Kuitenkin aidan materiaali- ja valmistuskustannukset ovat usein suuria. Esimerkiksi rakennusten tai teiden alta louhituista kivilohkareista voidaan rakentaa muureja. Kuitenkin meluesteen tulee usein olla kolmatta metriä korkeita, jolloin kokonaan suurista lohkarista valmistettu aita ei aina tule kysymykseen massiivisuutensa takia. Keveämpi vaihtoehto on korottaa luonnonkivimuuria esimerkiksi puu- tai tiilirakenteisella meluaidalla.

#### 9.4.10 Kasvillisuus ja meluaidat

Vaikka kasvillisuuden vaikutukset melutasoon ovat vähäiset, sitä ei tulisi unohtaa melueterakentamisessa psykologisen vaikutuksensa takia. Esteen maisemointi on luontevaa toteuttaa erilaisella kasvillisuudella myös

viihtyisyyden luomiseksi. Melun aiheuttajan näkemisen estävä pensas- tai muu aita saattaa vaikuttaa psykologisesti melutason aistimiseen pienempänä kuin se oikeasti on.

Pensasaita on vuosittain muotoon leikattava ja kapea istutus. Pensasaita on harvoin kukassa, leikkauksen poistaessa versojen kärjissä olevat kukkasilmut. Aidanne on pensasaitaa helppohoitoisempi, vapaasti luontaiseen muotoonsa ja korkeuteensa kasvava pensasrivi. Kasvilajista riippuen aidanne kukkii esteettä. Oikealla kasvivalinnalla pensasaita tai aidanne soveltuu moneen paikkaan. Suunniteltaessa huomioidaan mahdollisten lajien soveltuvuus kasvupaikalle. Erityisesti menestymisvyöhykkeet, varjo-olosuhteet, maa- ja kasvualustan laatu, kasvin talvenkestävyys ja kasviin kohdistuvien räsitusten sietokyky mm. ilmansaasteiden osalta tarkistetaan. Vaihtelua istutukseen saadaan valitsemalla kasveja, jolla on erikoinen lehdistön ja rungon väriyty, kukinta tai esimerkiksi syysväriyty. (Pasanen 2002, 94 - 106.)

Aidanteeseen soveltuvat kasvilajit ovat tiheäversoisia, matalia tai keskikorkeita sekä runsaasti kukkivia tai marjovia pensaita. Aidanteeseen voidaan valita useita eri kasvilajikkeita, jotka soveltuvat kasvamaan rinnan. Leikattava pensasaita kasvatetaan mm. kuusesta (*Picea abies*), japanimarjakuusesta (*Taxus cuspidata*), Kanadantuijasta (*Thuja occidentalis*), orapihlaja lajikkeista, Siperian-hernepensasta (*Caragana arborescens*), taikinamarjasta (*Ribes*) tai aronioista (*Aronia*). (Pasanen 2002, 94 - 106.)

Tiivistä pensasaitaa tai aidannetta voisi käyttää näkösuojana melun lähteeseen, jos suurempaa meluntorjuntatarvetta ei ole. Köynnös- ja muilla kasvilajeilla kohennetaan erilaisten melusteiden ilmettä ja sovitetaan niitä maisemaan. Suunnittelussa tulee kuitenkin huomioida tieympäristön haasteet kasvistolle. Auras- ja muut kunnossapitotehtävät rasittavat ympäristöön valittua kasvillisuutta, jolloin sen tulee olla kestävä ja helppohoitoista. Piha-alueilla häivytetään korkeakin meluaita huomaamattomaksi monipuolisella kasvillisuuden käytöllä.

## 10 CASE: EKOLOGINEN MELUNTORJUNTA TAPPARAKADUN PÄIVÄKODILLA LAHDESSA

Lahden alueella asuu noin 33 000 asukasta, jotka kärsivät oleellisesti melun aiheuttamista haitoista (Meluselvitys 1999). Haitat vaikuttavat terveyteen ja viihtyvyyteen lisäten sosiaalisia ja terveydellisiä kustannuksia kunnissa. Meluntorjunnan kustannusten pienentämiseksi uusien torjuntakeinojen etsiminen ja ideoiminen on tärkeää.

### 10.1 Suunnittelun lähtökohdat

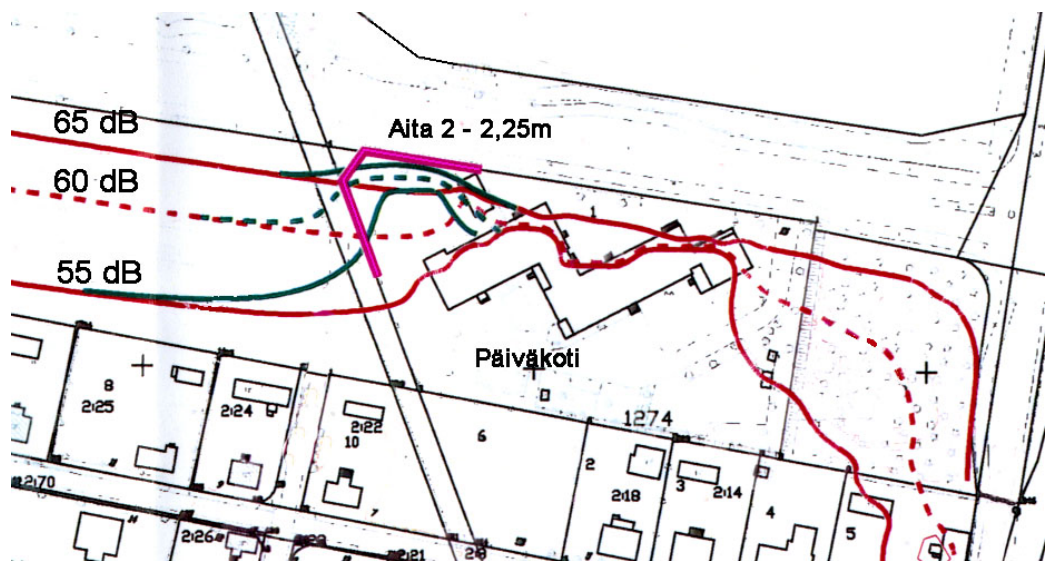
Suunnittelukohde Tapparakadun päiväkotiki sekä rakennuksessa sijaitseva Launeen perhekeskus sijoittuvat vilkasliikenteisen kaksikaistaisen Tapparakadun varrelle. Tontti rajautuu etelästä omakotivaltaiseen alueeseen, idässä Launeen lähteen puistoon sekä lännessä Saksalanpuistoon. Kohteen välittömään läheisyyteen sijoittuu Tapparakadun sekä Launeenkadun liikennevaloristeys. Teknisen toimen lähisuunnitelmissa on kadun leventäminen kaksikaistaisesta nelikaistaiseksi suurten liikennevirtojen vuoksi. Suunnittelu on käynnistynyt vuoden 2005 syksyllä, johon liittyy päiväkotiki sekä perhekeskialueen asiakaspysäköinnin uudelleenjärjestelyä sekä meluntorjuntaa. (katso LIITE 2)

Melun yleisten ohjeiden mukaan hoitolaitosten, oppilaitosten sekä asumisen alueilla päivällä melun ekvivalenttitason tulisi olla enintään 55 dB ja edelleen yöllä enintään 50 dB lukuun ottamatta uusia asuinalueita, joilla yöllinen enimmäisarvo on 45 dB. Suunnittelualueelle melua aiheuttaa tieliikenne, joka yleisestikin muodostaa lähes 90% kaikesta ympäristömelusta (Liikennemeluselvitys 2004, 3). Noin 13 000 ajoneuvoa keskivuorokaudessa liikkuu Tapparakadulla noin 50 km tuntinopeudella, joista noin 7,6 % on raskasta liikennettä. Liikenteen aiheuttamat melutasot päivä- sekä perhekeskialueella ovat noin 55 - 65 dB tietämissä. (Meluselvitys 1999.)

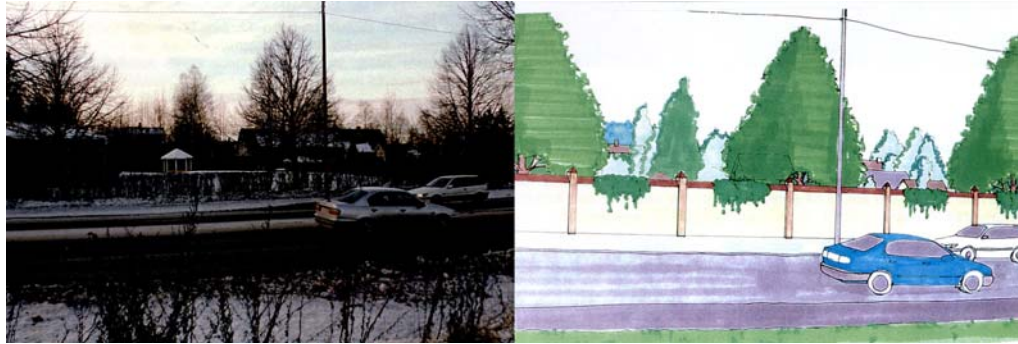


Tampereen Viatek Oy:n vuonna 1999 tekemä meluselvitys kattoi myös Tapparakadun aluetta (kuva 24). Selvityksen toimenpide-ehdotus oli mitoitettu vuoden 2010 melulta suojaaviksi. Ehdotuksen betoninen tai tiilimeluaita on sijoitettu perhekodin tontin luoteiskulmaan 2 – 2,25 m korkeana (kuva 25). Kyseisen meluaidan kustannukset arvioitiin 195 000 markan tietämille. Päiväkodin piha-alueen suojaamiseen ei meluselvityksen toimenpide-ehdotuksessa ryhdyttäisi:

”Suurin osa leikkipihasta sijaitsee rakennuksen takana suojassa. Päiväkotilapset käyttävät leikkialueena myös Tapparakadun ja Launeenkadun risteyksessä olevaa Launeenlähteenpuistoa. Puiston suojaaminen katujen varteen sijoitettavalla melusteellä ei ole akustisesti järkevää eikä esteettiseltä kannalta perusteltua.”



Kuva 24 Melutasot Tapparakadulla Päiväkodin kohdalla. Käyrät kuvaavat melutilannetta vuonna 2010, vuoden 1999 melutasot ovat 1-1,5 dB alhaisemmat. Piirroksessa punainen viiva osoittaa melukäyrää ennen suojausta. Vihreä viiva kertoo melutilanteen suojauksen jälkeen. Viatekin meluselvityksen aitaehdotus on esitetty kuvassa pinkillä värillä. Lähde: Meluselvitys 1999, piirustus 1



Kuva 25 Havainnekuva Meluselvityksessä ehdotetusta tiilaidasta perhekodin pihan suojaksi. Lähde: Meluselvitys 1999, 16

Suurimmat meluhaitat päiväkodin alueella ovat etupihalla sekä rakennuksen kadunpuoleisissa sisätiloissa. Melu on myös kuitenkin selkeästi häiritsevää monin paikoin takapihalla. Ongelmallisen melunsuojauksen kannalta kohteesta tekee esteen optimaalisimman sijainnin löytäminen. Tontin useat ja ilmeisen tärkeät huoltoväylät rikkovat kadunpuoleisen sivustan, jolle on vaikeaa sijoittaa melulta suojaavaa, tiivistä ja tarpeeksi pitkää estettä. Tässä tilanteessa tulee erityisesti huomioida viihtyisyyden lisäämistä sekä psykologista näkökulmaa - näköyhteyden katkaisemista, esimerkiksi lisäämällä etupihan kasvillisuutta. Rakennuksen sisätiloihin kulkeutuvaan meluun voidaan tässä tapauksessa parhaiten vaikuttaa rakenteellisella melusuojauksella. Rakennuksen mahdollisen peruskunnostuksen yhteydessä seinien, katon sekä ikkunoiden ääneneristävyyttä tulisi lisätä, jotta sisätilan melutason ohjearvot saavutettaisiin sekä turvattaisiin lapsille sekä hoitajille oikea ympäristö toimia.

Varsinaisella suunnitelmalla pyritään vähentämään melua kriittisimmillä alueilla noin 10dB verran, jolloin melun yleiset ohjearvot eivät ylittyisi. Päivä- sekä perhekotialueen melu este voisi meluntorjunnan lisäksi olla monikäyttöinen (kuva 26). Esteeseen voitaisiin halutessa liittää pihan rakenteita, kuten leikkivälineitä tai katoksia ja etupihalla mm. jätehuolto.

Ehdottamani melu este olisi toteutettu joko oljesta, purkutiilestä tai pajusta. Tiivis pensasaita voisi olla huomioitava vaihtoehto suojaamaan

Launeenlähteenpuistossa sijaitsevaa leikkialuetta. Näköyhteyden katketessa alue mitä todennäköisimmin vaikuttaisi melutasoltaan hiljaisemmalta. Etupihalle tulisi myös lisätä kasvillisuutta esimerkiksi tiiviin pensasaidan muodossa, jotta kovaa melutasoa saataisiin vähänkin pienennettyä, edes psykologisin keinoin.



Kuva 26 Vasemmalla pajupistokkaista taivutettu pajutunneli, jota voisi käyttää myös kevyenä meluaitana päiväkodin pihalla. Tunnelista voi tehdä tiiviimmän istuttamalla pistokkaat tiuhaan. Oikealla pajulabyrintti, jonka voi istuttaa pajupistokkaista. Lähde: Gro 2004, 53 ja 87

## 10.2 Lähtötilanne

Suunnittelun lähtökohtia pohtimalla todettiin kohteen haastavuus, joka muodostuu lähinnä vilkkaan Tapparankadun meluisuudesta sekä etupihan rikkonaisuudesta (kuva 27). Tehokas melueste on mahdollisimman tiivis ja eheä kokonaisuus. Useiden huoltoväylien takia etupihaan ei olisi järkevää rakentaa tehokasta melua torjuvaa meluestettä. Suunnittelussa huomioitiin kadun levennystoimet, jotka tullaan todennäköisesti toteuttamaan vuoteen 2010 mennessä. Kadunrakentamisen yhteydessä toteutetaan myös meluntorjunta. Tämän takia suunnittelun pohjaksi valittiin nelikaistaisen Tapparankadun suunnitelmaluonnos, johon on myös kehitetty päiväkodin



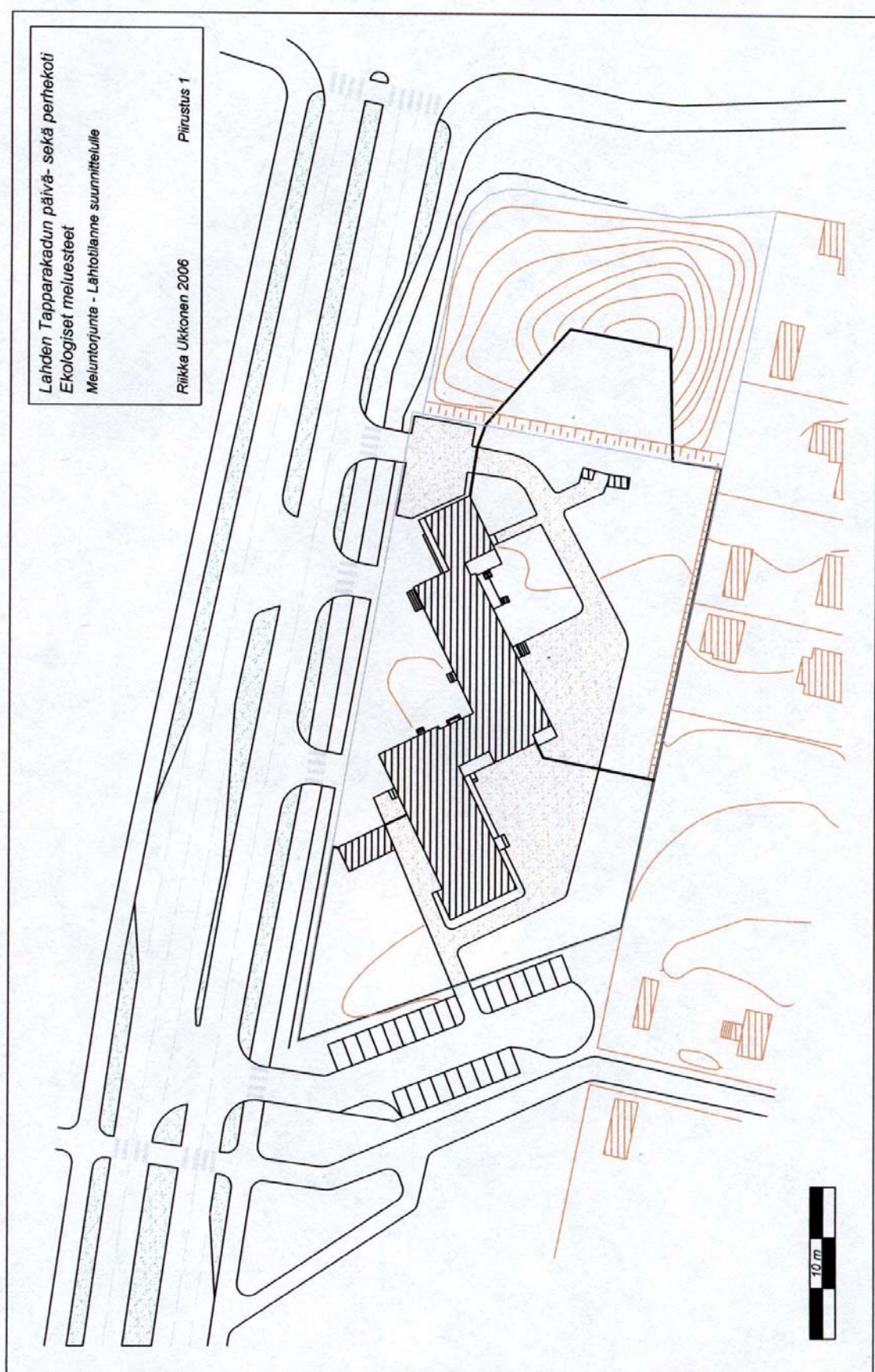
asiakaspysäköintiä. Asiakaspysäköinti on nykyisellään alimitoitettua erityisesti ruuhka-aikoina, kun lapsia tuodaan tai haetaan päiväkodista (kuva 28). Tapparakadun yleissuunnitelmassa esitetty ratkaisu asiakaspysäköinnin siirtämisestä kokonaan tontin länsisivustalle on perusteltu mm. liikenteen turvallisuuskulmasta: pysäköintialueen Tapparakadun liittymä siirtyy kauemmaksi Launeenkadun risteyksestä. Ja mahdolliset asiakkaiden tienylitykset vähenevät. Piirustuksessa 1 (s.90) on esitetty meluntorjuntasuunnitelman lähtötilanne.



Kuva 27 Kuvassa Päiväkotialueen kadunpuoleista pihaa sekä pysäköintialuetta. Launeenkadun risteuksen suunnasta kuvattuna. Kuva: Riikka Ukkonen 2005



Kuva 28 Vasemmalla päiväkodin leikkipihaa, Oikealla alimitoitettu pysäköintialue ja näkymä leikkipihalle



### 10.3 Ehdotelma1

Piirustus 2 käsittää ehdotelman 1, jossa meluntorjuntaa on toteutettu lähinnä Viatekin meluselvityksen 1999 suosituksista käsin.

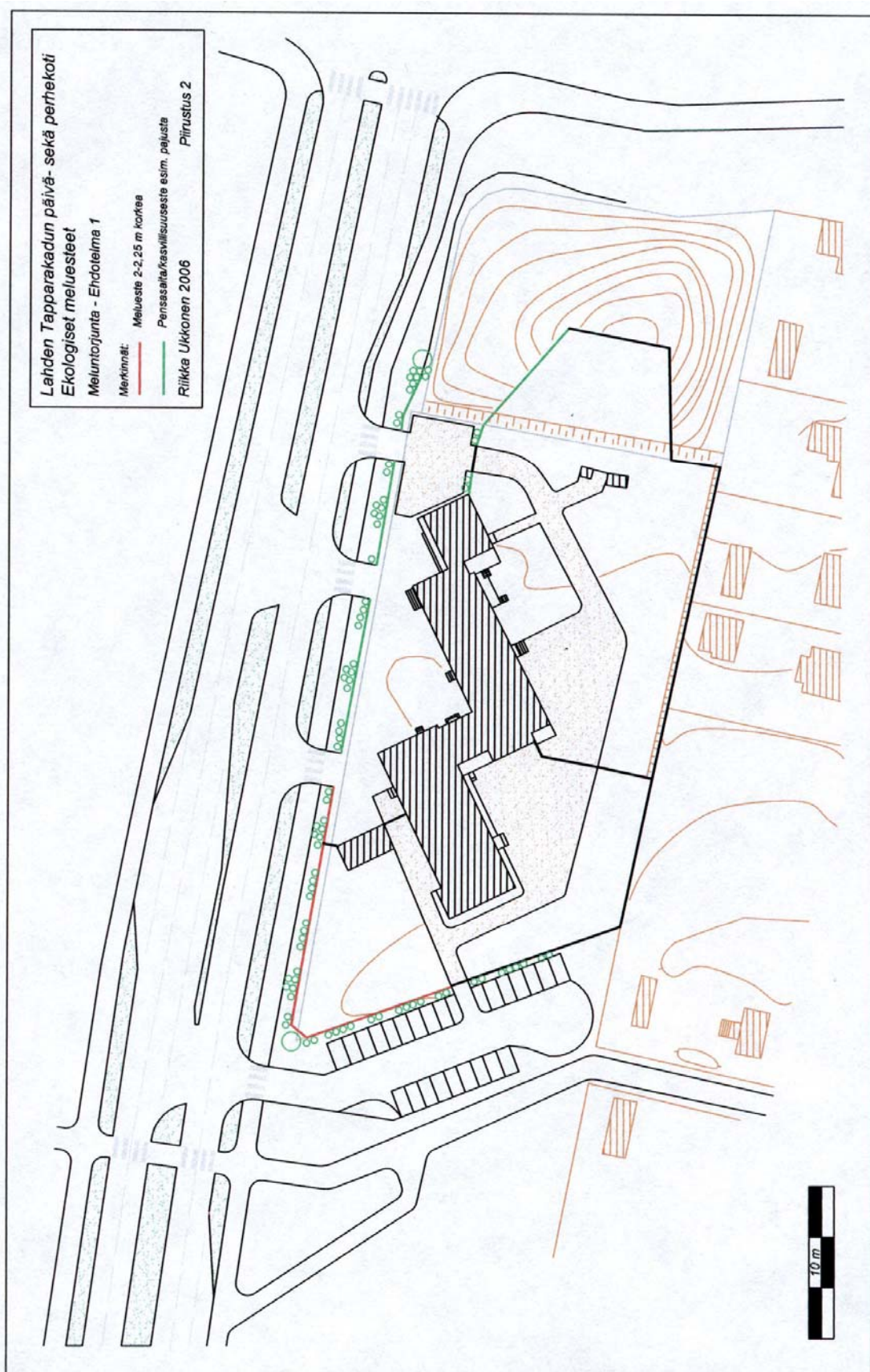
Suunnitelmassa esitetään vaihtoehdoksi katettua kierrätystiileistä tai olkipaaleista valmistettua ekologista meluestettä, joka sijoittuisi lähinnä tontin kaakkois- ja länsisivustoille.

Lisänä tontin kadunpuoleiselle sivulle rakennuksen eteen sekä leikkialueen aidaksi suositellaan nykyistä vankempaa pensasaitaa, joka pehmentää ja katkaisee näkymää tielle ja näin vaikuttaa psykologisesti melun aistimiseen. Pensasaita voitaisiin toteuttaa esimerkiksi niin sanottuna elävänä pajuaitana ja sitä voitaisiin varioida käyttämällä useita pajulajikkeita. Leikkialueen aitaa voitaisiin hyödyntää lasten leikkeihin (katso kuva 26).

Myös meluaitaa tulisi pehmentää niin kadun kuin pihankin puolelta kasvillisuudella, tässä tapauksessa pensaila ja maanpeitepensaila ryhmäistutuksin. Istutuksiin tulisi käyttää vain paria kasvilajia, kuitenkin valiten lajit huomioiden niiden komea syysväritys.

Suunnitelmassa vanha pysäköintialue säilyy huoltoväylänä rakennuksen takapihalle. Asiakasliikenne sekä henkilökunnan pysäköinti on ohjattu tontin länsipuolelle uudelle pysäköintialueelle.





#### 10.4 Ehdotemat 2 sekä 3

Piirustuksessa 3 esitetty ehdotelma 2 muuttaisi radikaalimmin tontin huoltoajon väyliä. Edelleen asiakasliikenne sekä henkilökunnan pysäköinti on ohjattu tontin länsipuolelle uudelle pysäköintialueelle. Vanha huoltoajo/pysäköintiliittymä poistetaan kokonaan ja huoltoajo ohjataan kulkemaan uuden pysäköintialueen lävitse tontin eteläpuolelta. Etupihalle kadun varteen on näin paremmat edellytykset rakentaa yhtenäisempi suojaavampi melueste.

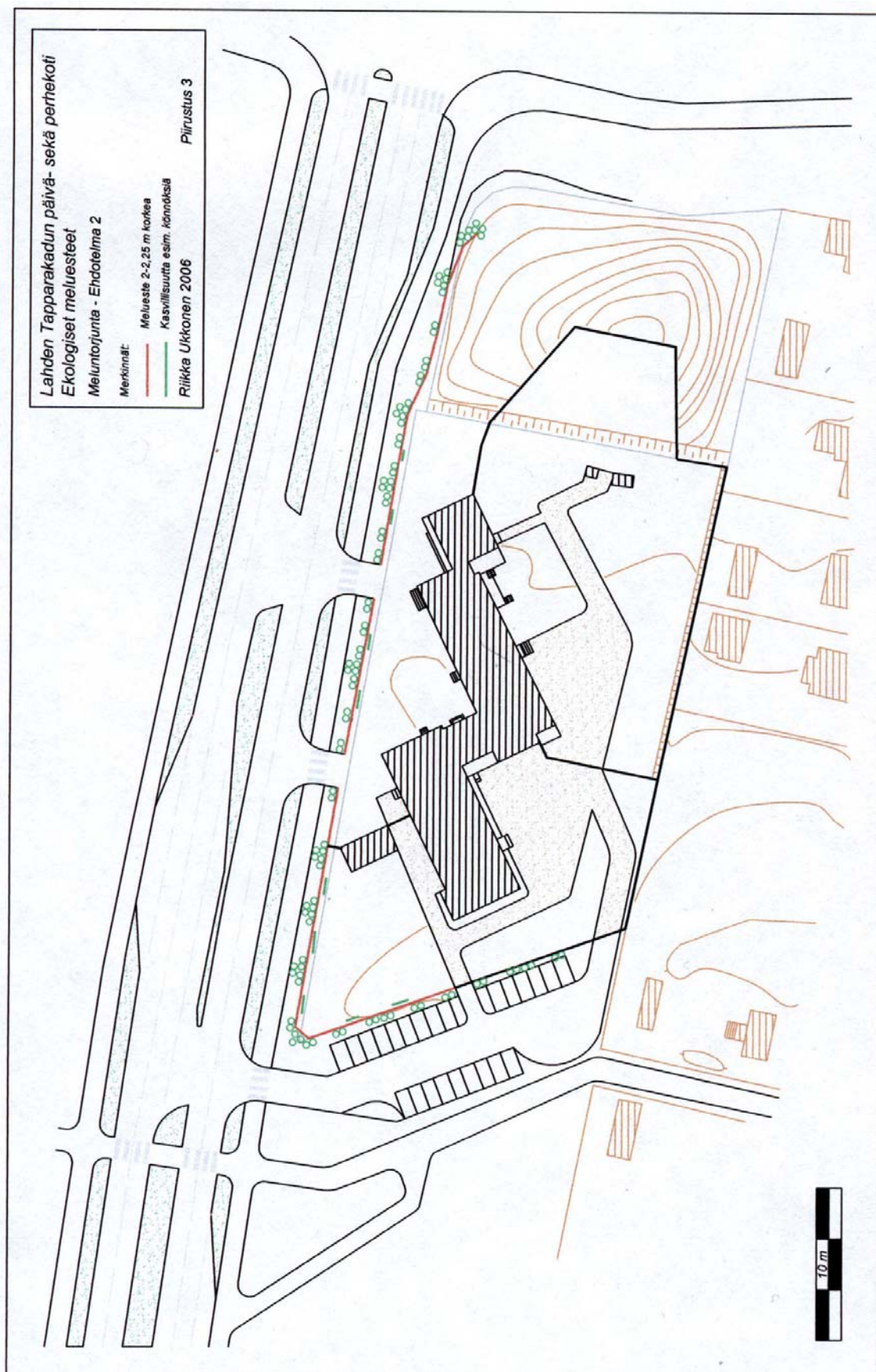
Suunnitelmassa ekologinen melueste ulottuisi noin 2 metriä korkeana oljesta valmistettuna tontin länsisivun puolestavälistä aina Launeenlähteen puistoon Tapparakadun varteen, jonne se päätettäisiin. Ainoat aukot esteessä tulisivat olemaan kaksi rakennuksen etupihalle johtavaa huoltoväylää. Kyseisellä estevaihtoehdolla kaikkein meluisimmat tontinosat ja rakennuksen Itäpääty saataisiin todennäköisesti rauhoitettua.

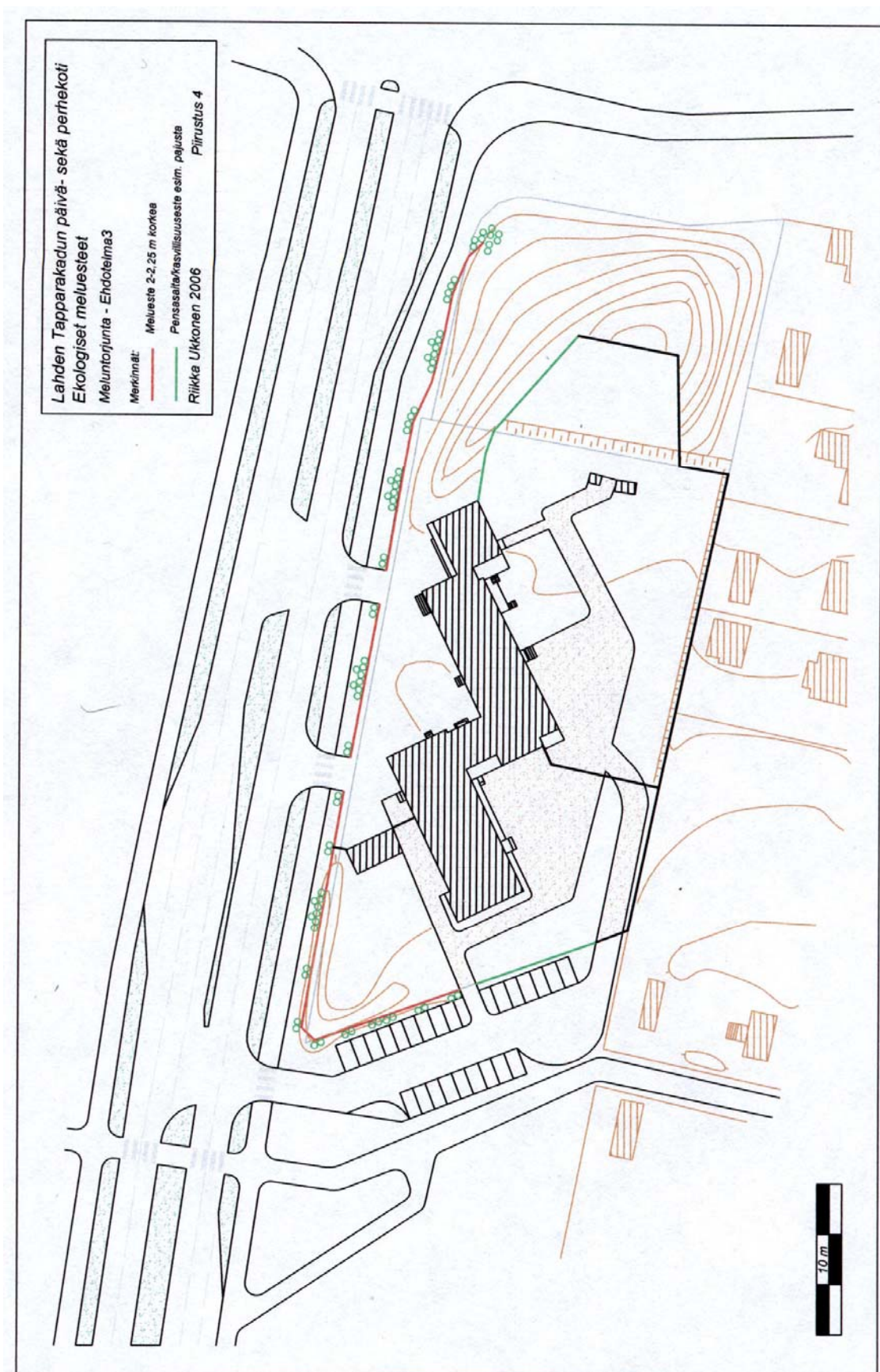
Melueste rakennettaisiin olkipaaleista katettuna kierrätystiileillä. Pinta käsiteltäisiin kauttaaltaan savirappauksella. Este sopeutettaisiin ympäristöön kasvillisuudella, kuten pensailta maanpeitekasvillisuudella sekä kauniin syysvärin omaavilla köynnöksillä. Erityisesti esteen päätteiden kohdalla kasvillisuuden suunnittelua tulisi korostaa.

Piirustuksen 4 ehdotelma 3 poikkeaa edellisestä maaston muotoilulla sekä leikkialueen kasvillisuusaidalla. Lisäksi ehdotelmassa on pohdittu huoltoajoväylän sijaintia tontin takapihalla.

Maastoa on muotoiltu tontin koilliskulmassa ulottamalla Launeenlähteen puiston maavallia vanhan pysäköintialueen kohdille. Ratkaisu todennäköisesti lisää melunvaimennusta leikkialueella ja jonkin verran myös rakennuksen koillisenpuoleisessa siivessä. Tontin luoteiskulmassa meluesteen korkeutta voidaan madaltaa siirtämällä maata valliksi kadun suuntaisesti. Ratkaisuja voidaan hyödyntää myös piha-alueiden suunnittelussa mm. integroimalla liukumäkiä maavalleihin.









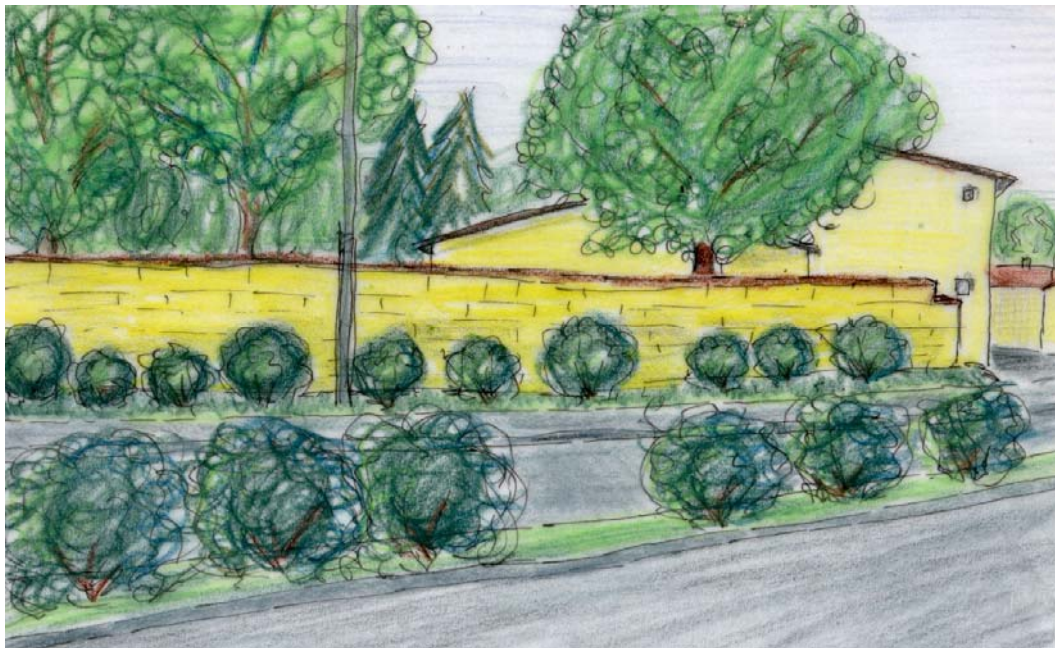
## 10.5 Yhteenveto

Tapparakadun päivä- sekä perhekoti sijaitsevat meluisan ja vilkkaasti liikennöidyn kadun varressa. Vuoden 1999 meluselvityksen ratkaisu oli selkeästi silloisiinkin ohjearvoihin nähden alimitoitettu. Este suojasi vain tontin länsiosia ja rakennuksen länsipäätä melulta. Suojaamatta jäivät kokonaisuudessaan rakennuksen kadunpuoleinen etupihalle avautuva sivusta sekä osia leikki-pihasta, jolla lapset sekä hoitajat viettävät paljon aikaa. Vaikkakin ratkaisua oli perusteltu asianmukaisesti suunnitelma jätti runsaasti varaa pidemmälle viedyille suunnitelmille sekä päätöksille.

Alueen meluntorjunnassa huomioida tulee myös mahdollisuus rakennuksen rakenteelliseen meluntorjuntaan, jolloin mm. ikkunoiden seinien ja katon ääneneristävyyttä parannetaan. Melun vähentämiseen voidaan tähdätä myös kadun uudistusvaiheen päätöksillä vähämeluisista tienpäällysteistä, jotka viime vuosina ovat kehittyneet paljon.

Työssä esitetyt meluntorjuntatoimenpiteet sekä suunnitelmat parantavat huomattavasti päivä- ja perhekotialueen melutilannetta (kuva 29). Vaihtoehdot helpottavat lopullista päätöksentekoa meluntorjuntaan liittyen: kuinka paljon alueen melutilanteeseen halutaan vaikuttaa ja millaisella budjetilla. Eri suunnitelmissa ehdotetaan vaihtoehtoja, joilla mahdollisimman pienellä vaivalla saa jonkinlaista vaikutusta melutasoihin oleskelualueilla sekä selkeästi suurempitöistä ja kalliimpaa ratkaisua. Työn yhteydessä tulee kuitenkin muistaa ekologisen edullisempien rakennusmateriaalien vaikutus meluesteen ja koko projektin hintaan tavanomaiseen verraten.

Joka tapauksessa melun haitat ovat ilmeiset. Vain niitä vastaan määrätietoisesti taistellen ja pyrkimyksellä vähentää melua luomme viihtyisää elinympäristöä vilkkaaseen kaupunkimiljööseen.



Kuva 29 Havainnekuva ehdotelmaan 2. Kuva: Riikka Ukkonen2006

## 11 YHTEENVETO

Ääni ja melu ovat jokapäiväisiä itsestäänselvyyksiä nyky-yhteiskunnassa. Moderni maailmanmeno ja erityisesti kaupunkiympäristössä tapahtuva räjähdysmäinen kehitys ja kasvu tuottavat monenlaista meluksi luokiteltavaa ääntä. Äänekkäässä yhteiskunnassa hiljaisten alueiden arvostus on kasvanut ja melun haitat myönnetään sekä niitä vastaan pyritään suojautumaan eri keinoin.

Tärkeimpiä tulevaisuuden meluntorjuntakeinoja ovat melupäästön vähentäminen itse melun lähteessä entistä edistyneemmällä tuotekehityksellä ja paremmalla äänilähteen koteloinnilla. Jo maankäytön suunnittelun vaiheessa pyritään torjumaan melua mm. toimintojen sijoittelulla sekä liikenteen suunnittelu- ja ohjaustoimin. Tieliikennemeluun vaikuttavat lisäksi renkaiden kehittyminen sekä uudenlaiset vähämeluisemmat päällysteet. Suomen olosuhteissa voisi lainsäädännön keinoin pyrkiä enenevässä määrin torjumaan melua ja mm. edistämään vähämeluisempia liikennemuotoja. Meluntorjuntaan esteiden avulla päädytään useimmiten tapauksissa, joissa torjunta sijoittuu olemassa olevaan kaupunkirakenteeseen ja on vaikeaa, tehotonta tai mahdotonta muilla tavoin.

Ympäristöarvot ja tietoisuus maapallon sekä lähiympäristön kestävästä puhuttavat yhteiskuntaa. Ympäristön ja luonnonarvojen arvostus on kohonnut. Kuitenkin markkinatalouden ja kustannustehokkuuden ilmapiirissä luonnonarvot ja ekologisuus unohdetaan lyhytnäköisesti edullisempien, ympäristöä rasittavimpien ratkaisuiden edessä.

Ekologinen melueste on ratkaisu ympäristöä rasittavalle ja runsaasti luonnonvaroja käyttävälle melueterakentamiselle. Runsaat kierrätysmateriaalivarannot kuten erilaiset kierrätyspuut, -kumit sekä -metallit, ja nopeasti uusiutuvat luonnonmateriaalit, kuten paju sekä olki, korvaavat tavanomaiset materiaalit. Esteiden akustiset, rakennustekniset ja laadulliset vaatimukset ovat saavutettavissa ja estetiikaltaan hyvin

suunniteltu este soveltuu ympäristöön kuin ympäristöön. Suunnittelun tärkeys ja vuorovaikutus eri alojen suunnittelijoiden kesken kuitenkin korostuu ja sitä tulisi huomioida myös muussa suunnittelussa nykyistä enemmän.

Yhteenvetotaulukossa sivuilla 100 ja 101 on pohdittu ideoitujen melusteiden eri ominaisuuksia sekä ekologisuutta. Huomioimatta koko työssä on tietoisesti jätetty näkökohta esteiden perustamistavasta. Lisäksi työn tueksi ei juurikaan löytynyt tietoa tai tutkimustuloksia olemassa olevista ekologisista melusteistä. Täten arviot esteiden laadusta ovat keräämääni tietoon perustuvia olettamuksia.

## YHTEENVETO IDEOIDUISTA EKOLOGISISTA MELUESTEISTÄ

<i>Melueste</i>	<i>Olkipaalit</i>	<i>Purkutilli</i>	<i>Paju ja risukimput</i>	<i>Ratapölykyt ja sähköpölyväät</i>	<i>Kierrätyshiirsi</i>	<i>Kierrätetty betonielementti</i>
<b>Arvio ekologisuudesta</b>	Erittäin ekologinen vaihtoehto nopeasti uusituvasta materiaalista	Tiilirakenteista ekologisin.	Nopeasti uusiutuva luonnonvara. Erittäin ekologinen vaihtoehto.	Sinänsä eivät kuluta luonnonvaroja.	Kierrätysmateriaali ei kuluta lisää luonnonvaroja.	Kierrätysmateriaali ei kuluta lisää luonnonvaroja.
<b>Akustiset laatuvaatimukset</b>	Pehmeä pinta absorboi ääntä jonkin verran	Kova pinta voi aiheuttaa diffraktiota.	Rakenteesta riippuva. Pehmeä pinta absorboi ääntä jonkin verran	Pehmeä puupinta absorboi ääntä.	Hirren kunnosta riippuva. Pehmeä puupinta absorboi ääntä jonkin verran.	Elementin rakenteesta riippuva. Toteutunevat pienellä vaivalla. Kova pinta aiheuttaa diffraktiota.
<b>Rakennetekniset laatuvaatimukset</b>	Toteutuvat	Toteutuvat	Tuotekehityksellä saavutettavissa mm vaneria lisäksi käyttämällä	Saavutettavissa	Oikeanlainen rakenne saavutettavissa ainakin vanerin kanssa.	Saavutettavissa
<b>Arvioitu kestoikä</b>	Ainakin yli 10 vuotta oikealla rakennevaihtoehdolla.	Jopa noin 25 -30 vuotta.	Noin 5-10 vuotta. Riippuen rakenteesta. Kuitenkin materiaali on edullista uusia.	Ainakin 25 vuotta oikeanlaisilla huoltotoimenpiteillä	Pintakäsittely multamaaleilla ja rakenteen kattaminen pidentävät kestoikää.	n. 25 vuotta. Riippuu elementin kunnosta ja tehdyistä muutoksista
<b>Ääneneristävyyys</b>	Hyvä	Hyvä	Kohtalainen ääneneristävyyys saavutettavissa. Psykologinen vaikutus huomioitava!	Tiiviillä rakenteella saavutettavissa hyvä äänen eristävyyys.	Saavutettavissa. Ääneneristävyyttä voidaan lisätä vanerirakenteella.	Riittävä
<b>Estetiikka</b>	Soveltuu varioituna monenlaisiin paikkoihin, ei kuitenkaan kaupunkikeskustoihin.	Soveltuu vaativillekin julkisille alueille. Ratkaisuna kalliimpia kaartista vaihtoehtoja.	Soveltuu erityisesti omakoivaitaisille asuinalueille ja alueille joilla arvostetaan käsillä tekemistä ja pehmeitä luonnonarvoja.	Huomioida tulee mahdolliset materiaaleista ympäristöön pääsevät kylläystyysaine päästöt. Täten ei sovellu herkille alueille.	Puutaolvaltaisille arvokkaille vanhoille kohteille erityisesti soveltuva kauniisti patinoitunut materiaali.	Pienellä vaivalla mahdollisuudet myös silmää miellyttävään lopputulokseen Ensisijaisesti toisarvoisiin kohteisiin.

## YHTEENVETO IDEOIDUISTA EKOLOGISISTA MELUESTEISTÄ

Melueste	Yhdyskuntasuunnittelu	Kasvillisuus meluesteiden yhteydessä	Luonnonkivi ja kivikorit	Lastauslavat	Melueste autonrenkaista	Kumimattoeste
<b>Arvio ekologisuudesta</b>	Parhaimmillaan erittäin ekologista.	Erittäin ekologista.	Ei erityisen ekologinen kiven otosta aiheutuvien ympäristöhaittojen takia.	Kierrätysmateriaali ei kuluta luonnonvaroja, kun ei käytetä FIN tai EUR lavoja	Kierrätysmateriaali ei kuluta luonnonvaroja.	Kierrätysmateriaali ei kuluta luonnonvaroja.
<b>Akustiset laatuvaatimukset</b>	–	Saattaa hieman parantaa akustisia olosuhteita. Psykologinen vaikutus!	Kova pinta voi aiheuttaa diffraktiota.	Pehmeä pinta absorboi ääntä jonkin verran.	Pehmeä pinta absorboi ääntä jonkin verran.	Pehmeä pinta absorboi ääntä jonkin verran.
<b>Rakennetekniset laatuvaatimukset</b>	–	–	Toteutettavissa.	Toteutettavissa mm vaneria käytettäessä lisänä.	Toteutettavissa.	Toteutettavissa.
<b>Arvioitu kestoikä</b>	–	Kasvillisuudesta ja sen hoidosta riippuvaa	yli 30 vuotta	Noin 10 -15 vuotta	Noin 20-30 vuotta, riippuen rakenteesta	Noin 20-30 vuotta, riippuen rakenteesta
<b>Ääneneristävyyttä</b>	–	Ei selvää vaikutusta. Huomioi kuitenkin psykologinen näkökohta.	Kohtalaisesta hyvään.	Kohtalainen. Hyvä kun tiivistetään rakennetta mm. vanerilla.	Hyvä	Hyvä
<b>Estetiikka</b>	Vähennetään meluvaikutusta jopa ilman varsinaista meluesterakentamista. Edullista!	Parantaa esteettikkaa ja soveltuu lähes kaikkialle oikein valittuna.	Sisääntuloitoiden ympäristöt. Suhteellisen kallis ratkaisu.	Tietympäristöt ja moottoritiet sekä teollisuusalueet. Puutaoloalueet asuntoalueilla.	Tietympäristöt ja moottoritiet sekä teollisuusalueet.	Tietympäristöt ja moottoritiet sekä teollisuusalueet.



## LÄHTEET

Aminoff, J. & Kontinen, L. 2004. Terve koti ja asuinympäristö. Rakennustieto Oy. Karisto Oy, Hämeenlinna.

Anttalainen, K., Eerikäinen, M., Koskinen, J., Murole, J., Törnqvist, J. & Westermark, L. 2000. Edullisempia meluaitoja pääkaupunkiseudulle. Tielaitoksen sisäisiä julkaisuja 6/2000. Tiehallinto, Uudenmaan tiepiiri, Helsinki.

Erat, B. 1994. Ekologia ihminen ympäristö. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Eurasto, R., Lahti, T. & Sysiö, P. 1992. Ympäristömelu – lähteet, leviäminen, arviointi. 2. painos. Ympäristöministeriön ympäristönsuojeluosaston selvitys 92/1990. Hakapaino Oy, Helsinki.

Eurasto, R. 2003. Ympäristömeludirektiivin vaikutukset melun arviointimenetelmiin. Suomen ympäristö 610. Edita Prima Oy, Helsinki.

Gro, V. 2004. Elävät pajutyöt. Atena Kustannus Oy, Jyväskylä.

Heinonen-Guzejev, M. & Vuorinen, H. 2001. Meluherkkyys sekä liikennemelun raportointi ja häiritsevyys. Suomen ympäristö 471. Oy Edita Ab, Helsinki.

Häkkinen, T. & Kaipalainen, M. 1996. Ekologiset kriteerit rakennussuunnittelussa. Rakennustieto Oy. Gummerus Kirjapaino Oy, Saarijärvi.

Koskinen, M., Savolainen, A. 2003. Suomalainen pajutyökirja, pajua kotiin ja puutarhaan. WSOY. Karisto Oy, Hämeenlinna.

Koukkunen, K., Hosia, V., Keränen, J. 2001. Sivistyssanakirja. 3.painos. WSOY, Juva.

Lahti, T. 2003. Ympäristömelun arviointi ja torjunta. Ympäristöopas 101. Edita Prima Oy, Helsinki.

Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa. 2001. LIME-työryhmän mietintö. Suomen ympäristö 493, ympäristöministeriön julkaisu. Oy Edita Ab, Helsinki.

Liikennemeluserivitys, Keskustan ulkopuoliset alueet. 2004. Meluntorjuntatyöryhmä. Lahden kaupunki.

Meluestekäsikirja. 1997. Suomen kuntatekniikan yhdistyksen julkaisu18/97. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Meluserivitys. 1999. Melusteiden tarve ja rakentamismahdollisuudet eräille katuosuuksille, Lahti. Lahden tekninen virasto, Lahden valvonta- ja ympäristökeskus, Tampereen Viatek oy.

Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma. 2004. Suomen ympäristö 696, Ympäristöministeriö Ympäristönsuojeluosasto. Edita Prima Oy, Helsinki.

Mussalo-Rauhamaa, H. & Jaakkola, J. 1993. Ympäristöterveyden käsikirja. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Ojala, K. 2000. Kestävän yhdyskunnan käsikirja. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Paikkala, S-L., Sörensen, S., Rylander, R. & Björkman, M. 1983. Trafikbullerstörningar i Helsingfors. Rapport 10/83. Göteborg universitet, Institutionen för hygien.

Pasanen, S. 2002. Aidat ja portit. Viherympäristöliiton julkaisu 24. Art-print Oy, Helsinki.

Pleym, H. 1991. Ympäristötekniikka. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Stansfeld S. A. 1992. Noise and sensitivity and psychiatric disorder: epidemiological and psychophysiological studies. Psychological Medicine, Monograph Supplement 22. Cambridge University Press.

Survo, K. & Hänninen, O. 1998. Altistuminen ympäristömelulle Suomessa. Pohjois-Savon ympäristökeskus. Edita, Helsinki.

Thorstensen, D. 2004. Pihan portit ja aidat. Helmi kustannus, Italia.

Tilastokeskus. 1992. Liikenne ja ympäristö. Ympäristö 1992:2. Valtion painatuskeskus, Helsinki.

Tuomi, V. 2001. Talo olkipaaleista. Rakennusalan kustantajat / Kustantajat Sarmala Oy, Saarijärvi.

Vuori, J., Lindström, K. & Mäntysalo, S. 1984. Ympäristömelu psyykkisenä ja sosiaalisena haittatekijänä. Ympäristön- ja luonnonsuojeluosaston julkaisu A:12. Valtion painatuskeskus, Helsinki.

## MUUT LÄHTEET

Autio, S. 2003. Elinkaarianalyysi-kurssi. Luentomateriaali, Lahden ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitos, ympäristöyksikkö.

Käytännön Maamies. 3/2002. Kompostoitava navetta hyödyntää olkipaalit lämpöeristeenä.

<http://www.kaytannonmaamies.fi/03KM2002/kompost.html> . 18.01.2005

Lyytimäki, J. 2004. Mistä ympäristössä puhutaan?.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=78103&lan=FI> . 01.12.2005.

Välimäki, J. 2002. Keisari ekovaatteissa.

<http://www.vihrealanka.fi/2002/3/valimaki.html> . 01.12.2005

## KUVAT JA TAULUKOT

Kuva 1 Ihmisen ääniaistimuksen tasot. Lähde: Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 11

Kuva 2 Lämpötilan muuttumisen vaikutus eri korkeuksilla äänen etenemiseen. Vasemmalla negatiivinen lämpötilagradientti. Oikealla positiivinen lämpötilagradientti. Lähde: Eurasto 2003, 29 - 30

Kuva 3 Etäisyyden ja maanpinnan likimääräinen vaikutus melutasoon. Lähde: Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 26

Kuva 4 Tuuli aiheuttaa ilmanpyörteitä umpinaisen aidan takapuolelle. Kasvillisuudella voidaan vaikuttaa kuvan tilanteeseen pyörteitä vähentävästi. Lähde: Thorstensen 2004, 38

Kuva 5 Käsitteellinen malli äänen ja ympäristön vaikutuksesta ihmiseen sekä vaikutusten ilmenemisestä terveyteen ja elämäntapaan. Lähde: Heinonen-Guzejev & Vuorinen 2001, 6.

Kuva 6 Ajoneuvojen määrän vähentämisen vaikutus melutasoon. Lähde: Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 22

Kuva 7 Kuvassa havainnollistetaan rakennuksen melulta suojaavaa merkitystä. Lähde: Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 28

Kuva 8 Nopeuden muutoksen likimääräinen vaikutus melutasoon. Lähde: Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa 2001, 23

Kuva 9 Vähämeluiset tienpäällysteet. Vasemmalla kuva tavallisesta päällysteestä, keskellä vähämeluisen päällysteen pintaa, oikealla tyypillinen vähämeluisen tienpäällysteen rakenne. Lähde: Lahti 2003, 72

Kuva 10 Tehollinen korkeus sekä matkaero Lähde: Meluestekäsikirja 1997, 50

Kuva 11 Esteen pituuden määrittäminen. Lähde: Meluestekäsikirja 1997, 55.

Kuva 12 Päivän melutasot eri etäisyyksillä tiestä. Lähde: Meluestekäsikirja 1997, 51

Kuva 13 Diffraktio ja sen vähentäminen lisäämällä meluesteen päälle ääntä imevä rakenne. Lähde: Meluestekäsikirja 1997, 63

Kuva 14 Ympäristöä säästävän rakentamisen edellytykset. Lähde:  
Häkkinen ym. 1996,8

Kuva 15 Kuvan pergola-aidan ideaa voisi hyödyntää melusteiden  
suunnittelussa. Lähde: Pasanen 2002, 9

Kuva 16 Ideoita kierrätysshirren tai puun käyttöön melusteissa. Piirrokset:  
Riikka Ukkonen

Kuva 17 Pajuaita elävästä pajusta. Vinoruututekniikalla valmistettu  
pistokasaita. Rakennetta voi tiivistää istuttamalla pistokkaat tiiviimmin.  
Lähde: Gro 2004, 33

Kuva 18 Elävästä pajusta valmistettu viuhka-aita. Lähde: Gro 2004, 39

Kuva 19 Pajunipuista valmistettu aita. Pajunippujen paksuutta  
vaihtelemalla vaikutetaan aidan meluntorjuntaominaisuuksiin.  
Tekniikalla on helppo valmistaa monenlaisia aitoja. Aidasta voidaan  
valmistaa tiivis, kun niput ovat vierä vierekkäin. Rakenne ei vaadi  
erityistä perustusta, vaan pajuniput kiinnitetään maahan isketyillä  
tukikepeillä. Lähde: Koskinen ym. 2003, 93

Kuva 20 Meluaita, joka on valmistettu pajunoksista tai muista risuista,  
jotka on tiivistetty kierrätyspuukehikkoon. Piirros: Riikka Ukkonen

Kuva 21 Meluaita olkipaaleista kantavana rakenteena. Aita katetaan  
kierrätystiileillä ja rapataan. Piirros: Riikka Ukkonen

Kuva 22 Puoliksi leikatuista autonrenkaista tehty meluvalli patentti DE  
443478. Lähde Anttalainen ym. 2000, 18. Autonrengasrouhetta  
voidaan hyödyntää täytemateriaalina meluvalleissa (Anttalainen ym.  
2000, 64) tai miksei eristemateriaalina kahden vanerin tai  
laudoituksen välissä

Kuva 23 Meluste päällekkäin ladotuista autonrenkaista, jotka on täytetty  
maa-aineksella. Esteen tukevoittaa renkaiden sisään jäävä  
tukirakenne. Mahdollisuuksien mukaan esteen voisi myös rapata  
(alempi kuva). Piirrokset: Riikka Ukkonen

Kuva 24 Melutasot Tapparakadulla Päiväkodin kohdalla. Käyrät kuvaavat  
melutilannetta vuonna 2010, vuoden 1999 melutasot ovat 1-1,5 dB  
alhaisemmat. Piirroksessa punainen viiva osoittaa melukäyrää ennen  
suojasta. Vihreä viiva kertoo melutilanteen suojauksen jälkeen.

Viatekin meluselvityksen aitaehdotus on esitetty kuvassa pinkillä värillä. Lähde: Meluselvitys 1999, piirustus 1

Kuva 25 Havainnekuva Meluselvityksessä ehdotetusta tiiliaidasta perhekodin pihan suojaksi. Lähde: Meluselvitys 1999, 16

Kuva 26 Vasemmalla pajupistokkaista taivutettu pajutunneli, jota voisi käyttää myös kevyenä meluaitana päiväkodinkin pihalla. Tunnelista voi tehdä tiiviimmän istuttamalla pistokkaat tiuhaan. Oikealla pajulabyrintti, jonka voi istuttaa pajupistokkaista. Lähde: Gro 2004, 53 ja 87

Kuva 27 Kuvassa Päiväkotialueen kadunpuoleista pihaa sekä pysäköintialuetta. Launeenkadun risteyksen suunnasta kuvattuna. Kuva: Riikka Ukkonen 2005

Kuva 28 Vasemmalla päiväkodin leikkipihaa, Oikealla alimitoitettu pysäköintialue ja näkymä leikkipihalle

Kuva 29 Havainnekuva ehdotelmaan 2. Kuva: Riikka Ukkonen 2006

Taulukko 1 Melulähteet nykyaikaisessa teollistuneessa yhteiskunnassa. Lähde: Mussalo-Rauhamaa ym. 1993, 101

Taulukko 2 Ajoneuvojen päästörajoja. Lähde: Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset 2004, 56

Taulukko 3 Melun haittavaikutus ihmiseen. Lähde: Meluselvitys 1999, 4

Taulukko 4 Häiriintyvien ihmisten prosentuaalinen osuus melun eri tasoilla. Lähde: Meluselvitys 1999, 5

Taulukko 5 Melun yleiset ohjearvot ulko- ja sisätiloissa. Lähde: Lahti 2003, 58

Taulukko 6 Ympäristömelulle altistuvien määrä suomessa. Lähde: Survo, Hänninen 1998 Altistuminen ympäristömelulle Suomessa ; Meluntorjunnan valtakunnalliset linjaukset ja toimintaohjelma 2004, 16 - 17

Taulukko 7 Kasvillisuuden vaikutus melutasoon. Lähde: Eurasto 2003, 33

Taulukko 8 Tavoiteltava estevaimennus matkaeron (a+b)-(c+d) avulla laskettuna. Lähde: Meluestekäsikirja 1997, 51

Taulukko 9 Eräiden maiden ekologisia jalanjälkiä. Lähde: Global Footprint Network 2002, Länsi-Savo 16.1.2006

**LIITTEET**

**LIITE 1** Rakennusmateriaalien ekologia (Erat 1994)

**LIITE 2** Viitekuva, asemakaava nykytilanteesta (Lahden Tekninen virasto)



Rakennusmateriaalien ekologia - Runkomateriaalit (Erat 1994)	Teknisiä ominaisuuksia			Voimavara-ominaisuuksia				Ympäristön rasitus					
	Paino kg/m <sup>3</sup>	Puristuslujuus kp/cm <sup>2</sup>	Vetolujuus kp/cm <sup>2</sup>	Raaka-aineen saatavuus	Primääri energian tarve kWh/t	Kestävyys	Kierrätettävyys	Raaka-aine/tuotanto	Rakennuspaikalla	Talossa	Jätteenä	Paikallinen valmistus mahdollisuus	Ekologinen yhteenveto
<b>METALLI</b>													
- teräs, käsittelemätön	8000	5400	5400	-	8370-10500	-	+	-	+	-	o	-	-
- teräs, sinkitty	8000	5400	5400	-	8970	o	o	-	+	-	-	-	-
- alumiini	2700	4300	4300	o	32000-71900	o	o	-	+	-	o	-	-
<b>BETONI</b>													
- kalkkibetoni	1700-2000	>145	>7,2	+	400-500	+	-	o	o	+	o	+	+
- portlandbetoni	2000-2500	150-700	7,5-35	+	540	o	-	-	o	o	o	o	-
- kaasubetoni	550-800	30	4-5	+	1250	o	o	-	+	o	o	o	-
<b>LUONNONKIVI</b>													
- graniitti	2500-3000	1700-2000	100-320	++	200	++	+	o	+	o	+	+	+
- kalkkikivi	2600	200-1800	160-315	+	200	o	+	o	+	o	+	+	+
- marmori	2600	1000-1800	150-270	o	200	o	+	o	+	o	+	+	+
- hiekkakivi	2000-2700	200-1500	300	o	200	o	o	o	+	o	+	+	+
<b>SAVITIILI</b>													
- klinkkeri	1900-2000	450	45	++	1400	++	+	-	+	o	+	+	o
- täyspoltto	1700-2000	325	33	++	1000-1175	++	+	-	+	o	+	+	o
- keskipoltto	1600-1900	225	23	++	820-995	++	+	o	+	+	+	+	+
<b>MULTA</b>													
- ilman kuituvahvistusta	2200	40	>5	++	<50	+	++	+	+	++	++	++	++
-kuitua 70 kg/m <sup>3</sup>	1000	15	>2	++	<50	+	+	+	+	++	++	++	++
<b>PUU</b>													
- mänty	550	470	1040	++	150-270	+	++	+	++	++	++	++	++
- kuusi	470	450	900	++	150-270	o	+	+	++	++	++	++	++
- koivu	625	510	1370	++	150-270	o	+	+	++	++	++	++	++
- mänty, paikekyllästetty	550	470	1040	o	225-345	+	-	-	o	-	-	++	-
- kuusi, liimapuu	470	450	900	+	1050-1170	o	o	-	++	o	o	+	o

Rakennusmateriaalien ekologia - Eristys- ja täydentävät materiaalit (Erat 1994)	Teknisiä ominaisuuksia			Voimavara-ominaisuuksia				Ympäristön rasitus					
	Paino kg/m <sup>3</sup>	Lämmön johtavuus W/mK	Lämmön varastointikapasiteetti i kJ/kg K	Raaka-aineen saatavuus	Primääri energian tarve kWh/t	Kestävyys	Kierrätettävyys	Raaka-aine/tuotanto	Rakennuspaikalla	Talossa	Jätteenä	Paikallinen valmistus mahdollisuus	Ekologinen yhteenveto
<b>MINERAALI</b>													
- kaasubetoni	500	0,160	1,0	+	1250	o	o	-	+	o	o	o	o
- vaahtolasi	120	0,045	1,1	+	5200	o	o	o	o	o	o	o	o
- lasivilla	20	0,040	0,8	+	5335-8000	-	-	o	-	-	o	-	o
- vuorivilla	30	0,040	0,8	+	5335-8000	-	-	o	-	-	o	-	o
<b>SAVI</b>													
- kevytklinkkeri	450	0,115		++	1230	++	+	-	+	o	o	+	o
- huokoinen tiili	800	0,350	0,92	++	<1000-1200	++	+	-	+	+	+	+	o
<b>MUOVI</b>													
- polystyreeni	20	0,040	1,5	-	18900-29650	-	--	-	-	-	-	-	-
- polyuretaani	20	0,035	1,5	-	19000	-	--	-	-	-	-	-	-
<b>KASVIPERÄISET MATERIAALIT</b>													
- sahanpuru	120	0,080	1,8	++	100	o	o	++	+	+	++	++	++
- korkki	70	0,045	1,6	++		o	o	++	++	+	++		o
- puukuitulevy	300	0,050	1,8	++	3500-4090	o	o	o	++	+	++	o	++
- sementti-puukuitulevy	230	0,080	1,9	++	2000	o	+	o	+	o	o	+	+
- selluvilla	60	0,040	1,8	++	<1000	o	-	o	o	+	-	+	+
- heinäkuitu	150	0,070	1,8	++	<50	-	+	++	+	+	++	++	+
- heinäkuitulevy	250	0,085	1,6	++	<2000	o	+	o	++	+	++	+	+
- savi-heinäkuitulevy 40 kg/m <sup>3</sup>	1400	0,615	1,0	++	<50	+	+	+	+	++	++	++	+
- turvekuitu	200	0,080	1,5	+	<50	o	+	++	+	+	++	++	+
- turvekuitulevy	225	0,050	1,2	+	n. 10000	o	+	o	++	+	++	+	+

Rakennusmateriaalien ekologia - Pintamateriaalit (Erat 1994)	Tekn. ominaisuus	Voimavara-ominaisuuksia				Ympäristön rasitus					
	Paino kg/m <sup>3</sup>	Raaka-aineen saatavuus	Primääri energian tarve kWh/t	Kestävyys	Kierrätettävyys	Raaka-aine/tuotanto	Rakennuspaikalla	Talossa	Jätteenä	Paikallinen valmistus mahdollisuus	Ekologinen yhteenveto
<b>METALLI</b>											
- ruostumaton teräs	7800	-	>10000	o	o	-	+	-	-	-	-
- kupari	8930	-	8000-19500	+	+	-	+	-	o	-	-
- sinkki	7100	-	12000	o	o	-	+	-	o	-	-
- lyijy	11300	-	7000	+	+	-	-	-	-	o	-
<b>LEVY</b>											
- kipsilevy	900	+	2400	+	o	o	+	+	o		o
<b>RAPPAUS</b>											
- kalkkirappaus	1700	+		o	-	-	o	+	o	+	+
- kalkki-semettirappaus	1800	+		o	-	-	o	+	o	o	+
- sementtirappaus	2000	+		o	-	-	o	o	o	o	o
- kipsirappaus	1200	+		o	-	o	o	+	o	o	o
<b>MULTA JA SAVI</b>											
- umpitiili	1800	++	1175	++	++	-	+	+	+	+	+
- klinkkerilaatta	2000	++		++	-	-	o	+	o	+	o
- tampattu multa	1800	++	<50	+	+	++	o	+	+	++	+
<b>KASVIPERÄISET MATERIAALIT</b>											
- turveheinä	1500	++	<50	+	+	++	+	+	++	++	++
- köynnöskasvit	-	++		o	+	++	++	+	++	++	++
- lastulevy	650	++	1890	o	o	o	-	-	o	+	o
- luonnonkumi	1100	+		o	o	+	o	o	+		o
- olki, irtto	100	++	<150	-	+	+	-	+	++	++	o
- olki, levy	300	++		o	o	o	+	+	++	+	+
- linoleum	1200	+		o	o	o	+	o	+	+	+

