



SAVONIA

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

MELUESTEET: OPAS RA- KENTAMISEEN JA SUUN- NITTELUUN

TEKIJÄ: Akseli Mussalo

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä Akseli Mussalo			
Työn nimi Melusteet: Opas rakentamiseen ja suunnitteluun			
Päiväys	20.4.2015	Sivumäärä	45
Ohjaajat lehtori Raimo Lehtiniemi, pt. tuntiopettaja Teemu Räsänen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani Destia Oy, projektijohtaja Matti Välikangas			
Tiivistelmä Työn tarkoituksena oli tehdä ohjekirja melusteiden suunnitteluun ja rakentamiseen. Työ on suunnattu Destian suunnittelijoiden ja työnjohtajien käyttöön. Opinnäytetyön alussa on käsitelty suunnittelutyön taustoja ja suunnittelun laatuvaatimuksia. Suunnittelutyön taustoja ja laatuvaatimuksia käsiteltiin Ympäristöministeriön MELUTTA-hankkeen loppuraportin ja Liikenneviraston suunnitteluohjeen avulla. Rakenneteknistä suunnittelua varten tietoa saatiin melusteisiin liittyvistä standardeista sekä Liikenneviraston suunnitteluohjeesta. Suunnitteluosan jälkeen esiteltiin melusteiden perustyyppit sekä kolme vaihtoehtoista tapaa meluntorjuntaan. Rakentamista käsittelevässä osassa on kerrottu rakentamisen laatuvaatimuksista InfraRYL:n pohjalta. Samassa osassa on annettu ohjeistusta elementtirakenteisten melusteiden rakentamiseen. Viimeisessä osassa on käsitelty myös työturvallisuutta kaivanto- ja nostotöiden sekä tiealueella tehtävien töiden osalta. Elementtirakenteiden pystyttämistä ja työturvallisuutta koskevien asioiden käsittely pohjautuu kokemuksiin E-18 Koskenkylä-Kotka työmaalla. Työn tuloksena on melko tiivis, mutta hyvin kattava otanta melusteiden suunnittelusta ja rakentamisesta. Työstä on rajattu rakentamisen aikataulut pois, mutta annettujen ohjeiden ja kokemuksen perusteella voidaan tehdä suuntaa-antava aikataulu. Tuloksena saatiin myös pohja toimintamallille työvaiheiden tehokkaaseen toteuttamiseen.			
Avainsanat melu, liikennemelu, meluntorjunta			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author Akseli Mussalo			
Title of Thesis Noise reducing devices: Guidebook for construction and planning			
Date	20 April 2015	Pages	45
Supervisors Mr. Raimo Lehtiniemi, Senior Lecturer, Mr. Teemu Räsänen, Lecturer			
Client Organisation /Partner Destia Ltd, Mr. Matti Välikangas			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this final year project was to make a guidebook for planning and building noise reducing devices. This document is aimed to be used by planners and foremen of Destia Ltd.</p> <p>The background and quality requirements for planning noise reducing devices were carried out first. Information was searched from Finnish national legislation and guidelines produced by Liikennevirasto. Information for structural engineering was gathered from SFS standards. After the planning phase the basic options combined with three alternative options for noise reducing devices were presented. The last part of the study covered the construction phase of noise reducing devices. Quality requirements for earthworks were searched from InfraRYL. In the last part, the guidelines for erecting prefabricated noise reducing device units were given. In the last part work safety issues concerning excavations, lifting and working at road area were also discussed.</p> <p>As a result of the project a quite extensive but compact introduction to planning and constructing noise reducing devices was achieved. This final year project does not include scheduling although an approximate timetable can be drawn by using the given guidelines and experience. A base for improving the operation model was achieved as well.</p>			
Keywords noise, traffic noise, noise reduction			
Public			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	6
1.2	Destia Oy	7
1.3	Lyhenteet ja määritelmät	7
2	MELUESTEIDEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	8
2.1	Meluntorjunnan taustat ja lainsäädäntö	8
2.2	Meluarvot	9
2.3	Laskennallisen meluselvityksen vaiheet	9
2.4	Melun laskentamenetelmät	10
2.5	Laskennan tuloksien korjaukset	11
2.6	Laskentatulosten esittäminen	13
3	MELUESTEEN SUUNNITTELU JA SJOITTAMINEN TIEALUEELLA	15
3.1	Esteen sijoittaminen	15
3.2	Esteen mitoitus	16
3.3	Rakenteiden mitoitus	16
3.4	Onnettomuuksien ehkäisy ja ilkivalta	17
3.5	Sovittaminen ympäristöön	18
3.6	Akustiset vaatimukset	19
4	MELUESTETYYPIT	21
4.1	Seinät	21
4.2	Kaiteet	22
4.3	Vallit	23
4.4	Vaihtoehtoiset menetelmät	24
4.4.1	Meluntorjunnan huomiointi kaavoituksessa	24
4.4.2	Asfalttimassa	24
4.4.3	Ajonopeudet	25
5	ESTEIDEN RAKENTAMINEN	26

5.1	Työryhmät	26
5.2	Pohjarakenteet.....	27
5.2.1	Puuelementtiseinän pohjat	28
5.2.2	Matalan betonielementtiseinän pohjat.....	29
5.2.3	Pengermelukaiteiden pohjat	30
5.3	Elementtirakenteisten esteiden pystyttäminen	31
5.3.1	Puuelementtirakenteiset meluseinät.....	31
5.3.2	Betonielementtiseinät	36
5.3.3	Pengerkaiteet.....	36
5.4	Vallit.....	37
5.5	Ongelmatilanteita	38
5.6	Viimeistelytyöt.....	39
5.7	Korjaustoimenpiteitä.....	39
5.8	Työturvallisuus	40
5.8.1	Kaivantotyöt.....	40
5.8.2	Nostotyöt.....	40
5.8.3	Liikenne	41
6	YHTEENVETO.....	43
	LÄHTEET	44

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Työn taustalla on lisääntynyt tarve liikennemelun torjunnalle tiehankkeilla. Asuttujen alueiden välittömässä läheisyydessä tiestön parantaminen ja liikenteen lisääntyminen parannettavilla tiejaksoilla lisäävät meluntorjunnan tarvetta. Olemassa olevan tieverkon parantaminen tarkoittaa myös sitä, että jollain välillä tielinjaus tulee kulkemaan lähellä olemassa olevaa tai tulevaisuudessa rakennettavaa asutusta. Euroopan unionin ympäristömeludirektiivi (2002/49/EY) velvoittaa jäsenvaltioita laatimaan toimintasuunnitelmat meluntorjunnalle. Liikennevirasto on laatinut toimintasuunnitelman vuosille 2013–2018.

Työn tavoitteena on esitellä erilaisia meluestetyyppejä, niille asetettuja vaatimuksia, suunnittelutyötä ohjaavia dokumentteja sekä antaa ohjeistusta rakentamiseen. Suunnittelutyön osalta kerrotaan suunnitteluprosessin kulku meluselvityksien ja laskentojen tekemisestä esteiden sijoittamiseen tiealueella. Rakentamisen osalta työssä pyritään antamaan ohjeistusta sopiviin arinarakenteisiin sekä elementtirakenteisten esteiden pystyttämiseen. Työssä ei käsitellä esteiden suunnittelu- ja rakentamisvaiheen aikataulutusta.

Työn alussa käsitellään yleisellä tasolla meluntorjunnan suunnittelun taustoja lainsäädännön ja viranomaisohjeiden pohjalta. Seuraavaksi käsitellään melusteiden suunnittelua ja sijoittamista tiealueelle standardien ja liikenneviraston laatiman suunnitteluohjeen pohjalta. Viimeisessä osassa kerron erityyppisten melusteiden rakentamisesta omien kokemuksieni pohjalta.

Tavoitteena on varsinkin eri suunnitteluprosessia ohjaavien dokumenttien sisältämien keskeisimpien asioiden kerääminen yhdeksi ohjekirjaksi. Tavoitteena on, että tätä ohjekirjaa voitaisiin käyttää suunnittelutyön perusrunkona ja apuna työmaalla esteiden rakentamista ohjaavana dokumenttina.

1.2 Destia Oy

Destia Oy on suomalainen infra-alan yritys. Yrityksen toimenkuvaan kuuluvat rakentaminen, kunnossapito ja suunnittelu. Yrityksen tarjoamien palveluiden pääpaino on liikenneväylien ja teollisuusympäristöjen rakentamisessa. Yritys työllistää noin 1 500 henkilöä. Destian historia ulottuu yli 200 vuoden päähän Kuninkaallisen Suomen Koskenperkausjohtokuntaan. Sittemmin nykyinen Destia on tunnettu Tie- ja vesirakennushallituksena (TVH), Tie- ja vesirakennuslaitoksena (TVL), Tielaitoksena ja Tieliikelaitoksena. Destia nimenä otettiin käyttöön markkinointimielessä 14.2.2007. Vuoden 2008 alusta Destiasta tuli kokonaan Suomen valtion omistama osakeyhtiö, joka jatkoi Tieliikelaitoksen toimintoja. Destian koko osakekanta siirtyi 1.7.2014 Ahlström Capitalin omistukseen. (Destia.fi.)

1.3 Lyhenteet ja määritelmät

CPX	Close Proximity, lähimittausmenetelmä
D_{Ld}	Absorptioarvo
DL_R	Äänieristävyys
GIS	Geographical Information System, paikkatietojärjestelmä
$L_{Aeq7-22}$	Päiväajan (7-22) melun keskiäänitaso
$L_{Aeq22-7}$	Yöajan (22-7) melun keskiäänitaso

2 MELUESTEIDEN SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Tässä luvussa kerrotaan meluntorjunnan suunnittelutyön lähtökohdista lainsäädännön ja melumittausten pohjalta. Aluksi käsitellään meluntorjunnan taustoja ja lainsäädäntöä. Taustojen käsittelyn jälkeen kerrotaan melulaskennasta ja tulosten korjaamisesta ja dokumentoinnista. Melusteiden mitoittamisesta on kerrottu luvussa 3.

2.1 Meluntorjunnan taustat ja lainsäädäntö

Lähes miljoona Suomalaista altistuu 55 dB:n ohjearvon yltävälle päivittäismelulle. Tieliikenne aiheuttaa asuinalueille kohdistuvasta melusta noin 90 %. Tieliikenteen jälkeen suurimmat melulähteet ovat lento- ja raideliikenne. Taajamissa tieliikenteen lisäksi myös rakennus- ja kunnossapitotyöt sekä ulkoilmakonsertit tai muut suuret yleisötapahtumat aiheuttavat melua. (Valtioneuvoston periaatepäätös meluntorjunnasta 2007, 11.)

Meluntorjuntaan liittyvä keskeisin lainsäädäntö sisältyy ympäristösuojelulakiin (527/2014). Valtioneuvosto on päätöksellä 993/1992 antanut ohjearvot yleiselle melutasolle. Ohjearvoista on kerrottu tarkemmin kappaleessa 2.2. Ohjearvot perustuvat meluntorjuntalakiin (382/1987). Ympäristölainsäädännön uudistuksen yhteydessä meluntorjuntalaki ja -asetus kumottiin ja säädökset sisällytettiin Ympäristönsuojelulakiin ja -asetukseen.

Ympäristönsuojelulain ja -asetuksen keskeisin meluntorjuntaan liittyvä sisältö koskee meluselvityksiä ja esteiden rakentamisen ympäristölupamenettelyä. Maankäyttö- ja rakennuslaissa veloitetaan tekemään rakennus- tai kehityskohteesta ympäristövaikutusten arviointi (YVA) johon myös meluselvitykset tietyin kriteerein kuuluvat. Kriteeristö on esitetty kohdassa 2.3.

Meluntorjunnan tarpeellisuus selvitetään selvittämällä melulle altistuvien ihmisten lukumäärä, syntyvän melun voimakkuus ja minkä tyyppiseen alueeseen meluhaitta kohdistuu. Melun vaikutusalue määrää kuinka paljon melua täytyy vaimentaa. Meluarvojen perusteella selvitetään käytettävissä olevat keinot ja valitun vaihtoehdon vaikutus melun määrään. Meluntorjunnan haitat on myös selvitettävä. Haittoja ovat

esimerkiksi kulkuyhteyksien katkeaminen ja ympäristöön sopimaton meluateratkaisu.

Euroopan Unioni ympäristömeludirektiivi vaatii jäsenvaltioita laatimaan toimintasuunnitelmat ympäristömelun torjuntaan. Liikennevirasto on laatinut toimintasuunnitelman vuosille 2013–2018.

2.2 Meluarvot

Valtioneuvosto on päätöksellä 993/1992 antanut raja-arvot päivä- ja yöaikaiselle melulle. Päätöksen mukaan taajamassa melun päiväajan keskiäänitason ($L_{Aeq7-22}$) tulisi olla alle 55 dB. Taajamien ulkopuolella vastaavan keskiäänitason tulisi olla alle 45 dB. Sisätiloissa melun raja-arvot ovat asuin-, opetus- ja hoitotiloissa 35 dB ja toimistotiloissa 45 dB. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 8.)

Yöajalle asetetut keskiäänitasot ovat alhaisempia. Vanhoilla asuinalueilla yöaikainen melun keskiäänitaso ($L_{Aeq22-7}$) saa olla enintään 50 dB. Uusilla alueilla vastaava enimmäisarvo on 45 dB. Taajamien ulkopuolella asuin- ja hoitorakennuksissa melun keskiäänitason enimmäisarvo on 30 dB, muissa esimerkiksi vapaa-ajan rakennuksissa arvo on 40 dB. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 8.)

2.3 Laskennallisen meluselvityksen vaiheet

Ympäristönsuojelulain (527/2014) mukaan meluselvitykset on laadittava ympäristövaikutusten arvioinnin yhteydessä seuraavien kriteerien täytyessä (Ympäristönsuojelulaki 151 §):

- asukasluku on yli 100 000 tai asukastiheys on kaupunkimainen
- tien liikennemäärä ylittää 3 miljoonaa ajoneuvoa vuodessa
- rautatien liikennemäärä on yli 30 000 junaa vuodessa
- lentoasemista joiden nousujen ja laskujen yhteismäärä on yli 50 000 vuodessa.

Meluselvitys aloitetaan esiselvityksellä, jossa selvitetään mitä aineistoja selvitysalueelta on saatavissa ja millä tarkkuudella laskenta tullaan tekemään. Ensisijaisesti käytetään olemassa olevia GIS-aineistoja ja ohjelmistoja, joilla aineistoja voidaan

käsitellä. GIS on lyhenne käsitteelle Geographical Information System ja tarkoittaa suomeksi paikkatietojärjestelmää. Jos GIS- aineistoja ei ole saatavilla vaadittavassa tarkkuudessa on selvitysalueelta kerättävä mahdollisimman yksityiskohtainen aineisto mittaamalla ja muunnettava se GIS- muotoon. Aineiston olisi hyvä palvella myös muitakin työvaiheita kuin pelkkää meluselvitystä. Nykyään maanmittauslaitoksen tuottamat paikkatietoaineistot ovat ilmaiseksi jokaisen niitä tarvitsevan saatavilla. (MELUTTA-hankkeen loppuraportti 2007, 13–14.)

Laskentavaiheen valmistelussa kerätään ja yksilöidään selvityksen kannalta tärkeät tiedot. Tärkeitä yksilöitäviä tietoja ovat esimerkiksi melulähteet, olemassa olevat luonnolliset ja rakennetut esteet tai rakennukset ja selvitysalueen asukasmäärä. Yksilöinnin jälkeen tietoja yhdistetään suuremmiksi ryhmiksi laskennan yksinkertaistamiseksi, esimerkiksi samankorkuiset rakennukset omaksi ryhmäksi. Tietoihin lisätään myös lisätietoja, esimerkiksi rakennusten korkeudet, julkisivujen absorptiotiedot, liikennemäärätiedot sekä tarpeelliset tiedot selvitysalueen topografiasta. (MELUTTA-hankkeen loppuraportti 2007, 14.)

Valmisteluvaiheen jälkeen geometriset ja akustiset tiedot siirretään varsinaiseen melulaskentaohjelmistoon. Laskentaohjelmistossa valitaan käytettävä laskentamalli ja muokataan tuotuja tietoja laskentamallin vaatimuksien mukaisiksi. Laskennan valmistuttua saadut tulokset siirretään takaisin GIS-ohjelmistoon. Tuloksena saadaan laskentaruudukoita ja muuta grafiikkaa. Tuloksista muodostetaan karttoja, joista nähdään ylittääkö laskennallinen melu annetut ohjearvot. Suuria alueita tutkittaessa on kannattavampaa jakaa laskettava alue pienempiin osiin ja yhdistää myöhemmin osatulokset yhdeksi kokonaiseksi melukartaksi. Valmiit tulokset esitetään melukarttoina ja taulukoina yhdistettynä esimerkiksi ortokuvilla paremman esitystavan saavuttamiseksi. (MELUTTA-hankkeen loppuraportti 2007, 14.)

2.4 Melun laskentamenetelmät

Liikennemelun vaikutusalueet lasketaan käyttämällä Pohjoismaissa yhteisesti käytössä olevaa tieliikennemelumallia. Melulaskentamalleista on olemassa sovellutukset tie-, raide ja lentoliikennettä varten. Laskenta tehdään tietokoneavusteisesti ennustemallien pohjalta käyttämällä sopivaa ruutukokoa. Ruutukokoina voidaan käyttää 5 m x 5 m, 10 m x 10 m, 15 m x 15 m, 20 m x 20 m tai 25 m x

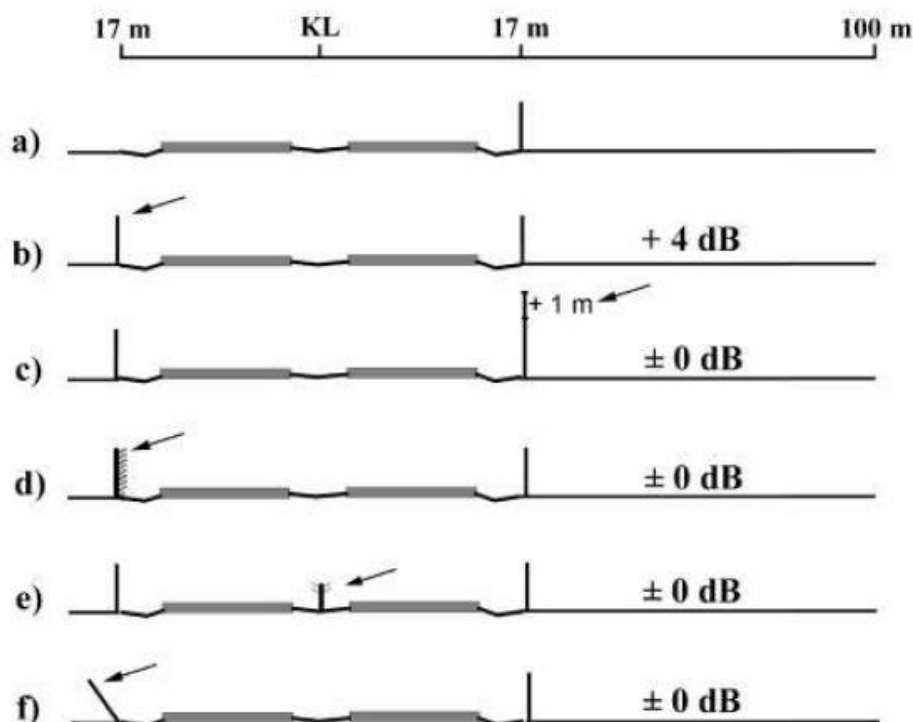
25 m kokoisia ruutuja. Tien melusteiden suunnitteluohje suosittelee käyttämään ruutukokona 5 m x 5 m kokoisia laskentaruutuja. Laskennan tulosta saadaan tarkennettua ruutukokoa pienentämällä. Maastossa tehtävät yksittäiset melumittaukset eivät ole käyttökelpoisia melulaskennan lähtökohtia, koska mittauksien paikka, mittausajankohdan sää ja ohikulkevan liikenteen määrä aiheuttavat suuriakin vaihteluita mittaustuloksiin. Ennusteiden pohjalla on 20 vuoden päähän arvioitu keskimääräinen vuorokausiliikenne (KVL), johon sisältyy tietty osuus henkilöauto- ja raskasta liikennettä. Lisäksi melulaskentaa varten tarvitaan seuraavat tarkat tiedot (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 15–16.):

- väylän geometria
- väylää ympäröivä maasto
- ympäröivän maaston ominaisuudet
- väylän läheisyydessä olemassa olevat melua vaimentavat rakenteet
- laskentapisteen sijainti.

2.5 Laskennan tuloksien korjaukset

Melulaskennan tuloksia voidaan myös joutua korjaamaan. Tilanteita, joissa laskennan tuloksia joudutaan yleensä korjaamaan ovat (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 16.):

- kahden esteen aiheuttama heijastus
- hiljaisen päällysteen vaatimat korjaukset
- tien sivukaltevuuden vaatima korjaus.



KUVA 1: Kahden melusteen aiheuttaman heijastuksen vaatimat korjaukset (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 63.)

Kuvassa 1 on esitetty korjausehdotuksia heijastuksen vaatimiin korjauksiin. Lähtötilanteessa, kohta a), tien toisella reunalla on 2-3 m korkea meluaita.

Kohdassa b) rakennetaan vastakkaiselle puolelle samankorkuinen aita. Aidan rakentaminen saa aikaiseksi sen, että vastakkaisella puolella aidan takana 1,5 m maanpinnasta ja 35-100 m tien keskilinjasta melu lisääntyy 4 dB. Melun kasvaminen voidaan estää korottamalla estettä, kohta c), tai tekemällä rakennettavan esteen pinta materiaalista, jonka absorptioarvo, D_{La} , on suurempi kuin 8 dB, kohta d). Melua saadaan vähennettyä myös tien keskelle rakennettavalla 1,5 m korkealla lisäaidalla, kohta e), tai kallistamalla estettä 5-15° tieltä poispäin esteiden välimatkasta ja tien leveydestä riippuen. Jos tielle varatun haltuunottoalueen rajat sallivat, niin kallistamisen sijaan aita voidaan korvata meluvalilla tai vallin ja aidan yhdisteellä. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 63.)

Käytettäessä hiljaista päällystettä korjaukset tehdään Tietoa tiensuunnitteluun 75: Hiljaisen päällysteen vaikutus tieympäristön tiemeluuun mukaisesti. Hiljaisista päällysteistä kerrotaan lisää luvussa 4.

Tien sivukaltevuuden huomiotta jättäminen antaa laskennallisessa tarkastelussa virheellisen tuloksen melulaskennalle. Jos melulaskennassa käytetään tasausviivaa tien korkeutena, voi laskennan tuloksessa olla ± 2 dB virhe. Tien sivukaltevuuden vaatimat korjaukset esteen korkeuteen lasketaan kaavalla

$$\Delta h = 0,5 * \text{sivukaltevuus} * \text{tien leveys} \quad (1)$$

Tien leveyden ollessa esimerkiksi 7 m ja tien sivukaltevuuden ollessa 3 % saadaan esteen korkeuden korjausarvoksi +0,1 m. Korjausarvo voi myös olla negatiivinen, esimerkissä -0,1 m, jos tie viettää keskeltä kohti estettä. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 17.)

2.6 Laskentatulosten esittäminen

Laskennan tulokset voidaan esittää joko graafisessa tai numeerisessa muodossa. Graafisen muodon esitystapa on yleensä standardin ISO 1996-2 mukainen melukartta, jossa melualueet esitetään 5 dB välein. Taulukossa 3 on esitetty standardin mukaiset väritykset ja rasteroinnit melualueille. Numeerisen muodon esitystapana ovat taulukot, joista ilmenee tietyille melutasolle altistuvien ihmisten lukumäärä ja/tai vaikutusalueen pinta-ala. Esimerkit numeerisen muodon esitystavasta on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Yhteistä molemmille esitystavoille on päivä- ja yöaikaisen melun esittäminen omina karttoina tai taulukoina. Taulukoiden ja karttojen lisäksi laskennasta on myös dokumentoitava seuraavat asiat (Melutta-hankkeen loppuraportti 2007, 31.):

- kuvaus tehdystä selvityksestä ja tarkastellusta alueesta
- laskentamallit ja ohjelmistot
- arvioitu asukasmäärä
- liikennemäärätiedot ja arvion perusteet tai tiedonlähde
- maastomallin muodostaminen, maan pinnan ominaisuudet ja korkeuskäyrien tiheys
- laskentaruutujen koko
- heijastuksien huomiointi laskennassa
- mahdolliset tarkistusmittaukset.

TAULUKKO 1: Esimerkki laskentatuloksen esittämisestä taulukkomuodossa $L_{Aeq7-22}$

$L_{Aeq7-22}$ (dB)	< 49	50 – 54	55 – 59	60 – 64	65-69	> 70
Asukkaiden määrä						
Pinta-ala (m ²)						

TAULUKKO 2: Esimerkki laskentatuloksen esittämisestä taulukkomuodossa $L_{Aeq22-7}$

$L_{Aeq22-7}$ (dB)	< 39	40 – 44	45 – 49	50 – 54	55-59	> 60
Asukkaiden määrä						
Pinta-ala (m ²)						

Taulukko 3: SFS-ISO 1996-2 standardin mukainen melukartan väritys ja mustavalkokuvan rasterointi (MELUTTA-hankkeen loppuraportti 2007, 29.)

Melutaso (dB)	Väritys	Rasterointi
< 35		harvat pienet pisteet
35–40		melko tiheät keskikokoiset pisteet
40–45		tiheät suuret pisteet
45–50		harva pystyviivoitus
50–55		melko tiheä pystyviivoitus
55–60		tiheä pystyviivoitus
60–65		harva vinoviivoitus
65–70		melko tiheä vinoviivoitus
70–75		tiheä vinoviivoitus
75–80		leveät raidat
80–85		täysin musta

3 MELUESTEEN SUUNNITTELU JA SIJOITTAMINEN TIEALUEELLA

Tässä luvussa kerrotaan perustiedot melusteiden mitoittamiseen ja sijoittamiseen tiealueella. Tässä luvussa käsitellään myös rakenteiden mitoittamista sekä esteille asetettuja akustisia laatuvaatimuksia.

3.1 Esteen sijoittaminen

Meluste tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle tien reunaa tai melulta suojattavaa kohdetta. Esteen sijoittaminen lähelle suojattavaa kohdetta on käytännöllisintä silloin, kun suojattava kohde on pienialainen ja sijaitsee kaukana tiestä. Meluseinän vähimmäisetäisyydet tien reunasta ovat moottoriteillä 3 m, maanteillä esteen korkeus + 1 m ja muilla alempinopeuksisilla teillä esteen korkeus. Esimerkiksi 4 m korkea seinä sijoitettaisiin moottoriteillä 3 m, maanteillä 5 m ja muilla teillä 4 m päähän tien reunaviivasta. Esteen sijoituksessa on otettava huomioon näkemät kaarteissa ja liittymissä. Opasteille on varattava tila tien ja esteen välistä, jos ei käytetä tien yläpuolisia opasteita, tai opasteita ei sijoiteta esteen taakse. Opasteen sijoittaminen esteen taakse tulee kysymykseen vain silloin, kun käytetään matalaa rakennetta, esimerkiksi seinää tai läpinäkyviä esteitä. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 28.)

Sillalle sijoitettava meluste on yleensä melukaide. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää tavallista sillankaidetta, jonka taakse asennetaan kevyt meluste. Kevyen melusteiden käytössä on kuitenkin enemmän haittoja kuin hyötyjä. Esteen irtoaminen ja putoaminen törmäystilanteessa on estettävä. Kiinnitysratkaisusta johtuen kaiteen ja esteen väliin päätyvän lian ja roskien poistaminen voi olla hankalaa. Järkevintä on käyttää betonikaidetta, jonka päälle asennetaan läpinäkyvä meluste. Sillan ollessa meluseinän kohdalla on sillalle tuleva melukaide jatkettava riittävän pitkälle sillan molemmin puolin. Ennen betonista melukaidetta on asennettava normaali N2 luokan vaatimukset täyttävä tiekaide. Kaiteen avulla estetään törmäminen betoniseen kaiteeseen. Sillan kohdalle rakennettavien melusteiden rakentamisesta on kerrottu luvussa 5. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 38–39.)

3.2 Esteen mitoitus

Esteen pituus tutkitaan ensisijaisesti melulaskentaohjelmistolla. Esteen pituuden kasvaessa myös vaimennusalueen pinta-ala kasvaa. Esimerkiksi 200 m pitkällä esteellä 4 dB vaimennus ulottuu noin 75 m päähän tien keskiviivasta kun 80 m pitkällä esteellä vaimennusalue ulottuu vain noin 50 m päähän. Esteen korkeus lasketaan melulaskentaohjelmistolla. Esteen korkeus mitataan tien esteen puoleisesta reunaviivasta, ellei suunnitelmissa ole esitetty muuta. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 29.)

Esteessä olevat aukot lisäävät melua esteen takana. Aukot voivat olla siltakohtia, liittymiä, limityskohtia tai muita kulkuaukkoja esteen kohdalla. Sillan kohdalle voidaan sijoittaa estettä matalampi melukaide. Limityksien ja kulkuaukkojen kohdalla tulee toisen esteen pinnan olla absorboiva. Limityspituuden on oltava vähintään 2 kertaa kulkuaukon leveys. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 36.)

Esteiden kohdalla on huomioitava tarvittava lumitila. Tien melusteiden suunnittelu 2010 ohjeessa sivuilla 28–29 on mitoitusohjeet vaadittavalle lumitilalle. Lumitilan miniminä voidaan pitää 0,5 m. Jos lunta voidaan aurata esteeseen kiinni on lumitilan minimi 0,35 m.

3.3 Rakenteiden mitoitus

Rakenteille asetetut laatuvaatimukset on esitetty standardissa SFS-EN 1794-1. Standardissa on asetettu laatuvaatimukset ja annettu mitoitusohjeet erilaisille tilanteille. Esteen rakenteiden mitoituksessa on huomioitava ainakin seuraavat asiat (SFS-EN 1794-1 2011, 9.):

- omapaino
- tuulikuorma
- ohikulkeva liikenne.

Esteen omapainoon on laskettava mukaan rakenteisiin kertyvä vesi ja lumen aiheuttama lisäpaino. Melusteina myytävien tuotteiden CE-merkinnässä on ilmoitettava tuotteen märkäpaino, alentunut märkäpaino ja kuivapaino.

Suomessa tuulikuorman arvoina käytetään metsäaukeilla $0,65 \text{ kN/m}^2$, peltoaukeilla $0,8 \text{ kN/m}^2$ ja meren rannikolla $1,0 \text{ kN/m}^2$ kuormia. Tuulikuormat lasketaan standardin SFS-EN 1991-1-4 mukaisesti. Tuulen nopeutena laskennassa on käytetty 21 m/s . Edellä olevat arvot on laskettu 2 m korkealle aidalle, joka on sijoitettu 3 m korkean vallin päälle. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 64.)

Ohikulkevan liikenteen aiheuttama imu on otettava huomioon ilman tuulen vaikutusta. Enintään 100 km/h nopeudelle kulkeva liikenne, käsittäen henkilöautojen lisäksi myös linja-autot ja raskaan liikenteen, voi aiheuttaa tuulesta riippumattoman $0,8 \text{ kN/m}^2$ kuormituksen esteelle. (SFS-EN 1794-1, 10.)

Tuulen ja ohikulkevan liikenteen vaikutuksesta esteissä käytettävät pilarit saavat vaakasuunnassa taipua käyttörajatilassa $h/100$ esteen korkeuden (h) ollessa enintään 3 m . $3 - 4,5 \text{ m}$ korkeilla esteillä taipuman maksimi on 30 mm . Yli $4,5 \text{ m}$ korkeilla esteillä taipuman maksimi on $h/150$. Seinäelementtien taipuman raja-arvoihin vaikuttaa tukipisteväli (L_A). Tukipisteiden sijaitessa enintään 2 m päässä toisistaan seinäelementti saa taipua $L_A/40$, $2 - 5 \text{ m}$ etäisyyksillä enintään 50 mm ja yli 5 m suuremmilla etäisyyksillä $L_A/100$. Murtorajatila mitoituksessa käytetään osavarmuuslukua $1,5$.

Lisäksi esteiden suunnittelussa on otettava huomioon lumen aurauksesta, mahdollisista irtokivien iskuista ja törmäyksistä aiheutuvat voimat. Näihin tapauksiin mitoitushjeet on annettu Tien melusteiden suunnittelu 2010 -ohjeessa sivuilla 66–67 ja SFS-EN 1794-1 liitteissä C, D ja E. Rakenteille ja rakentamiselle asetetut laatuvaatimukset on esitetty InfraRYL 2012 osassa 45110.

3.4 Onnettomuuksien ehkäisy ja ilkivalta

Esteen kohdalle voidaan joutua sijoittamaan kaide ehkäisemään suistumisonnettomuuksia. Kaiteiden tarve arvioidaan liikenneviraston Tiekaiteiden suunnittelu 2013 -ohjeen mukaan. Kaiteettomilla kohdilla meluste tulisi sijoittaa ajorataa ylemmäksi $0,5-2 \text{ m}$ päähän tien reunaviivasta. Maanteillä ja moottoriteillä esteen etäisyys kaiteettomalla kohdalla on enintään 3 m . Alempinopeuksisilla teillä etäisyys saa olla suurempi.

Esteen ulkonäön parantamiseen ja ilkivallalta suojautumiseen käytettävän kasvillisuuden vaatima tila on yleensä 1 m. Kuivatuksen ja lumen poisviennin takia kasvillisuutta ei saa istuttaa ojiin tai sellaisiin kohtiin, joista lunta joudutaan talven aikana kuljettamaan pois. Ilkivallalta suojautumiseen on useita keinoja. Esimerkiksi materiaalivalinnoilla ja esteen ympärille istutettavalla kasvillisuudella on vaikutusta esteisiin kohdistuvaan ilkivaltaan. Kasvillisuuden tulisi olla sellaista, joka vaikeuttaa esteen läheisyyteen pääsyä. Suurien tasaisten pintojen välttäminen vähentää esteiden töhrimistä. Ilkivallalta suojautumisesta on kerrottu tarkemmin Tien meluesteiden suunnittelu 2010 -ohjeessa sivuilla 41–43.

3.5 Sovittaminen ympäristöön

Esteiden sijoittaminen ympäristöön aloitetaan jo yleissuunnitteluvaiheessa. Esteiden julkisivuista laaditaan yleissuunnitelmat, joissa esitetään materiaalit, näkyvät värit, maastonmuotoilut sekä kasvillisuuden tyypit. Suunnitelmat laativa työryhmä koostuu maisema-arkkitehdistä, ympäristösuunnittelijasta ja rakennussuunnittelijasta. Suunnitelmien tarkkuuden on vastattava Maankäyttö ja Rakennuslain vaatimuksia. Suunnitelmia täydennetään myöhemmissä suunnitteluvaiheissa.

Meluesteiden ympäristöön sijoittamisessa noudatetaan siltapaikkojen luokitusohjeessa esitettyä ympäristöarvoluokitusta. Ympäristöarvoluokitus jakaa kohteet neljään luokkaan kulttuurisesti ja ympäristöllisesti merkittävien kohteiden, sekä keskeisimpien liikenneväylien mukaan. Arvoluokituksen kriteeristö on esitetty Siltapaikkojen luokitusohjeen luvussa 2. (Tien meluesteiden suunnittelu 2010, 44.)

Estetyypin valinta tehdään ensisijaisesti ympäristöarvoluokituksen perustella. Suljettussa kaupunkitilassa esteen on toimittava yhdessä muiden maisemaa peittävien ympäristöelementtien kanssa. Läpinäkyvien esteiden käyttöä kaupunkiympäristössä tulisi niihin kohdistuvan ilkivallan takia välttää. Läpinäkyviä esteitä tulisi käyttää vain kulttuurisesti ja ympäristöllisesti merkittävässä kohteissa, sekä keventämään pitkiä seinälinjoja. Kuvassa 2 on läpinäkyvää melukaidetta Taasianjoen vesistö sillan ja Holmgårdin peltojen kohdalla Tesjoella kesällä 2014. Ajonopeus ja liikenteen kulkusuunta on myös huomioitava estetyypin valinnassa. Nopeilla tiejaksoilla esteiden yksityiskohtien merkitys on vähäinen verrattuna taajamien alempinopeuksisille teil-

le. Kaupunkien sisään- ja ulosajoteiden varsilla, sekä arvoluokan I kohteilla yksityiskohtiin panostaminen on kuitenkin esteettisesti kannattavaa.

Käytettävissä oleva tila määrää huomattavasti käytettävän estetyypin valinnassa ja sijoittamisessa. Meluvalli on tilan salliessa ensimmäinen vaihtoehto. Ahtaissa kaupunkiympäristöissä vallin rakentaminen on harvoin mahdollista ja vallin sijaan rakennetaan meluseinä.



KUVA 2. Läpinäkyvää melukaidetta Taasianjoen vesistö sillan kohdalla (Akseli Musalo 2014)

3.6 Akustiset vaatimukset

Meluesteen aikaansaama vaimennus riippuu sen sijainnista, korkeudesta, pituudesta sekä suojattavan kohteen sijainnista ja korkeudesta. Laboratorio-olosuhteissa mitatut meluesteiden äänieristävyydet ovat suuruusluokassa 15–45 dB. Maastossa samoilla esteillä vaimennus on kuitenkin ollut vain 0–15 dB. Äänen eristävyys mitataan laboratoriossa noudattamalla standardeja SFS-EN 1793-2 (Teiden meluesteet. Akustisten ominaisuuksien määrittäminen) ja SFS-EN ISO 354 (Akustiikka. Ääniabsorption mittaaminen kaiuntahuoneessa). SFS-EN 1793-2 mukaan esteet voi-

daan ääneneristävyyden mukaan jakaa kolmeen luokkaan. Luokassa B3 äänieristävyyden vaatimuksena on $DL_R \geq 25$ dB, luokassa B2 $DL_R \geq 15$ dB ja luokassa B1 $DL_R \geq 5$ dB. Eristävyyden vaatimuksena on $DL_R \geq 25$ dB, ellei muutoin määrätä. Laskennallisen tuuli-kuorman aiheuttamat materiaalipaksuudet ovat niin suuret, että vaadittu 25 dB eristyvyys saavutetaan. Yksinkertaisilla lautarakenteilla ei kuitenkaan voida saavuttaa vaadittua eristävyttä. Vaatimuksen täyttämiseksi tarvitaan esimerkiksi 20 mm vanerilevytyks tai 6 mm vaneri + 20 mm laudoitus. Betonisilla elementeillä eristävyys saavutetaan jo 100 mm rakennepaksuudella ja elastisella tiivisteellä elementtien välissä. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 56–59.)

Maan pinnan ominaisuudet vaikuttavat melun vaimenemiseen. Laskelmissa maan pinnan oletetaan olevan joko kova tai pehmeä. Kovia pintoja ovat vesistöt, päällystetyt ja pinnoitetut alueet. Pehmeitä pintoja ovat yleensä kasvillisuuden peittämät alueet kuten metsät, puistot ja pellot. Tien melusteiden suunnittelu 2010 ohjeessa sivuilla 32–35 on esitetty laskennallisia arvoja melun vaimennukselle sekä kovilla että pehmeillä maan pinnoilla.

Esteet heijastavat liikenteen aiheuttamaa melua takaisin tiealueelle. Esteiden akustisiin vaatimuksiin kuuluu myös äänen absorptio, eli ääniaaltojen imeytyminen huokoiseen materiaaliin. Äänen absorptioluku DL_a mitataan SFS-EN 1793-1 ja SFS-EN ISO 354 mukaisesti. SFS-EN 1793-1 mukaan esteet luokitellaan seuraavasti:

- A0 = ei testattu
- A1 DL_a 1-3 dB
- A2 DL_a 4-7 dB
- A3 DL_a 8-11 dB
- A4 $DL_a \geq 12$ dB.

Luokka A3 ja A4 saavutetaan yleensä ritilällä, verkolla tai levyllä suojatulla lasi- tai vuorivillalla. Huokoisesta betonista ja kevytbetonista valmistetut tuotteet ovat yleensä luokkaa A2. Maarakenteinen meluvalli on luonnostaan absorboiva meluste ja sijoittuu luokkiaan A3 tai A4. Muiden kaupallisten melustetuotteiden äänen imevyys on osoitettava laboratoriokokein.

4 MELUESTETYYPIIT

Tässä luvussa esitetään erilaiset meluesteiden perustyyppit. Lisäksi esitetään kolme vaihtoehtoista tapaa meluntorjunnalle. Eri estetyyppien rakentamisesta ja mahdollisista rakentamisen jälkeisistä korjaustoimenpiteistä kerrotaan luvussa 5.

4.1 Seinät

Meluseinät ovat suhteellisen ohuita, vähintään 2 m korkeita meluntorjuntarakenteita. Kuvassa 3 on kahdesta puurakenteisesta seinäelementistä koostuva seinä. Kuvassa 4 on matala, noin 2 m korkea betonielementtiseinä. Seinät voidaan rakentaa paikanpäällä puusta tai elementtirakenteisena puusta tai betonista. Seiniä käytetään kohteissa, joissa vaaditaan huomattavaa melun vaimennusta ja tilaa esteen rakentamiselle on vähän. Riittävä vaimennus saadaan aikaan jo ohuellakin rakenteella, joten esteen paksuuden lisääminen ei ole kannattavaa. Meluseiniä voidaan käyttää korkeana esteenä sellaisenaan tai seinä voidaan sijoittaa matalana meluvallin päälle silloin, kun vallin muutoin vaatima tila kasvaisi liian suureksi. (Tien meluesteiden suunnittelu 2010, 22.)



KUVA 3: Meluseiniä Kotkan Sutelan eritasoliittymässä elokuussa 2013 (Akseli Musalo 2013)



KUVA 4: Matala betonielementtiseinä Sutelan ja Heinlahden eritasoliittymien välillä kesäkuussa 2013 (Akseli Mussalo 2013)

4.2 Kaiteet

Melukaiteet ovat rakenteita, jotka toimivat sekä kaiteena että meluesteenä. Kaide sijoitetaan yleensä penkereelle koska muutoin este jouduttaisiin rakentamaan luis-kassa alemmas ja esteestä tulisi kohtuuttoman korkea. Melukaiteen korkeus on yleensä 1,0 – 1,2 m tien pinnasta mitattuna. Vähälumisilla alueilla esteen korkeutta voidaan korottaa 1,6 m:iin. Melukaiteita suunniteltaessa on otettava huomioon seuraavat asiat (Tien meluesteiden suunnittelu 2010, 24.):

- turvallisuus
- näkymä kaiteen yli
- meluntorjunta
- lumenpoisto ja lumitila
- ulkonäkö.

Näkymä melukaiteen yli voidaan ratkaista käyttämällä läpinäkyviä esteitä. Läpinäkyvien esteiden haittapuolena ovat niiden korkeat kustannukset ja niihin kohdistuva ilkeävalta. Rikottuja ja töhrittyjä esteitä joudutaan vaihtamaan tai puhdistamaan. Vaihtamisen tai puhdistamisen laiminlyönti antaa tienkäyttäjälle huonomman vaikutelman kuin muut meluesteet. Kuvassa 5 on rakenteilla olevaa ja osittain valmista läpinäkyvää meluesteen ja pengerkaiteen yhdistelmää. Läpinäkyvä melueste kiinnitetään reunapalkkiin pylväiden varaan. (Tien meluesteiden suunnittelu 2010, 24–27.)



KUVA 5: Meluvallin ja läpinäkyvän pengermelukaiteen liitoskohta Tesjoella (Akseli Mussalo 2014)

4.3 Vallit

Meluvalli on perusvaihtoehdoista halvin ja myös sopii useimpiin paikkoihin parhaiten. Meluvallien haittapuolena on kuitenkin niiden vaatima tila tiealueella.

Meluvalli on yleensä hyvin karun näköinen, jos pintakasvillisuuden suunnittelu ja hoito tehdään puutteellisesti.

Meluvallissa voidaan käyttää muutoin läjitykseen siirrettäviä maamassoja, esimerkiksi savipitoisia maita, routimatonta moreenia ja vallin ytimeen voidaan sijoittaa suurikokoista louhetta. Kasvillisuuden osalta pinta on tehtävä kasvualustaksi sopivasta maa-aineksesta ja vedensaannin kannalta veden kapillaarinen nousu rakenteessa on mahdollistettava. Käytettävät maamassat määräävät vallin vaatiman tilan

yhdessä korkeuden kanssa. Märkien savipitoisten maiden vaatima luiskakaltevuus on enintään oltava 1:6, kun vastaavasti kuivilla savilla ja moreeneilla luiskakaltevuus on 1:2 tai 1:1,5. Luiskakaltevuuksia voidaan parantaa käyttämällä geoverkkoja, ankkuroituja harkkoja tai kivitöitä. Kaltevuudella on myös vaikutusta meluvallin istutettavaan kasvillisuuteen. Nurmen kylväminen ja niittäminen hankaloituu kun vallin luiskakaltevuus on jyrkempi kuin 1:1,5.

Pehmeiköille rakennettaessa on otettava huomioon pohjamaan painuminen. Painumista voidaan rajoittaa tai se voidaan estää kokonaan tekemällä alueelle riittävän laaja massanvaihto. Massanvaihto tulee kyseeseen kun pehmeää maata on yli 7 m vallin alapuolella. Ilman massanvaihtoa vallin rakenteissa voidaan käyttää kevyitä täytteitä kuten kevytsoraa, kevyttä tuhkaa tai kappaleita auton renkaista. (Tien melusteiden suunnittelu 2010, 19–20.)

Meluvallien suunnittelusta kerrotaan tarkemmin Tiehallinnon ohjeissa Tietoa tien suunnitteluun 17 ja Tien melusteiden suunnittelu 2010 -ohjeessa sivuilla 19–20.

4.4 Vaihtoehtoiset menetelmät

4.4.1 Meluntorjunnan huomiointi kaavoituksessa

Uusien asuinalueiden kaavoituksessa tulisi pyrkiä siihen, ettei melulle altistuvien ihmisten lukumäärä kasva. Kaavoitustyössä on otettava huomioon Ympäristöministeriön vuonna 2001 laatimaa ohjetta Liikennemelun huomioon ottaminen kaavoituksessa. Tien viereen ei tulisi sijoittaa melulle herkkiä rakennuksia. Asuinrakennuksen ja tien väliin voidaan sijoittaa esimerkiksi autotalleja tai varastorakennuksia, jotka toimivat melusteena varsinaisen käyttötarkoituksen lisäksi. Kaavoituksessa ja tiesuunnittelussa on myös hyvä huomioida maan pinnanmuodot.

4.4.2 Asfalttimassa

Liikenteen aiheuttamaa melua voidaan alentaa myös vaihtamalla käytettävää asfalttimassaa. Asfalttimassan melunvaimennuskykyä mitataan CPX eli lähietäisyysmittauksella. CPX on vaunumittausmenetelmä, jossa kaksi mikrofonia on sijoitettu vaimennetussa kammiossa vapaasti pyörivän renkaan lähelle. Mittausmenetelmästä on

kerrottu tarkemmin PANK-5210 menetelmäohjeessa. Melua vaimentava asfalttiasfaltti on sellainen, jonka CPX-menetelmällä mitattu rengasmelun arvo on alle 91 dB. Asfalttinormeissa 2011 on esitetty tavallisten käytettävien päällysteiden ominaisuuksia. Esimerkiksi SMA8:n CPX melutaso on 3–4 dB pienempi kuin AB16:n. SMA8:n käytön haittapuolena on kuitenkin sen nopea kuluminen verrattuna AB16:ta. Hiljaisen päällysteen käytöllä ei kuitenkaan saada vähennettyä ajoneuvojen moottoreista ja ilmanvastuksesta aiheutuvaa melua. (Tietoa tiensuunnitteluun 75 2004.)

4.4.3 Ajonopeudet

Ajonopeuksien alentaminen 100 km/h:sta 80 km/h:iin ja 80 km/h:sta 60 km/h:iin vähentää melua 2-3 dB. Liikennemäärän vähentyminen puoleen aiemmasta vähentää melua n. 3 dB. Yhden raskaan ajoneuvoyhdistelmän tuottama melu 50 km/h nopeudella vastaa 10:tä henkilöautoa ja 100 km/h nopeudella 5:ttä henkilöautoa. On kuitenkin huomioitava, että tieliikennelain mukaan raskaan kaluston suurin sallittu nopeus on 80 km/h eli se vastaa noin 7:ää henkilöautoa. (Tietoa tiensuunnitteluun 75 2004.)

5 ESTEIDEN RAKENTAMINEN

Tässä luvussa keskitytään erilaisten melusteiden rakentamiseen pohjatöistä aina valmiin esteen viimeistelytöihin saakka. Lisäksi kerrotaan esteiden rakentamiseen liittyvistä mahdollisista ongelmista ja niiden ratkaisuista sekä rakentamisen työturvallisuudesta kaivanto ja nostotöiden osalta. Myös esteen valmistumisen jälkeen tehtäviin korjaustoimenpiteisiin annetaan neuvoja. Tässä luvussa kerrotut asiat pohjautuvat suurimmalta osin omiin kokemuksiini ja havaintoihini E18 Koskenkylä – Kotka työmaalla tieosilla 2 ja 6 kesien 2013 ja 2014 aikana.

5.1 Työryhmät

Pohjatöiden työryhmäksi riittää 1 pyörä- tai tela-alustainen kaivinkone, 1 rakennusmies tai rakennusammattimies, mittamies sekä vähintään 1 kuorma-auto. Jos kaivettavia maamassoja ei voida käyttää uudelleen ja niiden läjitysalueet ovat kaukana kohteesta on järkevää lisätä autojen lukumäärää. Poistettava asfaltti on aina kuljetettava pois. Koneohjatulla kaivinkoneella mittamiehen merkitys pohjatyövaiheessa on vähäinen.

Pystytysvaiheessa sopiva työryhmä on 2 rakennusmiestä tai rakennusammattimiestä, mittamies sekä nosturiauto. Nosturiauton kuljettajan ammattitaidolla on suuri merkitys työn tehokkaaseen ja turvalliseen etenemiseen. Mittamiehen on oltava jatkuvasti mukana kun pystytetään betonisia esteitä tai seinän perustuksia asennetaan paikoilleen.

Viimeistelytöiden työryhmät voivat vaihdella paljon. Seinillä viimeistelytöistä riippuen sopiva työryhmä on 1-5 RM/RAM, nosturiauto nostokorilla tai nivel- tai teleskooppipuominostin eli "kuukulkija". Tikkaiden käyttö yli 3 m korkeilla seinillä on kielletty. Maatöiden osalta seinien viereisten ojien ja penkereiden luiskauksiin riittää 1 pyörä- tai tela-alustainen kaivinkone.

Meluvallien korjaus- ja korotustöihin on varattava vähintään 3 tarpeeksi suurta kaivinkonetta, joista yksi on vallin päällä ja tekee varsinaisen korotuksen, yksi toimii syöttökoneena korottavalle koneelle ja yksi lastaavana koneena. Vallin rakentamisesta on kerrottu kohdassa 5.4 ja korottamisesta kohdassa 5.7.

5.2 Pohjarakenteet

Perustuselementtien alapuoliset arinarakenteet ja ympäröivät täytöt tehdään InfraRYL 2012 osien 13310 Kiviainesarinat ja 18110 Maapenkereet mukaan. Rakennettujen kiviainesarinoiden kelpoisuus todennetaan pudotuspainokokeella. Pudotuspainokokeella saatujen kolmen viimeisen E2 mittaustuloksen keskiarvon ja E1 suhteen on oltava 300 mm pohjalevyä käytettäessä $\leq 1,7 \text{ MN/m}^2$. Kuvassa 6 on esimerkki Loadman mittausraportista.



Loadman Mittausraportti

Rakennuskohde: Lohko 2		Pvm. 16.7.2014	
Koepaikka: Me 107		Nro./ Paalu: P 48 + 49	
Kerros: Arina		Maalaji: 0-16	
E2 / E1. \leq 1,7 [MN/m ²]		Pohjalevyn koko 300mm → Pohjalevyn koko 132mm →	Sillat E2/E1 \leq 1,7 E2/E1 \leq 2,5 Rummut E2/E1 \leq 1,9 E2/E1 \leq 2,8
Pudotus kerta.	E1.	E2.	E2 / E1. Huom!
1.	102		
2.		149	1,46
3.		156	1,53
4.		152	1,49
5.		161	1,58
6.			0,00
7.			0,00
8.			0,00
Kolmen viimeisen mittauksen keskiarvo =		E2.=	156
Kolmen viimeisen mittauksen keskiarvo =		E2 / E1.=	1,53
Pvm: 16.7.2014 Mittauksen suoritti: Jere Neuvonen		Täyttää laatuvaatimukset: OK	

KUVA 6: Työmaalla tehdyn Loadman-kokeen mittausraportti (Akseli Mussalo 2015)

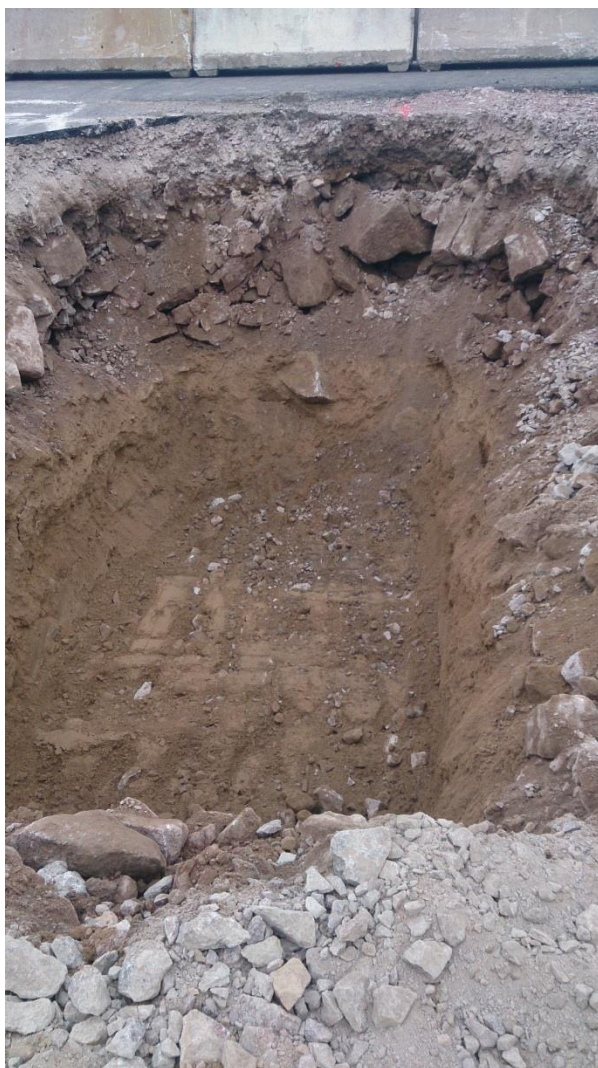
Rakennettava arina tehdään suunnitelmien mukaisesti. Käytettävät murskeet valitaan kerroksen paksuuden mukaan. Murskeen maksimi raekoko on 2/3 arinan paksuudesta. Alkutäyttöihin käytetään raekooltaan 0–90 tai 0–56 murskeita. Alkutäyttöjen päällä käytetään raekooltaan 0–32 tai 0–16 murskeita. Kaikkien asennusaluksien viimeiset pinnat tasataan kivituhkalla. Rakennetut kerrokset tiivistetään enintään 300 mm kerroksissa InfraRYL 18110:T3 mukaisesti.

Seuraavissa alaluvuissa kerrotaan erilaisten estetyyppien perustusten alapuolisten rakenteiden rakentamisesta.

5.2.1 Puuelementtiseinän pohjat

Meluseinät perustetaan yleensä joko anturaperusteisesti tai paalujen varaan. Anturoita varten on tehtävä kaivannot. Kaivanto tulee tehdä riittävästi laskennallisen perustamistason alapuolelle, jotta perustuselementin alapuolinen kiviainesarina saadaan rakennettua. Muutoin kaivannon pohjamittojen tulisi olla sellaiset, että elementin asennusvaiheessa kaivannon pohjalle jää tarpeeksi työskentelytilaa. Kuvassa 7 on betoniselle perustuselementille tehty kaivanto. Vieressä kulkevan tien sortumisen ja keskialueella samanaikaisesti tehtävien töiden takia tienpuoleiseen päättyyn ei jätetty ylimääräistä työtilaa. Tieltä kaivantoihin suistuminen estettiin betonisilla liikenne-esteillä. Syvissä kaivannoissa on huomioitava sortumavaara ja tarvittaessa tuettava kaivannot sortumisen estämiseksi.

Kun kaivanto on kaivettu tarpeeksi syväksi tehdään suunnitelmien mukainen kiviainesarina. Kiviainesarinan pinnan ei tarvitse olla koko pohja-alaltaan täysin vaakasuora, koska arinalle asennetavassa perustuselementissä olevalla pulttiryhmällä elementtiin asennettava pilari säädetään pystysuoraan. Hyvin tehty arinan pinnan oikaisu kivituhkalla tietenkin helpottaa ja nopeuttaa perustuselementin asentamista.



KUVA 7: Anturaelementille vanhaan tienpohjaan kaivettu pohjamitoiltaan n. 2,5 m x 4 m kaivanto (Akseli Mussalo 2014)

5.2.2 Matalan betonielementtiseinän pohjat

Matalien betoniseinien pohjarakenteena toimii joko yleensä kantava kerros tai jo olemassa oleva asfaltti. Koska kantava kerros on tehty tietyllä kallistuksella on sitä seinälinjan kohdalla oikaistava kivituhkalla. Vanha asfaltti on viisainta jyrsiä oikeaan korkoon ja kallistukseen. Jyrstytyn pinnan epätasaisuuden takia pinta on tasoitettava kivituhkalla. Vanha asfaltti voidaan joutua poistamaan kokonaan, jos jyrshintäkalustoa ei ole käytettävissä, mutta tällöin pitää välttää rikkomasta vanhaa kantavaa kerrosta. Asfaltin poiston jälkeen arina korotetaan kivituhkalla oikeaan korkoon ja oikaistaan.

Nopein ja tehokkain tapa levittää taseusmateriaali kantavan kerroksen päälle on käyttää sivulevitimellä varustettua pyöräkuormaajaa. Jos sivulevitintä ei ole käytet-

tävissä voidaan tasausmateriaali levittää käyttämällä muuta työmaalla olevaa konetta, esimerkiksi kaivinkonetta, traktoria tai pientä pyöräkuormaajaa. Jyrsityn asfalttipinnan päälle tasausmateriaali on materiaalimenekin vähyyden vuoksi käytännöllisintä levittää miestyöllä suoraan koneen kauhasta tai kasalta. Sivulevittimellä tehty ”makkara” on suositeltavaa tiivistää valssijyrällä siten, ettei valssi ole päällä. Myös pyöreää tärylevyä voidaan käyttää. Varsinainen tasaustyö on tehtävä miesvoimin käyttämällä vatupassia ja riittävän pitkää alumiinista oikolautaa. Tasauserros työtetään vaakasuoraksi ja oikeaan korkoon esimerkiksi 2 m välein ja väliin jäävä kohta tasataan oikolaudalla kahden vaakasuoran pinnan mukaisesti. Mittamiehen tulisi merkitä seinän etulinjan sijainti ja korko esimerkiksi aikaisemmin mainitun 2 m välein.

Maahan upotettavalle elementille on aina tehtävä kaivanto. Asennusalusta on tehtävä elementin mukaiseen kallistukseen. Arinan toinen pää on samassa tasossa edeltävän elementin arinan kanssa ja toinen pää alempana. Elementin päiden korotason erotus on laskettava erikseen jokaiselle maahan upotettavalle elementille.

5.2.3 Pengermelukaiteiden pohjat

Pengermelukaiteiden pohjarakenteet ovat tavallisia arinarakenteita. Arinan kohdalle on kaivettava kanaali tai tehtävä leikkaus. Kuvassa 8 jouduttiin leikkaamaan louheesta rakennettua jakavaa kerrosta. Alkutäyttö tehtiin 0–90 murskeella, pinnan tarkempi nostaminen 0–16 murskeella ja viimeinen pinta kivituhkalla. Kohteessa käytettävä kaivinkone onkin mitoitettava kaivettavan materiaalin mukaisesti. Kaivu tehdään riittävästi perustusten alapinnan tasoa alemmaksi. Kaivettu pinta on tiivistettävä ennen arinan rakentamisen aloittamista.

Kivituhkakerroksen paksuus tulisi olla enintään 5–15 mm. Ohutta kerrosta käytettäessä kivituhkapintaa ei tarvitse tiivistää. Kivituhkan nopeaan ja tehokkaaseen tasaukseen voidaan käyttää apuna kahta 3–4 m pitkää teräspuutkea, joiden halkaisija on 15–21 mm. Putket sijoitetaan siten, että asennettava elementti mahtuu niiden väliin. Putkien päät asetetaan oikeaan korkoon ja putket tuetaan kivituhkalla. Putkien väliin levitettävän kivituhkakerroksen tulisi olla hieman oikeassa korossa olevien putkien yläpintaa ylempänä. Kerros tasataan vetämällä oikolautaa putkien yläpintaa pitkin. Tasauksen jälkeen putket poistetaan.



KUVA 8: Pengermelukaiteen pohjien tekoa kesällä 2014 (Akseli Mussalo 2014)

5.3 Elementtirakenteisten esteiden pystyttäminen

5.3.1 Puuelementtirakenteiset meluseinät

Puuelementtiseiniä pystytetään perustuselementin asentamisella. Perustuselementin ristikkäisten nurkkien sijainti merkitään kaivannon pohjalle. Elementti ohjataan näiden kahden nurkkapisteen perusteella lähelle oikeaa sijaintia. Elementin keskellä olevaan pulttiryhmään asetetaan metallilevy, jonka keskellä on piste, johon mittamiehen mittasauvan kärki sopii. Levyn koon on vastattava pilarin alapintaa. Tärkeää on että levy on tehty todella tarkasti, sillä sen avulla ohjataan elementti oikealle paikalle. Pulttiryhmän keskikohta on oltava samassa linjassa runkona toimivien pilarien kanssa, joten sen takia sitä käytetään kun elementtiä ohjataan oikealle paikalle. InfraRYL 2012 taulukon 45110:T1 mukaan pilarien sijainti-

poikkeama saa olla vaakasuunnassa ± 100 mm ja pilariväli saa poiketa suunnitelmista ± 20 mm.

Jos suunnitelmissa ei ole annettu tietoja pilarin alapinnan korolle on ne muiden suunnitelmissa annettujen korkotietojen perusteella laskettava. Jatkopaloja käytettäessä korko on laskettava siten, että jatkopalan ja pilarin väliin jää mahdollisimman pieni rako. Mittamiehen avustuksella yhteen pulttiin asetetaan mutteri ja aluslevy, jotka nostetaan oikeaan korkoon. Loput säädetään oikeaan korkoon käyttämällä digitaalista vatupassia. Metalliset pilarit eivät saa tulla suoraan betonisen elementin päälle, vaan niiden väliin on pyrittävä jättämään vähintään noin 25 mm ja enintään 50 mm väli. Pulttiryhmän säätämisen jälkeen asennetaan joko pilari tai pilarin jatkopala. Jatkopaloja käytetään vain silloin, jos seinän perustustyyppiä on muutettu paaluperusteisesta anturaperusteiseen ja jo suunniteltuja ja tilattuja pilareita ei haluta muuttaa. Mahdollisten jatkopalojen asentamisen jälkeen juurivalut juotosbetonilla, jonka eurokoodin mukainen lujuusluokka on vähintään C50/60. Pelkkiä pilareita käytettäessä juurivalut tehdään vasta sokkeliementtien asentamisen jälkeen. Pilarit nostetaan paikoilleen etälaukaistavalla leukatarraimella. Avoimien koukkujen käyttö on kielletty.

Juurivalumuottien purkamisen jälkeen tehdään täytöt pilarijatkosten tai pilarien sokkelin alapuolisten osien ympärille. Samalla on kannattavaa tehdä täytöt koko seinälinjan matkalle. Betonia ja metallisia pilarijatkosta vasten laitetaan raekooltaan 0–16 tai 0–32 mursketta. Muutoin voidaan käyttää raekooltaan karkeampaa mursketta. Kuvassa 5 on pilarijatkosten täyttötyö käynnissä. Täytöt tehtiin 300–400 mm kerroksissa tiivistäen aina kerrosten välissä. Täyttöihin käytettiin vanhasta tienpohjasta saadun kiviaineksen lisäksi karkeaa 0–150 ja 0–90 mursketta. Lopulliset sokkelin ympäristäytöt ja muotoilut tehtiin vasta seinän valmistumisen jälkeen. Sokkelin ympäristäytöissä on muistettava lähes samanaikaisesti tehdä täytöt molemmin puolin sokkelia kaatumisen estämiseksi. Sokkelin voi väliaikaisesti tukea muutamasta kohdasta ennen varsinaisen viimeistelytyön aloitusta.



KUVA 9: Pilarijatkojen täyttötyötä Loviisan Hagalundissa kesällä 2014 (Akseli Musalo 2014)

Perustuselementtien ja pilarien asentamisen jälkeen asennetaan sokkelielementit. Sokkelielementtejä ei kannata laskea paikalleen pilarin avoimen yläpään kautta vaan ne "uitetaan" pilarien väliin. Uittamisella tarkoitetaan elementin nostokulman muuttamista, eli elementti on nostettaessa vinossa. Kulman muutos tehdään sää-
tämällä nostoketjujen pituutta. Viimeisenä asennettava sokkelielementti voidaan kuitenkin joutua nostamaan paikoilleen pilarien yläpäiden kautta. On myös muistettava elementin asentaminen oikein päin. Elementin hiottu, tai muutoin tasoitettu tai käsitelty sileä puoli pitäisi näkyä tienkäyttäjälle. Sokkelielementeistä leikataan nostolenkit pois mahdollisimman tarkasti elementin yläpintaa mukailleen. Sokkelielemen-

tin päätyjen ja pilarien väliin tulisi jäädä tasainen väli molempiin päihin. Sopiva väli on 20–25 mm.

Ennen varsinaisten seinäelementtien asentamista asennetaan pilareihin muutama kulmapala. Kulmapalat ohjaavat asennusvaiheessa seinäelementtiä oikeaan kohtaan ja myöhemmin pitävät seinäpalat paikoillaan ja estävät niiden kaatumisen esimerkiksi tuulen vaikutuksesta. Asennusvaiheessa riittää kulmapalojen asentaminen korkeiden elementtien ala- ja keskiosan tasolle ja matalissa ala- ja yläosan tasolle.

Seinäelementit voivat olla joko yksi tai kaksiosaisia. Kaksiosaisissa seinissä alempi elementti on matalampi, 1,5–2 m korkea ja sen päälle asennettava toinen elementti korkeampi, noin 3–4 m korkea. Kuvan 9 kohteessa käytettiin yhtä ja kuvien 3 ja 10 kohteessa kahta seinäelementtiä.



KUVA 10: Lähes valmis meluseinä Sutelan eritasoliittymässä elokuussa 2013 (Akseli Mussalo 2013)

Seinäelementit tulevat työmaalle paketteina, joissa kussakin on neljä elementtiä. Paketteja purkaessa on ehdottomasti muistettava paketin riittävä tukeminen. Täysi paketti pysyy tasaisella alustalla tuulettomissa olosuhteissa pystyssä ilman tuentoja. Vajaa paketti on aina tuettava kaatumisen estämiseksi vaikka alusta olisikin tasainen. Ennen seinäelementin asentamista sokkelin päälle levitetään sokkelikaista kosteuseristeeksi ja estämään veden kapillaarinen nousu betonista sokkelielementtiä pitkin puurakenteiseen seinäelementtiin. Seinäelementti lasketaan paikalleen aina pilarien yläpäähän kautta. Nostaminen on tehtävä käyttämällä etälaukaistavia koukkuja. Elementtiä ohjataan siihen kiinnityttyjen ohjausnarujen avulla.

5.3.2 Betonielementtiseinät

Matalan betonielementtiseinän paikalleen asentaminen on nopeaa ja yksinkertaista. Hyvin tehdyt pohjat osaltaan jouduttavat pystyttämiproessia. Hyvin toimiva asennusryhmä pystyy yhden työvuoron aikana asentamaan paikoilleen jopa 240 m seinää.

Elementtien asentaminen on järkevintä tehdä jonomaisesti yhteen suuntaan edeten. Osien väliin ei ole suositeltavaa jättää avoimia kohtia. Nosturiautoa tulisi liikuttaa mahdollisimman vähän. Yhdeltä nostopaikalta tulisi pyrkiä nostamaan 3 elementtiä paikoilleen. Elementit kannattaa nostaa paikoilleen suoraan auton lavalta. Ensimmäiseen jo asennettuun elementtiin asetetaan ohjaus- ja liitoslevy sille varattuun "hahloon" elementin päädyssä. Kuvassa 4 näkyy elementin pääty ja myös ohjauslevyn paikka. Elementtien välissä olevan levyn avulla elementtien väliin jäävä rako pysyy hallinnassa ja seinälinjasta tulee muutenkin tasainen ja siisti.

Seinälinjassa on myös sivuun käännettyjä ja maahan upotettuja osia yleensä seinän alkupäässä. Sivuun käännetyt ja maahan upotetut elementit asennetaan samoin kuin suorat elementit. Maahan upotettu elementti on nostettava vinossa, eli nostoketjujen pituutta on muutettava siten, että elementti on jo ilmassa oikeassa asennossa. Samanmittaisilla nostoketjuilla asentaminen on hankalaa. Maahan upotettavan elementin nostamiseen voidaan käyttää kaivinkonetta. Kaivinkonetta käyttäessä maahan upotettua elementtiä varten tehty pieni kaivanto voidaan täyttää ja muotoilla heti asentamisen jälkeen.

5.3.3 Pengerkaiteet

Pengerkaiteiden perustuselementit ovat suuren kokonsa ja painonsa takia haastavimpia ja hitaimpia asennettavia. Yhden elementin paino on jopa 11–12 tonnia. Elementti nostetaan paikoilleen ja ennen nostoketjujen irrottamista mittamies tarkistaa esteen keskilinjan sijainnin ja koron. Elementin on oltava hyvässä linjassa muiden jo asennettujen elementtien tai sillan reunapalkin kanssa. Tarvittaessa korjataan asennusalue tai liikutetaan elementtiä. Elementit kiinnitetään toisiinsa takapuolelle asennettavilla taustalevyillä. Levyt pakottavat elementtien välin oikeaksi. Sillan reunapalkin jälkeen ensimmäistä elementtiä ei kiinnitetä taustalevyllä siltaan.

Elementin ja reunapalkin väliin jäävä väli on mitattava siten, että kaidetolppaväli tulee oikeaksi. Asentaminen tulisi aina aloittaa sillasta pois päin.

Pengerkaidelinjalla on yleensä myös kaivoja. Kaivoja varten on suunniteltava ja tilattava erikoispaikat, joissa on elementtitehtaalla leikatut kolot kaivoja varten. Kuvassa 8 taustalla näkyy oikealla puolella sadevesikaivo ja vasemmalla puolella telematiikkakaivo.

Elementtien asentamisen jälkeen asennetaan pylväät kiinnittävät konsolit elementin taakse. Konsolin asentamiseen on käytettävä pientä ajoneuvonosturia. Korkeilla penkereillä ja siltojen kohdalla asennustyö on tehtävä korinosturia käyttämällä. Konsolien ja pylväiden asentamisen jälkeen asennetaan läpinäkyvät pleksilasit ja oikean mittaisiksi leikatut tiivistenaumat.

5.4 Vallit

Vallien rakentaminen on yksinkertaista mekaanista konetyötä. Vallin korkeus ja luisien kaltevuus määräävät vallin pohjan vaatiman pinta-alan. Valli voidaan tehdä usealla eri tavalla käyttämällä joko karkeaa moreenia, savea, louhetta, rengasrouhetta tai näiden yhdistelmiä. Valliin voidaan rakentaa reunoille tukivallit louheesta ja täyttää keskikohta savella. Yksinkertaisinta on käyttää materiaalina louhetta ja kivien väliin jäävien tyhjien tilojen täyttömateriaalina savea. Vallin pinnan on kuitenkin toimittava hyvänä kasvualustana, joten ilman työn tilaajan suostumusta vallin pintaa ei saa jättää louhepintaiseksi. Louhepintainen meluvalli on Suomessa harvinaisuus ja ainoa taitaakin sijaita E18-moottoritieellä Tesjoella Tervaksentien risteyssillan itäpuolella.

Valli rakennetaan tasakorkuisina, esimerkiksi 1–1,5 m paksuina kerroksina. Kerroksien leveys pienenee korkeuden noustessa. Käytettävät massat ajetaan kohteeseen joko kuorma-autoilla tai dumppereilla. Ajetut massat levitetään ja tasataan kaivinkoneella. Jatkuvan liikenteen takia kerroksia ei tarvitse erikseen tiivistää. Vallin harjan tekemisen suunnan ratkaisee kohteessa olevan kaivinkoneen poistumisreitti. Koneen poistuminen ei saa vaurioittaa valmista vallia.

5.5 Ongelmatilanteita

Puuelementtiseinissä suurimmat ongelmat kohdistuivat seinäelementtien paksuuteen. Elementtejä jouduttiin osittain purkamaan, jotta ne saatiin asennettua paikoilleen. Purkaminen oli käytännössä yhden laudan ja riman väliaikainen poistaminen elementin molemmista päistä. Poistetut laudat ja rimat muokattiin seinään sopivaksi. Myös pilareissa ja perustuselementeissä oli ongelmia pulttiryhmän kierouden ja pilarien välillä. Pulttireikien sijainti pilarin pohjassa oli helppo polttoleikata työmaalla pulttiryhmään sopivaksi. Pienet poikkeamat saatiin korjattua iskemällä pulttiin asettua mutteria lekalla.

Läpinäkyvien pengermelukaiteiden perustuselementeissä ongelmat kohdistuivat elementtien laatuun ja teräsosien yhteensopimattomuuteen. Elementtien pohjat olivat osittain kupera, elementtien korkeuksissa oli jopa 15 mm vaihtelua ja elementin yläpinnan kaadoissa oli suurtakin vaihtelua yhden elementin osalla. Elementit toisiinsa kiinnittävien taustalevyjen pulttiryhmät olivat usein kieroja ja niihin kiinnitettäviä teräslevyjä jouduttiin pakottamaan paikoilleen. Elementtien pohjalle ei työmaalla voitu mitään, elementti oli laskettava paikoilleen ja muokattava pohjia elementin käyttäytymisen mukaisesti. Pulttiryhmät oiottiin käyttämällä mutteria ja suurta lekaa. Muutamaa elementtiä toisiinsa kiinnittävää taustalevyä jouduttiin myös polttoleikkaamaan.

Matalissa seinäelementeissä oli kaikista vähiten ongelmia. Vain muutaman elementin pohja oli kupera ja pohjia jouduttiin muokkaamaan elementille sopivaksi. Sillan reunapalkin päälle tulevien elementtien kanssa oli myös ongelmia. Ongelmat eivät kuitenkaan johtuneet huonosta elementistä, vaan hieman liian korkeaksi tehdystä sillan reunapalkista. Tällaisessa tapauksessa ratkaisuna on reunapalkin päälle tulevien elementtien laskeminen niin alas kuin mahdollista sekä muokkaamalla seinälinjan korkoa muutaman elementin matkalla sillan molemmin puolin. Tällöin sillan kohdalla olevat elementit sulautuvat paremmin seinälinjaan eivätkä erotu muita ylempänä olevina.

Yhtenä eteen tulevana ongelmatilanteena on myös rakentaminen kahden jo rakennetun osan väliin. Välin syynä voivat olla esimerkiksi sillat, kastelutraktorin vedeno- topaikka tai keskeneräinen sillan reunapalkki. Väliin rakentaminen on aina haasta-

vaa. Kuvan 7 kohteessa rakennettiin sillan ja jo aikaisemmin rakennetun osan väliin. Elementtien väleihin jäävät välit on laskettava käytettävän tilan mukaan, ja niitä on noudatettava. Sopiva väli on sellainen jonka pystyy saumaamaan, kuitenkin vähintään 10 mm. Suunnitelmien mukaiset välit ovat 20–25 mm.

5.6 Viimeistelytyöt

Puuelementtirakenteisissa seinissä viimeistelytyöt käsittävät elementin päälle tulevien hattupeltien asentamisen, elementin yläosaan tulevien kulmapalojen kiinnittämisen, mahdollisten kaksoispilareiden väliin tulevien osien kiinnittämisen ja viimeisten maarakenteiden tekemisen. Koska seinät ovat yleensä korkeita on suositeltavaa käyttää teleskooppipuominosturia eli tuttavallisemmin kuukulkijaa.

Betonisissa seinä- ja pengerkaide-elementeissä olevat nostolenkkien kiinnityskohdat tulpataan tai juotetaan umpeen. Nostokohtien tulppaaminen kierrettävällä tulpalla on huomattavasti juottamista nopeampi vaihtoehto. Tulppaamista tulisi käyttää nopeilla tieosuuksilla ja matalissa betoniseinissä. Juottamalla saadaan aikaiseksi esteettisesti parempi lopputulos. Elementtien välit on saumattava sopivalla saumausmassalla. Saumaustyöhön on suositeltavaa käyttää ammattimestä työn lopputuloksen kannalta.

5.7 Korjaustoimenpiteitä

Valmistumisen jälkeisten melumittausten jälkeen esteitä voidaan joutua korottamaan, jos todelliset meluarvot ovat laskennallisia arvoja suurempia. Paras ja yksinkertaisin korjausvaihtoehto on esteen sopiva korottaminen. Yleensä korotukset ovat hyvin pieniä, jo 0,1 m korotuskin voi riittää saavuttamaan hyväksyttävän meluarvon. Matalissa, n. 2 m korkeissa aidoissa korotus voidaan tehdä asentamalla esteen päälle esimerkiksi kulmarauta.

Valleissa korottaminen on yleensä tehtävä levittämällä vallin alaosaa ja nostamalla vallin harjakorkeutta. Vallien korjaaminen aiheutuu yleensä joko mittavirheestä, koneohjausmallissa olevasta virheestä tai painumisesta. Myös vuodenajalla ja vallissa käytettävällä materiaalilla on vaikutus korjaamisen tarpeeseen. Talvi- tai kevätai-kaan tehdyissä valleissa saattaa käytetyssä maa-aineksessa olla jääkimpaleita tai

lunta tai käytettävä materiaali on jäässä jäiset kohdat sulavat seuraavan kesän aikana aiheuttaen vallin vajoamista. Lumen ja jään aiheuttamat vajoamat eivät ole kovinkaan suuria ja niiden aiheuttamat haitat voidaan paikata seuraavan kesän aikana vallin viimeistelyn yhteydessä. Vallit korotetaan ensisijaisesti samalla materiaalilla mistä valli on rakennettu. Vallin korottamisesta muulla materiaalilla on sovittava työn tilaajan edustajan, eli rakennustyön valvojan kanssa.

E18-moottoritiellä jouduttiin kesällä 2014 korottamaan kahta meluvallia. Syynä korottamiseen oli virhe koneohjauksessa. Valli oli koko matkaltaan noin 0,5 m suunniteltua matalampi. Valli oli rakennettu louheesta, moreenista ja savesta. Ylimääräistä moreenia ei ollut tarpeeksi käytettävissä, joten vallin korottamisesta ja tienpuoleisen luiskan tekemisestä louheella sovittiin valvojan kanssa. Louhe oli ainoa vaihtoehto vallin korottamiseksi tarpeeksi nopeasti. Louheen tarve korotukselle oli noin 2000 m³tr. Käytettävä louhe saatiin rikottamalla suuria kiviä läjitysalueella. Samalla saatiin tehtyä läjitysalueen maisemointia.

5.8 Työturvallisuus

Esteiden rakentamisessa on noudatettava valtioneuvoston asetusta rakennustyön turvallisuudesta.

5.8.1 Kaivantotyöt

Kaivantotyöt luokitellaan aina vaarallisiksi töiksi. Melusteiden perustuksia varten tehtävät kaivannot ovat yleensä niin matalia, ettei erillisiä kaivantosuunnitelmia tarvitse tehdä. Tiivistyksen aiheuttama tärinä luo mahdollisuuden kaivannon seinien sortumiselle. Tiivistystyö tulee tehdä aina työntämällä tärylevyä kohti seinämää, ei ikinä vetämällä kohti. Riskinä on työntekijän puristuminen koneen ja kaivannon seinämän väliin. Korkeille penkereille tehdyissä kanaalimaisissa leikkauksissa on huomioitava luiskaan kaatumisen riski.

5.8.2 Nostotyöt

Betoniset meluste-elementit ovat todella painavia. Pengerkaide-elementti painaa yli 11 tonnia ja puurakenteisen meluseinän perustuselementti noin 5 tonnia. Työn-

tekijän kannalta asennusvaiheen vaaratilanteet liittyvät jalan tai käsien puristumiseen elementtien väliin tai alle. Lähes paikoillaan olevan elementin hienosäätämiseen on järkevintä käyttää rautakankea.

Painavia elementtejä nostaessa on käytettävä tarpeeksi vahvoja nostoketjuja. Nostotöissä ei saa käyttää avokoukkuja. Pilarien nostoissa on käytettävä etälaukaistavia leukatarraimia. Korkeiden seinäelementtien nostamisessa on myös käytettävä etälaukaistavia koukkuja.

Seinäelementtien pinta-ala on suuri, joten tuulisella säällä elementtien nostaminen on vaikeaa ja olosuhteista riippuen erittäin vaarallista. Tuulen noustessa niin kovaksi, että elementtien hallinta ilmassa on lähes mahdotonta on järkevintä lopettaa nostotyöt ja odottaa tuulen laantumista.

Nosturien toimivuus ja turvallisuus todennetaan nosturin tarkastuspöytäkirjalla. Pöytäkirjan pohja on saatavissa työturvallisuuskeskuksen internet sivuilta. Nosturin kuljettaja tekee tarkastuksen, jonka työkohteesta vastaava työnjohtaja hyväksyy.

5.8.3 Liikenne

Ohikulkeva liikenne aiheuttaa ehdottomasti suurimmat vaaratilanteet melusteiden rakentamisessa. Vain harva noudattaa työmaa-alueella asetettuja nopeusrajoituksia. Yleensä nopeusrajoitusten ylitykset ovat 10–20 km/h mutta myös suurempia ylityksiä tapahtuu lähes päivittäin. Päivittäin työmaa-alueen läpi ajavien huomiointikyky ympärillä tapahtuviin asioihin herpaantuu helposti ajan kuluessa. Erilaiset liikennejärjestelyt ja niiden muutokset aiheuttavat aluksi epätietoisuutta autoilijoiden keskuudessa ja vaaratilanteiden riski kasvaa hetkellisesti.

Esteiden rakennustyössä liikennöidyillä alueilla joudutaan tekemään erilaisia liikennejärjestelyjä. Liikennejärjestelyjen aloituskohta tulisi olla riittävän kaukana rakennuskohteesta ja ulottua tarpeeksi kauas. Liikenne ohjataan käyttämään toista kaistaa nuolivaunun ja lamellien avulla. Liikennejärjestelyiden lopussa liikenne palautetaan alkuperäiselle kaistalla nuolivaunun ja lamellien avulla. Järjestelyjen alkupäässä käytetään tarvittaessa suurta betonista estettä turvaamaan työskentely tiealueel-

la. Törmäysvaunun käyttö on aiheellista silloin kun tehdään lyhytkestoista nopeasti etenevää työtä tiealueella.

Kesällä 2013 liikennejärjestelyjä jouduttiin tekemään päivittäin esteiden pystyttämisen yhteydessä. Matalien betoniseinien pystytysvaiheessa liikenne ohjattiin moottoritien ohittavalle, eli vasemmanpuoleiselle kaistalle. Sutelan eritasoliittymässä idästä Mussalontielle laskevalla rampilla liikennettä ohjattiin viereisille kaistoille. Mussalontieltä itäänpäin nousevalla rampilla liikennettä jouduttiin pysäyttämään hetkellisesti nostotöiden aikana. Muutoin pystytystyöt voitiin tehdä ilman suuria liikennejärjestelyjä.

Kesällä 2014 pengermelukaidetta rakennettiin liikenteeltä suljetulla alueella, joten liikennejärjestelyjä ei tarvinnut tehdä. Puuelementtiseinänä puuttuvan osan rakentaminen päästiin aloittamaan moottoritien osittaisen avaamisen jälkeen. Liikenne siirrettiin kulkemaan uutta tielinjausta muutaman kilometrin matkalta, jolloin vanha 7-tie jäi tarpeettomaksi. Liikenne siirrettiin kulkemaan koko matkalta sisemmällä kaistalla. Työalueen kohdalle tehtiin betoninorsuista väliaikainen kaide kaivantoihin suistumisen ehkäisemiseksi. Norsut poistettiin vasta seinän valmistumisen jälkeen. Suurin osa töistä tehtiin seinän takapuolelta, eikä siitä ollut liikenteelle suurta haittaa.

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tehdä melustekäsikirja suunnittelun ja rakentamisen tueksi. Mielestäni työlle asetetut tavoitteet täyttyivät hyvin, vaikka tekovaiheessa työtä joutui rajaamaan. Rakentamisen aikataulutuksen mukaan ottaminen olisi vaatinut työskentelyä työmaalla, jotta aikatauluja varten olisi saatu kerättyä tarpeeksi tarkat tiedot. Melusteiden parissa töitä tekevä voi kuitenkin tehdä suuntaa-antavan aikataulun omien kokemusten ja toivottavasti myös tämän työn pohjalta.

Melusteiden suunnittelu ja rakentaminen on hyvin monipuolista ja mielenkiintoista. Suunnittelussa ja rakentamisessa on otettava huomioon useita eri tekijöitä ja niiden yhteisvaikutuksia. Vaikka tässä työssä tuli vain pintaraapaisu melusteiden maailmaan niin työstä saa kuitenkin hyvän pääpiirteisen käsityksen siitä, mitä kaikkea melusteiden suunnitteluun ja rakentamiseen kuuluu. Aihe onkin monimuotoisuutensa takia hyvin mielenkiintoinen ja lisäperehtymisen arvoinen.

Pelkästään suunnittelutyössä on otettava huomioon useita eri tekijöitä aina voimassa olevista viranomais määräyksistä ohikulkevan liikenteen tuottaman äänen vaikutukseen rakenteiden mitoituksessa. Monimuotoisuudesta kertoo myös se, että suunnittelutyöhön tarvitaan rakennus- ja rakennetekniikan ammattilaisten lisäksi esimerkiksi äänioppiin perehtyneitä henkilöitä.

Rakentamisen haasteena ovat eri este tyyppien variaatiot yhdessä rakentamiselle annettujen vaatimusten kanssa. Esteiden rakentamiseen liittyy vaihteleva määrä erilaisia työvaiheita, joiden yhteensovittaminen voi olla hankalaakin. Tässä työssä on pyritty antamaan rakentamiselle selkeät linjat, joiden avulla työ voidaan suunnitella ja toteuttaa tehokkaasti.

LÄHTEET

Destia.fi [Verkkoaineisto]. Viitattu [2015-01-12]. Saatavissa:
<http://www.destia.fi/fi/yritys.html>

InfraRYL. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 1. Väylät ja alueet. 2009. Hämeenlinna: Rakennustieto

InfraRYL. Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset Osa 2. Järjestelmät ja täydentävät osat. 2010. Hämeenlinna: Rakennustieto

LIIKENNEMELUN HUOMIOON OTTAMINEN KAAVOITUKSESSA [Verkkoaineisto]. Ympäristöministeriön raportteja 2001. [Viitattu 2015-04-03]. Saatavissa:
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40628/SY_493.pdf

MELUTTA-hankkeen loppuraportti [Verkkoaineisto]. Ympäristöministeriön raportteja 2007. Saatavissa:
https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41381/YMra20_MELUTTA_hankkeen_loppuraportti.pdf

MUSSALO, Akseli 2013-2014. [digikuva]. Tekijän sähköiset kokoelmat.

SFS-EN 1793-1. Teiden melusteet. Akustisten ominaisuuksien määrittäminen. Osa 1: Tuotekohtainen äänen absorptio. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto

SFS-EN 1793-2. Teiden melusteet. Akustisten ominaisuuksien määrittäminen. Osa 2: Tuotekohtainen ilmaääneneristävyyden määrittäminen diffuusissa äänikentässä. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto

SFS-EN 1794-1. Teiden melusteet. Muut kuin akustiset ominaisuudet. Osa 1: Rakennetekniset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto

TIEN MELUSTEIDEN SUUNNITTELU 2010 [Verkkoaineisto]. Liikenneviraston julkaisu 2010. Saatavissa: http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2010-16_meluste_suunnittelu_web.pdf

TIETOA TIENSUUNNITTELUUN 75 [verkkoaineisto]. Tiehallinto 2004. [Viitattu 2015-03-07]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/thohje/ttiens/tts75.pdf>

YMPÄRISTÖNSUOJELULAKI. L 2014/527. Finlex. Lainsäädäntö. [Viitattu 2015-01-31]. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>