

Melukaide-elementti



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Rakennus ja yhdyskuntatekniikan insinööri (AMK)

Kevät 2022

Tommi Salonen

Tekijä Tommi Salonen
Työn nimi Melukaide-elementti
Ohjaaja Jari Mustonen, HAMK

Vuosi 2022

TIIVISTELMÄ

Suomessa meluntorjunnan tarve lisääntyy koko ajan, kun kaupunkien keskustat tiivistyvät. Tiiveydestä johtuen on koko ajan vähemmän tierakenteille tilaa, kun asukasmäärät kasvavat ja liikennemäärät lisääntyvät. Melukaide toimii täydellisesti pienessä tilassa ja se torjuu hyvin melua. Työssä käsitellään melukaide-elementin asennus alusta loppuun ja käydään läpi muut melusuojaukseen käytettävät menetelmät ja niiden erot melukaiteeseen.

Opinnäytetyön tavoitteena on saada yleismallinen ohje elementeistä tehtyyn melukaiteeseen, asennukseen ja edeltäviin töihin. Työn tarkoituksena on saada yleismallinen ohje yhteen paikkaan tulevaisuuden työnjohtajille ja työntekijöille. Ennen ohjeen lukua tulee lukea valmistajan ja tilaajan mahdolliset ohjeet ja noudattaa niitä ennen tähän työhön luottamista.

Destia rakensi Lahteen ja Hollolaan noin 1500 metriä melukaidetta ja opinnäytetyön tekijä on ollut työnjohtajan lähes joka metrin asennuksessa VT12 LETKE hankkeella. Rakentamisprosessissa käytin infrarylin, väyläviraston ja Ruduksen ohjeita ja sovelsin niitä asennusprosessin aikana. Tavoitteena oli saada tehtyä yleismallinen ohje tulevaisuuden melukaide urakoiden työnjohdolle.

Avainsanat Melukaide, melukaide-elementti, asennustyöt

Sivut 23 sivua

Author Tommi Salonen
Subject Noise railing element
Supervisors Jari Mustonen, HAMK

Year 2022

ABSTRACT

In Finland, the need of noise control is increasing all the time as city centers are condensing. Due to the congestion, there is less and less space for road structures as the population grows and the traffic volumes increase. The noise railing works perfectly in small space and repels noise well. This thesis examines the installation of the noise railing element from start to finish and reviews other ways used for noise protection and their differences in the noise railing.

The aim of the thesis is to create general instructions for the noise railing made of elements, its installation and the work preceding it. The purpose of the work is to make general guide in this place for future supervisors and employees. Before reading these instructions, one should read the manufacturer's and the customer's possible instructions and follow these before relying on this work.

Destia built about 1500 meters of noise railing in Lahti and Hollola, and the author of the thesis has been in the installation of nearly every meter with the VT12 LETKE project. In the construction process, I used the instructions of infraRYL, Vöylävirasto and Rudus and applied them during the installation process. The aim was to create a general guide for the management of future noise railing tasks.

Keywords Noise railing, noise railing element, installation work

Pages 23 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Melukaide	1
2.1	Melukaide-elementti.....	3
2.2	Ruduksen elementti	3
2.3	Muiden valmistajien elementti vaihtoehtoja	4
2.4	Liukuvalettava melukaide.....	4
2.5	Muut melunsuojausmenetelmät	4
2.5.1	Meluvalli.....	4
2.5.2	Meluseinä.....	5
2.6	Olemassaolevat ohjeet.....	6
2.6.1	Rudus	6
2.6.2	Parma	6
2.6.3	RYL	6
2.7	Suunnitelmat	6
3	Melukaide-elementin asennus	7
3.1	Alustavat työt.....	7
3.1.1	Veden ohjaus	7
3.1.2	Tierakenteen maanalaiset putkitukset ja valaistus	8
3.1.3	Melukaiteen alapuolinen kantava kerros	8
3.2	Pohjien teko.....	9
3.2.1	Raakapohja	9
3.2.2	Hienopohja	9
3.3	Elementin asennus.....	11
3.4	Jälkityöt	12
3.4.1	Elementin korjaukset.....	12
3.4.2	Elementin saumojen saumaus	12
3.4.3	Taustapiennar.....	12
3.4.4	Asfaltointi	13
3.4.5	Viimeistely.....	13
3.5	Sillankaide-elementti	14

3.6	Melukaide-elementtien asennus jälkikäteen	14
3.7	Melukaiteen aloitus, lopetus ja siirtymärakenteet.....	15
4	Työturvallisuus.....	16
4.1	Varustus ja vaatimukset	16
4.2	Yleiset turvallisuusseikat	17
4.3	Pohjatöiden työturvallisuus.....	17
4.4	Elementtien nostojen työturvallisuus.....	17
4.5	Elementin asennuksen työturvallisuus	18
4.6	Jälkitöiden työturvallisuus.....	18
4.7	Koneiden tarkistukset	18
4.8	Liikenteen seassa toimiminen	19
5	Laadunvarmistus.....	19
5.1	Tarkkuudet.....	19
5.2	Melukaiteen laatuvaatimukset.....	20
5.3	Melukaide-elementin laatuvaatimukset.....	20
6	Yhteenveto	21
	Lähteet	22

1 Johdanto

Idea opinnäytetyöhön tuli jo 2019 kesällä kun sain johdettavaksi noin 300 metriä melukaiteen pohjien tekoa ja asennusta. Jo tällöin tuli eteen ongelma että monessa paikassa oli vajavaisia ohjeita ja neuvoja miten työ kannattaa ja pitää toteuttaa. Myös monella kokeneemmalla työnjohtajalla oli omat tyyliinsä miten työ tehdään. Tiedon lähteissä oli myös hieman eroja joten tietoja piti tulkita varovaisesti. Päätin testata useaa tyyliä työvaiheitten tekoon. Vuonna 2019 asennutin omana työnä noin 800 metriä melukaidetta ja 2020 noin 700 metriä.

Työn tavoitteena on koota yhteen ohjeet ja oppaat melukaideurakan töiden osalta. Yksi työhön johtaneista syistä oli myös se että tästä aiheesta ei ole ennen tehty opinnäytetyötä vaan sitä on vain sivuttu aikaisemmissa opinnäytetöissä.

2 Melukaide

Melukaide on yleisesti teräsbetoninen ja se korvaa tiekaiteen ja meluvallin tai meluseinän. Melukaidetta käytetään lähinnä tien laidassa, tien keskellä, jalkakäytävän laidassa, sillalla ja suojaamaan tarvittaessa esim. sillan pilaria tai jyrkkää luiskaa. Melukaidetta käytetään, jos pyritään rajoittamaan ajoneuvojen suistumista, rajoittamaan melun leviämistä, rajoittamaan suolaveden leviämistä ja vaarallisten kuljetuksien suistumista pohjavesialueelle. Yleisin syy melukaiteen käyttöön on esimerkiksi melun rajoitus, jonka lisäksi tiealue tai haltuunotto on niin kapea, etteivät muut meluestevaihtoehdot sovi paikalle. Kuvassa 1 on esimerkki melukaiteesta tierakenteessa. (Väylävirasto, 2015 ja 2014)

Melukaiteen mittavaatimukset:

- Melukaide on vähintään 0,8 metriä korkea koska matalimmissa melukaiteissa on riski, että onnettomuus tilanteessa ajoneuvo pääsee kaiteen yli
- Maksimikorkeutta ei ole mutta yli 2m korkeasta kaiteesta tarvitsee perustuksista laajemmat laskelmat
- Melukaiteen sijainti ajoradasta on pientareen leveys + 0,25 metriä, kuitenkin välillä 1–3 metriä ellei näkymä edellytä suurempaa

- Maksimi etäisyys ajoradan reunasta on 5 metriä ja 6 metriä sisäkaarteessa
- Melukaiteen vähimmäispituus on 55m

(InfarRYL, 2021, 32112; Väylävirasto, 2015)

Kuva 1 Esimerkkikuva melukaiteesta (Rudus, n.d.)

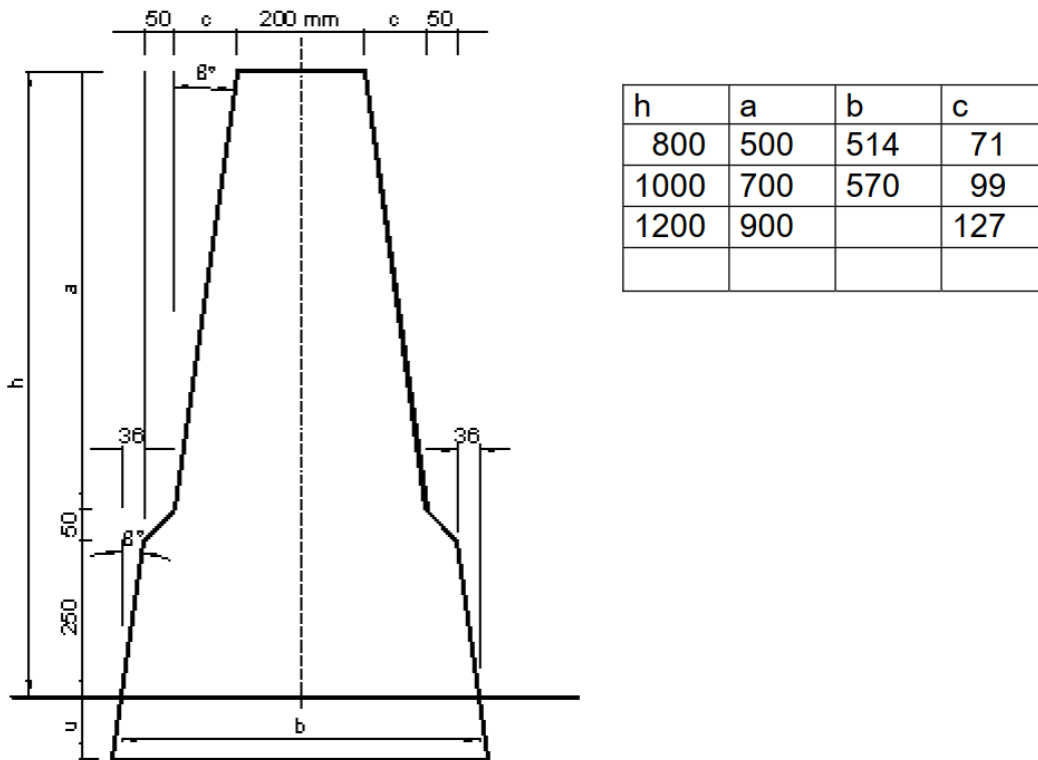


Betonikaiteissa käytettävän betonin lujuusluokkavaatimus on C35/45 ja totetusluokkavaatimus on 2. Sen lisäksi betonin P-luku pitää olla vähintään P50. Betonisen melukaide-elementin törmäyskestävyysluokka täytyy olla vähintään H2 ja auraskestävyysluokka vähintään 4. Suurin haittapuoli melukaiteissa on lumen kinostuminen varsinkin yli 1,2 metriä korkeissa kaiteissa. Kuitenkin hyöty kasvaa meluntorjunnan näkökulmasta mitä korkeammaksi melukaide kasvaa. Melukaide ei ole absorvoiva rakenne vaan sen tehtävänä on heijastaa melua, jota syntyy liikenteestä takaisin tiealueelle. (InfraRYL, 2021, 32112; Väylävirasto, 2013, s. 53, 2014, s. 24, 2021, s. 28)

2.1 Melukaide-elementti

Melukaide-elementeissä yleisin muoto on Step jossa melukaide on kapeneva ylöspäin. Tämän muotoinen rakenne on vakaa ja kestää törmäyksiä hyvin. Elementtien pituudet vaihtelevat 4 metriä pitkistä ja 0,9 metriä korkeista, 8 metriä pitkiin ja 2,1 metriä korkeisiin elementteihin. Melukaide-elementtien painot ovat noin 4000 kg – 12500 kg. Kuvassa 2 on Väyläviraston vanha tyyppikuva step-mallisen melukaiteen poikkileikkauksesta. (Rudus, n.d.; Parma, n.d.)

Kuva 2 Step melukaiteen poikkileikkaus (Väylävirasto, 2014, s. 28)



2.2 Ruduksen elementti

Rudus on Suomen johtava melukaide-elementtien valmistaja. Ruduksen valikoimasta löytyy 8 m pitkistä ja 2,1 m korkeasta elementistä 4 m pitkään ja 0,9 m korkeaan elementtiä. Rudukselta saa myös tunneleihin ja silloille sopivaa melukaide-elementtiä. Rudus käyttää melukaide-elementeissään Step-muotoa (kuva 2). Saatavilla on myös melukaiteeseen personalisoitua muotoilua. (Rudus, n.d.)

2.3 Muiden valmistajien elementti vaihtoehtoja

Parma valmistaa myös Step mallisia melukaide-elementtejä. Heidän valimoimassa on elementtejä 0,8 m metriä 4 metriä pitkistä 1,6 metriä korkeaan ja 8 metriä pitkään. Parmalla on myös tuotannossa sillankaide-elementtejä. (Parma, n.d.)

2.4 Liukuvalettava melukaide

Liukuvalettava melukaide on toteutetaan paikan päällä liukuvalumenetelmällä.

Liukuvalettavaa melukaidetta saa Suomessa 0,8 metrin korkuisesta 1,6 metrin korkuiseen, mutta on koneita, joilla voi tehdä jopa 2 yli metriä korkeita melukaiteita. (Wirtgen, 2019; Kostiander, 2015)

Liukuvalettavan melukaiteen erot melukaide-elementtiin:

- Pohja ei tarvitse olla tehty sentilleen koska liukuvalukoneisto seuraa linjalankaa, josta korko ja suunta tulee koneelle
- Saumoja vähemmän ja hammastus poistuu kokonaan
- Suurempi päivätuotanto
- Koneita liukuvalettavan melukaiteen tekoon Suomessa todella vähän
- Jos kaide vaurioituu niin korjaaminen paljon hankalampaa

(Kostiander, 2015)

2.5 Muut melunsuojausmenetelmät

2.5.1 Meluvalli

Meluvalli on nimensä mukainen maavalli, joka on tehty perusmaasta tien viereen vallin muotoon ja näin imee ja ohjaa ääntä.

Meluvallin erot melukaide-elementtiin

- Yleensä halvempi varsinkin jos maamassat löytyvät työmaalta

- Ulkonäöltä neutraalimpi
- Imee hyvin ääntä varsinkin, jos valli on loiva ja siihen on saatu istutettua puita ja pensaita
- Ei ongelmia lumen kinostumisen takia
- Turvallinen suistumisen kannalta
- Vie paljon tilaa poikkileikkauksesta
- Mitä korkeammaksi meluvalli tehdään, sitä yleisempiä paunumat ja sortumat alkavat olla, koska vallia ei ole yleensä tehty kantavasta materiaalista
- Huoltokustannukset kasvavat kasvillisuuden määrän mukaan

(Väylävirasto, 2019, s. 18, s. 19)

2.5.2 Meluseinä

Meluseinä on seinämäinen ohut meluntorjuntarakenne ja ne ovat yleensä 2–5 metriä korkeita. Meluseiniä on olemassa joko elementtimallisia ja paikalla tehtyjä versioita. Meluseinät on yleisesti tehty joko puusta tai betonista. Meluseiniä käytetään yleensä tasaisissa tien osuuksissa, jossa on loivat luiskat ja tilaa poikkileikkauksessa. Ne sijoitetaan yleensä pienen meluvallin päälle, jotta saadaan seinästä paras hyöty irti. Ne tunnetaan myös nimellä meluaita. (Väylävirasto, 2015, s. 22, s. 23)

Meluseinän erot melukaide-elementtiin

- Vaatii usein perustukset
- Vaatii enemmän tilaa poikkileikkauksesta
- On yleensä korkeampi kuin melukaide koska on kauempana tien reunasta
- Ei ongelmia lumen kinostumisen kannalta
- Turvallinen suistumisen kannalta
- Kustannukset yleensä suuremmat

(Väylävirasto, 2015)

2.6 Olemassaolevat ohjeet

2.6.1 Rudus

Ruduksella on olemassa oma noin 5-sivuinen ohje melukaide-elementin asennukseen. Ruduksen omassa ohjeessa keskitytään lähinnä elementin käsittelyyn, eikä ohjeessa juurikaan oteta kantaa työturvallisuuteen tai nostoturvallisuuteen. Hyvää Ruduksen ohjeessa on kuitenkin, että elementin käsittelyyn on kattavasti tietoa ja pohjan tekoon on hyvä perusohje. Ruduksen ohjeessa on myös monia todella hyviä esimerkkikuvia, joista saa paljon irti. Yksi sivu ohjeesta käsittelee sillankaide-elementin asennusta. Kokonaisuudessa Ruduksen ohje on kelvollinen, koska siinä ei mainita pohjatöistä juuri mitään. (Rudus, n.d.)

2.6.2 Parma

Parman oma asennusohje on Rudusta suppeampi ja se on vain kaksi sivua pitkä. Parman ohjeessa ei käsitellä laisinkaan melukaide-elementin pohjatöitä. Parman ohje on lähinnä melukaide-elementin käsittelyohje. Parmalla on myös oma ohje sillankaide-elementin asennukseen mutta se on suurilta osin sama kuin pengerkaiteen asennusohje. (Parma, n.d.)

2.6.3 RYL

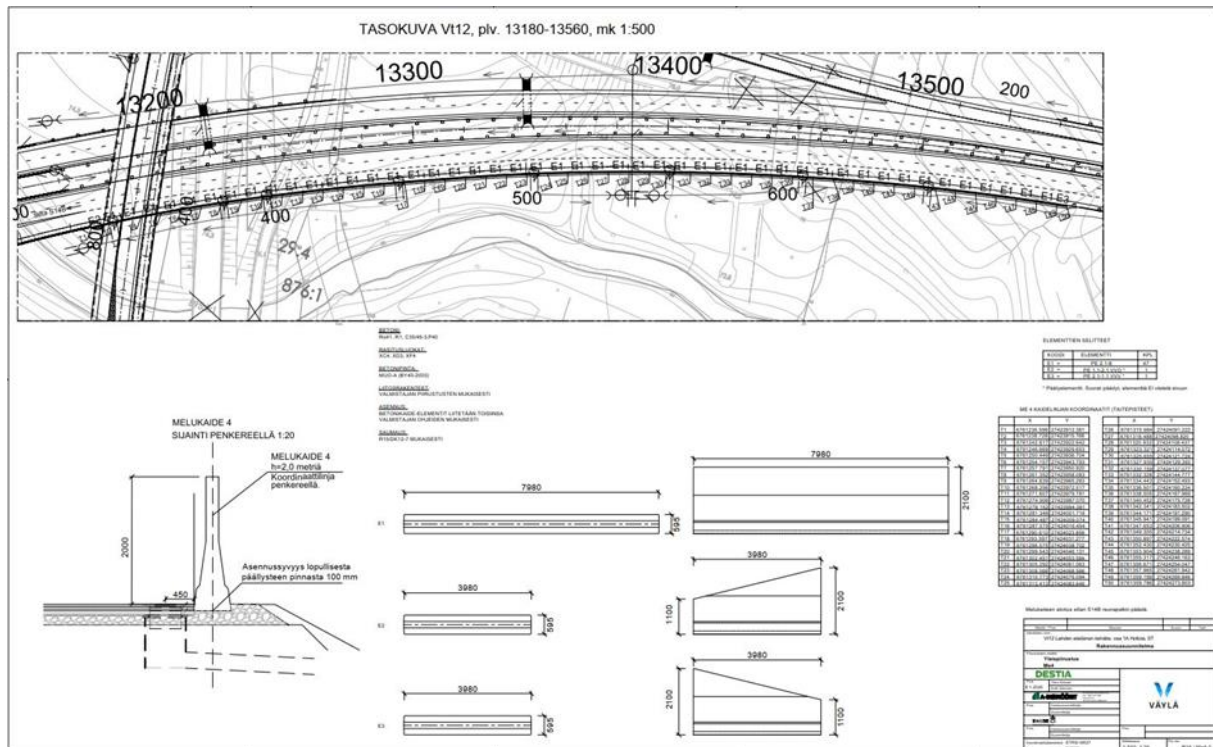
Infaryl:ssä on hyvät ohjeet asennusalustan tekoon mutta RYL:n käyttö on haastavaa, sillä ohjeet löytyvät erillisistä paikoista. Asennuksessa RYL vaatii valmistajia tekemään omat ohjeet asennusvaiheeseen ja on asettanut raamit, miten ohjeet tulee tehdä. Esimerkkinä Ruduksen elementin asennusohje. (Infaryl, 2021, 32112)

2.7 Suunnitelmat

Kuvassa 3 on esimerkki melukaiteen rakennussuunnitelmasta. Suunnitelma on VT12 Letke-hankkeelta ja kuvan melukaide on sijoitettu moottoriliikennetien varteen. Suunnitelmasta saa tietää melukaide-elementin tyyppin ja mitat. Suunnitelmasta saa tietää myös melukaiteen sijainnin tierakenteessa, melukaiteen alapuoliset rakennekerrokset, kuivatuksen periaatteen

ja taitepisteiden kordinaatit. Kuvassa 3 on esimerkkisuunnitelma melukaiteesta VT12 Letke hankkeelta.

Kuva 3 Melukaide-elementtikaiteen suunnitelma VT12 Letke (Destia, 2020)



3 Melukaide-elementin asennus

3.1 Alustavat työt

Melukaiteen urakka alkaa siitä, että on olemassa tarvittavat suunnitelmat ja määrät, kuinka paljon tilataan elementtejä. Suomessa on ollut pitkään tilanne, että teräsbetonielementtejä on vaikea saada nopealla aikataululla, joten elementit kannattaa tilata vähintään kuusi kuukautta ennakkoon. Tässä luvussa käsitellään melukaiteen asentamista uudelle, tie- tai katurakenteelle.

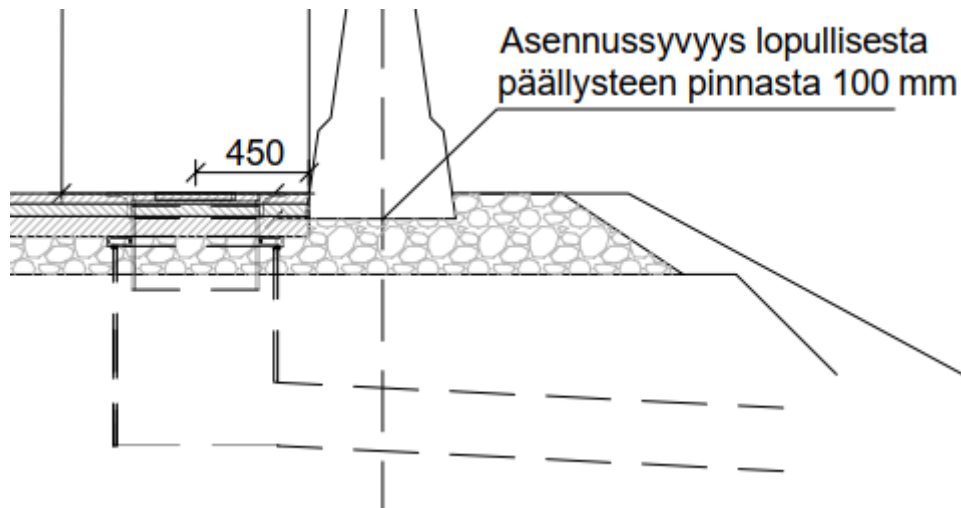
3.1.1 Veden ohjaus

Veden ohjaus täytyy ottaa tarkasti huomioon melukaidetta suunnitellessa.

Vedenohjauksessa tulee ottaa huomioon valuma-alueen koko ja sillä selvittää kuinka tiuhaan

tarvitsee kaivoja asettaa melukaiteen viereen. Jos vedenhjauksessa on ongelmia ja vesi lammikoituu melukaiteen viereen niin se voi alkaa syömään mursketta melukaiteen alta ja vaurioittamaan rakennetta monin tavoin. Kuvassa 4 näkyy tien poikkileikkauksesta osa, josta erottuu hyvin hulevesikaivon toiminta tierakenteessa. Asfaltoinnissa tulee myös ottamaan huomioon, että hulevedet valuvat kaivoon eivätkä jää kaivon ja kaiteen väliin.

Kuva 4 Esimerkki hulevesikaivon sijainnista tierakenteessa (Destia, 2020)



3.1.2 Tierakenteen maanalaiset putkitukset ja valaistus

Putkituksiin ja valaistukseen tehtävät työt pitää tehdä valmiiksi ennen melukaiteen asennusta, koska elementin asennuksen jälkeen sen takana on vaikeampi työskennellä. Jos on mahdollista, tele- ja sähköputkitukset kannattaa sijoittaa tien keskialueelle tai toiselle puolelle tietä. Jos päätetään kuitenkin melukaiteen taakse tehdä putkituksia, niin putkitukset tarvitsee sijoittaa vähintään 1,5 metriä melukaiteesta jottei melukaiteen alusta rasitu mahdollisista kaivuu töistä joita syntyy huollosta. Jos valaistus tehdään melukaiteen taakse, niin valaisinpylväät kannattaa asentaa vasta melukaiteen asennuksen jälkeen, millä saadaan vähemmän rikkoutuvia rakenneosia melukaiteen asennuksen ajaksi. (Infraryl, 2021, 33610 ja 33100)

3.1.3 Melukaiteen alapuolinen kantava kerros

Ennen kantavan kerroksen tekoa täytyy myös levittää jakava kerros, jotta melukaiteen alle ei jää routivaa maa-ainesta. Kantavaa kerrosta tehdessä täytyy ottaa huomioon melukaiteelle

tarvittava levennys pientareelle. Kantava kerros kannattaa tehdä hieman leveämmäksi suunnitellusta jos tien luiska on jyrkkä.

3.2 Pohjien teko

3.2.1 Raakapohja

Raakapohja tehdään kantavaa kerrosta muokkaamalla ja lisäämällä mursketta kuvan 4 mukaisesti. Kantavan teon jälkeen pinnassa on aina sivuittaikaltevuutta ja se pitää nollata, koska melukaiteen alustan pitää olla sivuttaissuunnassa vaakasuorassa. Raakapohjan teko tehdään pyöräalustaisella kaivuukoneella, jossa on 3D-koneohjausjärjestelmä. Tällä tyylillä pohja saadaan maksimissaan 20 millimetriä väärään korkoon ja se on riittävä tarkkuus raakapohjalle. Raakapohjaa tehdessä kannattaa valita mahdollisimman pienellä raekoolla oleva murske, esimerkiksi 0/32. Tällä helpotetaan alustan tasaamista, jos elementti ei asetu ja alustaa joudutaan muokkaamaan. Raakapohjan tulee olla vähintään elementin leveys + tien puolen asennusvara, joka on mieluiten vähintään 10 cm ja takatäyttö 50 cm leveä. Raakapohjan paksuus riippuu täysin asfaltti kerrosten kokonaispaksuudesta ja yleensä se on noin 10 cm. Raakapohja tulisi olla noin 3 cm tavoitepinnan alle. Viimeisenä työvaiheena raakapohja jyrätään tiiviiksi ja korjataan jos on tarvetta. (Infaryl, 2021, 32112)

3.2.2 Hienopohja

Hienopohjan teko on tärkein työvaihe, jotta elementin asennus sujuu nopeasti ja vähällä korjailulla. Hienopohjaa tehdessä ei ole enää kannattavaa käyttää konetyötä viimeisen pinnan saamiseksi koska valmiissa melukaiteessa hammastus saa olla maksimissaan 20 mm asennusvaiheessa ja tähän marginaaliin on mahdoton päästä pitkällä matkalla kaivuukoneella. Hienopohjan tekoon on yhtä paljon tapoja kuin menetelmiä. Itse olen nähnyt noin 5 eri tapaa tehdä pohjaa. Hienopohja kannattaa tehdä tarkasti, koska elementin pohja ei ole ikinä tasainen. Elementin pohjassa on epätasaisuuksia, koska se on valettu ylösalaisin ja epätasainen pinta on maata vasten. Paras keino omasta mielestäni hienopohjan tekoon on se, että KKHp jakaa tasaisesti alustan matkalle asennushiekkaa raekooltaan 0–8 millimetriä. Sen jälkeen mittamies asettaa elementin pituuden välein mittatikut takymetrin avulla oikeaan korkoon. Seuraavaksi asetetaan linjalanka merkkien korkoon, jota pitkin

vatupassilla tehdään käsin pohja. Vatupassilla saadaan seurattua linjalankaa ja samalla nähdään sivuittaikaltevuus. Hienopohjan materiaaliksi en suosittelen kivituhkaa koska elementit ovat todella painavia ja paino tulee pienelle alueelle, jolloin liian hieno aines siirtyy pois elementin alta. Myöskään liian karkea materiaali ei ole hyväksi, sillä pohjaa pääsee vielä asennusvaiheessa muokkaamaan kolan kanssa karkeaa materiaalia on vaikeampi työstää kuin hienoa. Hienopohja tulisi olla noin metrin leveä, jotta työvaraa riittää tien ja luiskan puolelle. Pohja kannattaa jyrätä vielä alle 100 kg maantiivistäjällä tiiviiksi. Ennen elementtien tuloa mittamiehen tulisi merkitä vähintään yksi elementin nurkkapaikka jokaisesta elementistä siitä päästä elementtiä mihin edetään. Kuvassa 5 on esimerkki valmiiden pohjatöiden lopputuloksesta. (Infraryl, 2021, 32112)

Kuva 5 Hienopohja tehty



3.3 Elementin asennus

Ennen elementtien asennuksen alkamista pitää käydä työryhmän kanssa aloituspalaveri, jossa kerrataan mitä tullaan tekemään ja miten. Palaverissa myös käydään läpi elementtien saapumisaikataulu. Elementtien asennukseen tarvitaan ajoneuvonosturi tai kuorma-auto hiab-nosturilla. Nostokaluston koko määrittyy elementtien painon mukaan, esimerkiksi 1,5 metriä korkealle ja 8 metriä pitkälle elementille sopiva ajoneuvonosturin nostokyky on 60 tonnia. Asennusryhmän kooksi sopiva on yksi rakennusmies, yksi rakennusapumies ja yksi alamies. Elementtien asennus alkaa elementtien tarkastamisella, että ne ovat sopimuksen mukaisia ja virheettömiä. Tämän lisäksi elementeistä tulee poistaa mahdolliset betonin roippeet. Melukaide aloitetaan aina kiinteästä päästä, koska jos lopetuspää on kiinteä, esimerkiksi sillan reunapalkki, niin mittavirheet kertaantuvat jokaisen elementin jälkeen, ja silloin viimeinen elementti harvoin sopii paikalleen. (Rudus, n.d.)

Elementit kiinnittyvät toisiinsa metallisilla liitoslevyillä. Liitoslevyt on esiasennettu tehtaalla elementtiin kiinni ja niiden paikkaa voi vaihtaa helposti purkuraudan avulla. Liitoslevy on aina edellisessä elementissä kiinni ja seuraava elementti lasketaan uraa pitkin niin että liitoslevyn paksunnos uppoaa uraan. Yli 1,8 metriä korkeissa elementeissä on kaksi liitoslevyä joista toinen asennetaan uraansa laskemalla elementin yläpuolelta. Kun elementit ovat molemmat sivuittaissuunnassa vaakatasossa, eikä pituuttaissuunnassa ole suurta eroa, liitoslevy menee helposti paikalleen. (Rudus, n.d.)

Kun elementti on laskettu paikalleen, niin elementtiä vedetään pois päin edellisestä elementistä, jolloin välykset poistuvat ja sauman pitäisi olla noin 3 cm. Elementtien saumojen koko vaihtelee suuresti jos ja kun tien kaltevuus tai suunta muuttuu melukaiteen matkalla. Tämän takia 3 cm sauma on ihanteellinen mutta se on mahdoton saavuttaa jokaisessa saumassa molemmille puolille. Saumat eivät saisi ikinä olla kiinni niin että elementtien betoniosat koskevat toisiaan eivätkä myöskään yli 4 cm, koska tällöin on vaarana että lämpötilan vaihtelun takia elementeissä betoni halkeaa tai saumausmassa ei pysy paikallaan. Elementti harvoin asettuu ensimmäisellä kerralla paikoilleen, joten pohjaa täytyy lähes aina muokata. Pohjan tulisi tukea koko alueeltaan elementin pohjaa eikä elementin alla saa olla ilmaa. Pohjan korjaaminen on helpointa asfalttikolien ja lapioiden avulla. Asennuksen aikana elementtejä pitää tarkkailla vatupassilla, niin että

sivuittaissuunnassa elementti on vaakasuorassa ja pituussuunnassa elementtien välillä ei tule suuria eroja. (Rudus, n.d.)

3.4 Jälkityöt

3.4.1 Elementin korjaukset

Raskaita elementtejä asentaessa elementtien nurkat ovat vaarassa saada osumaa ja niitä joutuu usein korjaamaan. Elementtien pinta on muottipintainen, joten paikkausmateriaalin pitää olla myös samanlaatuista. Myös tehtaalla on voinut käydä elementtien muottien kanssa pieniä virheitä, joita tarvitsee korjata.

3.4.2 Elementin saumojen saumaus

Elementit saumataan betonipintojen paikkauksen jälkeen. Saumaus on tärkeä, jotta melukaide on yhtenäinen eikä vuoda melua väleistä. Ennen saumausta sauma puhdistetaan pölystä ja kaikesta muusta irtonaisesta materiaalista. Saumaus aloitetaan solunauhojen asentamisella ja sen jälkeen sivellään tartuntapohjuste. Solunauha toimii saumausmassan tukena ja säätelee oikean paksuuden massalle. Saumausmassan tulee olla elastista ja betoninsävyistä, jotta saadaan yhtenäinen ulkonäkö. Saumausmassa pursotetaan akkukäyttöisellä massapuristimella tasaisesti saumaan. Pursotuksen jälkeen massan epätasaisuudet tasoitetaan lastalla. Massan paksuus tulee olla 5–10 millimetrin sisällä. Elementtien saumat saumataan koko matkalta missä sauma on näkyvässä. Saumat tulee olla yhtenäiset ja tiiviit. Tiukoissa kaarteissa sauman leveys vaihtelee paljon ja pitää välttää tilanteita, joissa elementit ovat kosketuksessa tai sauma on liian leveä. (RT 82-10980, 2009; Infraryl, 2021, 32210)

3.4.3 Taustapiennar

Taustapiennaren tavoitteena on tukea betonikaiteen rakennetta ja varmistaa että rakenteen perusta kestää. Taustapiennaren leveys on 0,5 metriä. Taustapiennar tehdään samasta materiaalista kuin kantava kerros. Taustapiennaren paksuuden määrittää tien

asfalttikerrosten paksuus, ja paksuus on vähintään sama kuin asfalttikerroksien, jotka ovat elementin pohjan yläpuolella.

3.4.4 Asfaltointi

Tierakenteen asfaltointi on hyvä tehdä vasta melukaiteen asennuksen jälkeen koska tällä vältetään turhat saumat asfaltissa. Asfaltoinnissa täytyy ottaa huomioon melukaiteen osalta veden ohjaus tarkasti. Melukaiteen viereen ei saa hulevesi lammikoitua. Asfaltti täytyy jyrätä melukaidetta vasten, jotta melukaiteen ja asfaltin sauma tulisi mahdollisimman tiiviiksi.

3.4.5 Viimeistely

Graffitisuojausta ei ole useimmissa elementeissä tehtaalta tullessa, joten sen hankkiminen melukaiteeseen on kannattavaa. Betonikaiteen taustapuoli on tasainen ja laaja, joten se on todella riskialtis tihutyölle, esimerkiksi graffiteille, ja suojauksella säästetään kustannuksissa pitkällä aikavälillä. Myöskin ajoradan puoleinen puoli on haavoittuva pinta graffiteille. Melukaide-elementtien päällä oleviin nostolenkkien kierteisiin voi hankkia peitetulpat tai betoniset peitelevyt suojaamaan kierteitä ja saamaan siistimpi lopputulos. Peitelevyt kannattaa saumata saumausmassalla, jotta upotukseen ei pääse vesi kertymään. Kuvassa 6 on valmiin melukaiteen saumakohta.

Kuva 6 Viimeistely melukaiteen sauma



3.5 Sillankaide-elementti

Betonikaidetta käytetään silloissa yleensä melusuojauksellisista syistä mutta myös jos vaaditaan parempaa törmäyskestävyyttä. Eroina penkereelle asennetusta melukaide-elementissä sillankaide-elementti asennetaan reunapalkissa oleviin pulttiryhmiin. Pulttiryhmien sijainnit tulee ilmoittaa elementtien toimittajalle ajoissa koska elementissä ei ole juuri lainkaan liikkumisvaraa. Elementit säädetään pulttiryhmien muttereilla oikeaan korkoon ja suoraksi. Saumauksessa tulee ottaa huomioon, että myös elementin ja reunapalkin välinen rako pitää saumata. Sillan päähän, kun sillankaide loppuu ja melukaide jatkuu, penkereellä jää usein melukaiteeseen pieni rako, joka on yli 3 cm leveä ja jota ei ole kannattava saumata saumausmassalla. Tämä rako voidaan täyttää esimerkiksi asfaltilla, jotta melurakenne olisi tiivis. (Väylävirasto, 2012, s. 16, s. 17)

3.6 Melukaide-elementtien asennus jälkikäteen

Melukaiteen asentaminen jo käytössä olevan tien pientareelle tuo uusia huolen aiheita asennusryhmälle. Suurimpia näistä ovat nykyisen tien sujuvana pitäminen, tilan puute ja tiealueen leventäminen. Liikenne on suurin näistä pulmista koska melukaidetta harvemmin asennetaan vähäkulkuiselle tieosuudelle. Elementin asennus vaatii vähintään yhden kaistan sulkemista koska nostokalusto ja elementtien kuljetuskalusto tarvitsevat tilaa. Ennen rakentamisen aloitusta pitää tehdä liikenteenohjaussuunnitelmat, ja miettiä onko kannattavaa tehdä melukaide monessa osassa, niin että kerralla ei ole pitkä osuus yhdellä kaistalla.

Eroina melukaide-elementtien asennuksessa valmiiseen rakenteeseen:

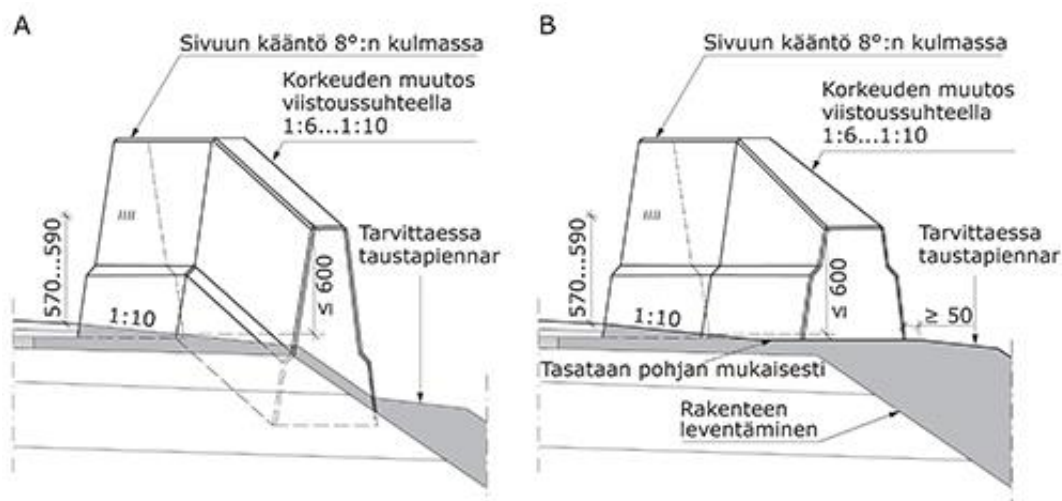
- Kantavaa ja jakavaa kerrosta voi joutua levittämään, että melukaiteen pohjamateriaali on routimatonta
- Vanha asfaltti pitää poistaa melukaiteen alta koska asfaltin päälle on mahdoton asentaa melukaide-elementtiä johtuen elementin pohjasta
- Tiealueen leveänimisestä johtuen voi joutua siirtämään olemassa olevia putkituksia, tien valaistusta ja sivuojaa
- Tiealueen leviämisestä johtuen luiskaa voi joutua leventämään

- Helpotuksia on vain että 0,3 metriä leveä taustapiennar riittää, jos sillä vältetään tien leventäminen

3.7 Melukaiteen aloitus, lopetus ja siirtymärakenteet

Melukaiteen rakentaminen alkaa tai loppuu yleensä siltaan tai johonkin muuhun kiinteään objektiin. Kun melukaide alkaa penkereellä sen aloitus on viistetty alaspäin pituussuunnassa ja viistetty sivuun poikittaissuunnassa. Kuvan 7A vaihtoehtoa käytetään, kun rakennetaan uutta melukaidetta penkereelle ja B vaihtoehtoa jälkeinpäin asennuksissa. Kuvassa 7A ensimmäinen elementti on upotettu osittain maan alle.

Kuva 7 Melukaiteen aloituksen yleisimmät tavat penkereellä (Infraryl, 2021, 32112)



Melukaide alkaa tai loppuu alle 0,6 m korkeudella ja nousee ensimmäisen 4 metrin matkalla täyteen korkoon. Tarvittaessa korkeutta voidaan jatkaa myös pidemmällä matkalla jos viistosuhteesta tulee liian jyrkkä 4m matkalla. Melukaiteessa ensimmäiset 8 metriä on käännetty sivuun tiealueesta 8°:n kulmassa. Sivuun käännöllä ja viisteellä estetään, jos ajoneuvo on törmäämässä melukaiteen aloitukseen, että se ei osu tylppään päähän. (Infraryl, 2021, 32112)

Kuvan 7 aloitus- ja lopetustavoissa betonikaide jatkuu teräskaiteella, joka liittyy viistosti melukaiteeseen kiinni. Teräskaiteessa on lyhennetty tolppaväli ensimmäisen 25 metrin ajan riippuen tien nopeusluokasta. Yksikaistaisilla tieosuuksilla betonikaiteen lopetuksessa sivuun käänntöä ei tarvitse toteuttaa. Tapauksissa, joissa betonikaide liittyy esimerkiksi tunnelin

betoniseinään ennen liitosta melukaiteen korkeutta kasvatetaan 1:6-1:10 suhteella betoniseinän korkeuteen. Melukaiteen liittämässä toiseen betonirakenteeseen molempien rakenteiden alaosat pitää olla muotoiluiltaan vastaavia. Kun melukaide liittyy siltaan niin pitää muistaa, että melukaidetta ei saa laittaa kiinni reunapalkkiin vaan pitää jättää liikuntasaumaa riittävästi. Tämän johdosta, jos melukaide jatkuu myös sillalla niin liikuntasauaman aukon tukkimiseksi pitää tehdä esimerkiksi teräksestä taustalevy. (Infraryl, 2021, 32112)

4 Työturvallisuus

4.1 Varustus ja vaatimukset

Melukaiteen asennuksissa olevilla työntekijöillä tulee olla tarvittavat perehdytykset kyseiseen työmaahan, yritykseen ja tehtävään. Pakollisia koulutuksia tienrakennustyömailla ovat työturvallisuuskortti sekä tieturva 1. Työnjohdolla tulee näiden lisäksi olla myös tieturva 2-koulutus. On myös olemassa kaupunkeja, joissa tarvitaan omat koulutuksensa, esimerkiksi Tampereen katuturvakoulutukset. Koneiden käyttäjillä tulee olla tarvittavat pätevyudet.

Työntekijöillä ja työnjohdolla tulee olla vähintään 2. suojausluokan varoitusvaatetus mutta on suositeltavaa, että kaikilla on 3-luokan varoitusvaatetus koska se vaaditaan kaikkeen liikenteenohjaukseen ja se lisää näkyvyyttä työmaalla. Kaikilla työmaalla olevilla henkilöillä tulee olla suojakypärät, joissa on leukaremmi. Turvajalkineet kuuluvat myös jokaisen työmaalla olevan varustukseen ja niiden olisi hyvä olla korkeavartiset ympäri vuoden, koska näin saadaan ennalta ehkäistyä nilkan nyrjähdys. Suojalasit ja esillä oleva henkilötunniste kuuluvat myös jokaisen työmaalla asioivan varustukseen. Pakollisten varusteiden lisäksi hienopohjan tekovaiheessa kannattaa käyttää polvisuojaimia, sillä töissä joutuu olemaan pidemmän aikaan polviasennossa. Myös viiltosuojahanskoja, kuulosuojaimia ja turvavaljaita suositellaan käytettäväksi tarpeen mukaan. (Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta, 2009 § 71; Väylävirasto, 2015, s. 14-17)

4.2 Yleiset turvallisuusseikat

Työkohde tulee olla siistinä koko työvaiheen ajan ja pitää välttää turhien rakennustarvikkeiden säilömistä kohteessa. Työkohteessa tulee olla kaikkien työvaiheiden ajan riittävä valaistus. Sallittuja enimmäiskuormia ei ylitetä. Työkohde pitää olla rajattuna sulkupylväillä tai aidoilla koko työn ajan. Työkohteesta tulee poistaa ylimääräiset työntekijät, etteivät he häiritse muiden työntekoa.

4.3 Pohjatöiden työturvallisuus

Pohjatöitä tehdessä työturvallisuudessa nousee esiin konemiesten ja perämiesten kommunikoinnin tärkeys. Kaivinkoneen kuljettajalla ja perämiehellä tulee olla koko työvaiheen ajan kommunikointi kunnossa ja tieto toisistaan mitä toinen tekee ja tulee tekemään. Tällä vältetään suurin osa vaaratilanteista pohjatöissä. Kun tehdään pohjatöitä niin työt sijoittuvat tierakenteen laitaan ja työmaaliikenne pääsee kulkemaan ohitse mutta työalue on hyvä rajata esimerkiksi sulkupylväillä. Näin vältetään, ettei kukaan mene vahingossa ajamaan työkoneilla pohjien yli ja, samalla suojataan työaluetta. Jos pohjia tehdään jyrkän luiskan vieressä, luiskan reuna tulee merkitä aidoin. Hienopohjaa tehdessä rakennusmies on paljon polviasennossa vatupassin kanssa ja tässä tulisi kiinnittää huomiota ergonomiaan ja taukojen määrään, millä vältetään työrasituksia.

4.4 Elementtien nostojen työturvallisuus

Melukaiteen rakennustyön aikana suurimmat riskit työturvallisuuden kannalta ovat nostotyöt.

Nostotöiden työturvallisuuden varmistamiseksi tehtävät toimenpiteet:

- Nostolaitteiston tarkistaminen ja pystytyspöytäkirja
- Nostokaluston maapohjan ja tukijalkojen alustan varmistaminen
- Nostovälineiden tarkastus, niiden tunnistetietojen tarkastus ja apuvälineiden nostokapasiteetin riittävyyden tarkastus
- Elementtien tarkastus ja elementtien nostopisteiden tarkastus

- Nostoalueen tarkistus ja rajaaminen
- Nostoköyden käyttäminen elementtien liikkeen minimoimiseksi

Vähintään yhdellä rakennusmiehellä tulee olla alamiehen koulutus ja vain hän kommunikoi nosturin kuljettajan kanssa. Elementtien välivarastointia tulee välttää ja pyrkiä asentamaan elementit paikalleen suoraan kuormasta. Jos kuitenkin välivarastoinnille tulee tarve se tulee toteuttaa tasaisella alustalla niin että betoni ei koske maahan. (Betoniteollisuus, 2010)

4.5 Elementin asennuksen työturvallisuus

Asennuksen aikana suurin riski on jäädä elementin ja jonkun muun kiinteän objektin väliin puristuksiin. On varmistettava, etteivät asennusmiehet ole elementtien välissä, kun elementin paino on vielä nosturilla. Kun elementin pohjaa aletaan korjaamaan se pitää tehdä kolien tai muiden työkalujen avulla eikä elementin pohjaa saa korjata käsillä tai jaloilla missään tilanteessa.

4.6 Jälkitöiden työturvallisuus

Saumaustöissä ja elementin betonipinnan korjauksissa tulee käyttää henkilökohtaisia suojaimia niin, että betoni tai saumausmassa ei koske ihoon. Näissä työvaiheissa voi myös tulla turhia riskejä, jos betonielementti on korkea ja tarvitsee käyttää työtasoja tai tikapuita. (RT 82-10980, 2015, s. 13-14)

4.7 Koneiden tarkistukset

Nostolaitteiston saapuessa työmaalle tehdään vastaanottotarkastus ja työvuoron alkaessa nosturin käyttäjä tekee käyttöönottotarkastuksen. Nostolaitteistossa tulee olla tarvittavat turvakytkimet, jarrut, varolaitteet ja muut nostoapulaitteet ja ne pitää tarkistaa vähintään kerran viikossa. Tämän lisäksi kaikki työvaiheeseen liittyvät koneet tulee tarkistaa aina ennen käyttöä, ettei tapahdu turhia öljyvuootoja, esimerkiksi hydraulikkaöljyä. (Betoniteollisuus, 2010)

4.8 Liikenteen seassa toimiminen

Jos melukaidetta rakennetaan jo liikennekäytössä olevalle tiealueelle niin työturvallisuuden suhteen tulee paljon uusia riskitekijöitä. Ennen työn aloitusta täytyy olla hyväksytyt liikenteenohjaussuunnitelmat. Työalue tulee rajata kiintein estein. Tämän lisäksi pitää olla tarvittavat liikenteenohjaustuotteet. Jos työalueen takia tarvitsee sulkea kaksikaistaiselta ja kaksisuuntaiselta tieltä toinen kaista, niin melukaide kannattaa tehdä osissa, ettei suljetusta osuudesta tule turhan pitkää liikenteen kannalta.

5 Laadunvarmistus

5.1 Tarkkuudet

Melukaiteen korkeussijainti mitataan laesta ja sivuttaissijainti tienpinnan ja kaiteen leikkauskohdasta. Suunnitelman asiakirjoista saa selville toteutettavat mittaustavat, -pisteet, -tiheyden. Mittaukset tehdään kuitenkin vähintään 20 metrin välein ja alle 50 m kaiteessa vähintään kolmesta pisteestä. Tilaaja tai rakennuttaja on voinut myös tiukentaa tarkkuuksia, joten ne kannattaa tarkistaa. Hammastuksessa kannattaa asennusvaiheessa pitää asentajilla tiukempaa linjaa kuin ± 20 mm, koska on aina mahdollista että elementit elävät asfaltoinnin ja takatäytön yhteydessä. (Infraryl, 2021, 32112)

- Sivuttaissijainnissa teoreettisesta sijainnista ± 50 mm
- Hammastus kaikissa suunnissa melukaide-elementtien välillä ± 20 mm
- Pituussuuntainen sijainti ei saa alittaa teoreettista mitta
- Melukaiteen korkeussijainnin keskiarvo ei saa alittaa teoreettista korkoa eikä yksikään mittaustulos saa olla yli 40 mm alle teoreettisen koron
- Päällysteestä elementin seuraavaan syvennykseen mitta tulee olla 230–290 mm eikä peräkkäisten mittaustulosten erotus saa olla yli 20mm poisluettuna hulevesikaivojen kohdat

(Infraryl, 2021, 32112; Väylävirasto, 2014, s. 28)

5.2 Melukaiteen laatuvaatimukset

Melukaiteessa ei saa olla painumaa, joka vaikuttaa meluntorjuntaan tai esteettisiin vaurioihin. Jos painuman johdosta koko tiealue painuu niin melukaiteen painuma saa olla sama kuin tiealueen. Melukaidetta asennettaessa tulee huomioida, ettei tee liian jyrkkiä korjauksia sivuttais-, korkeus, tai kaltevuussuunnassa koska tämä johtaa yleensä aaltoiluun jossa jokaista elementtiä tarvitsee korjata enemmän. Aaltoilu ei ole myöskään esteettisesti hyväksi melukaiteen ulkonäölle. (Infaryl, 2021, 32112)

5.3 Melukaide-elementin laatuvaatimukset

Melukaide-elementeissä tulee olla tarvittavat CE-merkinnät ja myös betonin laatu osoitetaan näillä merkinnöillä. Kuvassa 8 on valmiin melukaiteen sivuprofiili. Melukaide-elementtien betonipinnan pitää olla MUO-AA tasoa, joka tarkoittaa ettei elementin betonipinnassa saa olla lähes mitään virheitä. MUO-AA luokitus vaikeuttaa betonin paikkauksien tekoa joten niiden kanssa pitää olla todella tarkkana ja ne täytyy tehdä huolellisesti. (Infaryl, 2021, 32112)

Kuva 8 Valmis Melukaide



6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia yhtenäinen kokonaisuus melukaide-elementin asennusurakkaan alusta loppuun. Työssä on käyty läpi muut mahdolliset melunsuojausmenetelmät ja käyty läpi kaikki mahdolliset työvaiheet urakkaan liittyen. Opinnäytetyötä voivat käyttää tulevat työnjohtajat ja työntekijät jotka ovat aloittamassa urakkaa tai pohtivat uusia menetelmiä parantamaan tehokkuutta.

Tällä hetkellä Suomessa on valmistuksessa vain STEP-mallisia melukaide-elementtejä ja tämä työ kattaa vain näitä elementtejä. Tulevaisuudessa tulee todennäköisesti uusia melukaidemalleja ja niihin tämä työ ei päde suoraan ohjeena. Ennen tähän työhön luottamista tulee varmistaa että tilaajan vaatimukset ja rakennuttajan vaatimukset ovat samanlaiset kuin tässä työssä esitetyt.

Aihe oli kiinnostava koko matkan ajan, koska aina voi keksiä pieniä parannuksia työtehokkuuteen ja kustannustehokkuuteen ja näin myös kävi monesti. Työhön asetetut tavoitteet täyttyivät ja kaikkia saatavilla olevia lähteitä yhdisteltiin, jotta saatiin yhtenäinen kokonaisuus. Opin opinnäytetyötä kirjoittaessa olemaan kriittinen lähteiden suhteen ja käyttämään omaa kokemuspohjaani hyvin hyödyksi prosessissa.

Lähteet

Väylävirasto, 2014, *Tiekaiteiden suunnittelu*

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-16_tiekaiteiden_suunnittelu_web.pdf

Väylävirasto, 2015, *Tien melusteiden suunnittelu*

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_21_2015_tien_melusteiden_suunnittelu_010715_web.pdf

Kostiander Kristian, 2015, *Liukuvalettujen reunakivien ja kaiteiden tulevaisuus* [opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu]

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/99923/Liukuvalettujen+reunakivien+ja+kaiteiden+tulevaisuus.pdf;jsessionid=71CFB8008D0532ECBDD10EFB6BAE775C?sequence=1>

Wirtgen, 2019, *Slipform Pavers*

https://www.wirtgengroup.com/binary/full/o4562v77_W_brochure_SP61_SP64i_World_0419_V1_EN.pdf

InfraRYL 32212 Betonikaiteet (2021/1)

https://ryl-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/ryl/InfraRYL/2021_1/32112.html#TL32114id1727403

Rodus, (n.d.), *Step betonikaiteen asennusohje PDF*

<https://www.rodus.fi/ohjeet/infraelementtien-ohjeet/step-betonikaiteen-asennusohjeet>

Parma, 2017, *Pengerkaide-elementtien asennusohje PDF*

<https://parma.fi/tuote/tormays-ja-melukaiteet/>

Väylävirasto, 2012, *Siltojen kaiteet*

https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2012-25_siltojen_kaiteet_web.pdf

Väylävirasto, 2013, *Tien poikkileikkauksen suunnittelu*

https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-29_tien_poikkileikkauksen_web.pdf

Väylävirasto, 2021, *Tiekaiteiden suunnittelu (Koekäytössä)*

https://julkaisut.vayla.fi/pdf11/vo_2021-32k_tiekaiteiden_suunnittelu_web.pdf

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta, 205/2009

<https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20090205#Lidm45237816738976>

Väylävirasto, 2015, *Liikenne tietyömaalla- Yleiset käytännöt ja turvallisuusvaatimukset*

https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2015-02_liikenne_tietyomaalla_web.pdf

Betoniteollisuus Oy, 2010, *Betonielementtien turvallinen asennus*

<https://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23634/Betonielementtien%20turvallinen%20asennus.pdf>

Rakennustieto, 2015, *Ratu 0432 Saumaus*

<https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/18162#page=1>

InfraRYL 33610 Ulkovalaistuksen maakaapelirakenteet (2021/1)

https://ryl-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/ryl/InfraRYL/2021_1/33610.html#RYL-pala-04070ed7249247688f60c4196997dbeb

Infraryl 33110 Maakaapelit (2021/1)

https://ryl-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/ryl/InfraRYL/2021_1/33110.html#TL33110id17796051

RT 82-10980 (2009). *Kiviaineisten Elementtijulkisivujen saumat*. Rakennustieto Oy.

<https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/kortit/RT%2082-10980?page=1>

Rudus, (n.d.), *tuotesivu melukaide-elementeille*

<https://www.rudus.fi/tuotteet/infraelementit/tie-ja-sillankaiteet/1663/step-betonikaide-pe-4->