



Tohlopinrannan ratameluseinän suunnittelu

Jussi Huuhanmäki

OPINNÄYTETYÖ
Joulukuu 2023

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka
Infrarakentaminen

HUUHANMÄKI, JUSSI:
Tohlopinrannan ratameluseinän suunnittelu

Opinnäytetyö 48 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Joulukuu 2023

Tässä toiminnallisessa opinnäytetyössä tehtiin toimeksiantona rata-alueelle rakennettavan meluseinän rakennesuunnitelmat. Rakennesuunnittelutyön toimeksiantajana toimi insinööri- ja suunnittelutoimisto Afry Finland Oy, ja kaikki suunnittelu ja siihen liittyvät työt toteutettiin yrityksen tiloissa Tampereella. Työn tilasi Tampereen kaupunki. Rakennesuunnittelutyö sisälsi meluseinärakenteen mallintamisen ja mitoittamisen lähtötietojen ja suunnitteluperusteiden perusteella. Suunnittelutyössä hyödynnettiin rakennusalan mallinnus- ja mitoitusohjelmia.

Suunnittelutyön tuloksena laadittiin meluseinärakenteen yksityiskohtaiset rakennesuunnitelmat, joiden perusteella hanke voidaan toteuttaa. Suunnittelutyö toteutettiin voimassa olevien standardien ja suunnitteluohjeiden mukaisesti. Rakennesuunnitelmat sisältävät kaikki toteutusvaiheessa tarvittavat rakennustekniset piirustukset, mitoituslaskelmat, selostukset ja dokumentit. Lisäksi rakenteesta laskettiin myös alustava kustannusarvio IHKU-laskentaohjelmalla meluseinien toteutuneita kustannuksia hyödyntäen.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään vaiheittain meluseinän rakennesuunnittelu-prosessi. Suunnittelussa pyrittiin löytämään rakenteelle kustannustehokas ja rakenteeltaan sekä asennettavuudeltaan yksinkertainen, mutta toimiva ratkaisu. Tämän työ antaa selkeän kuvauksen meluseinän suunnitteluprosessin kulusta. Näistä työssä laadituista rakennesuunnitelmista hyötyvät rakennushankkeeseen kuuluvat osapuolet, kuten tilaaja, toimeksiantaja ja rakennusurakoitsija. Lisäksi työ hyödyttää jatkossa vastaavan rakenteen suunnittelun parissa toimivia osapuolia. Suunnittelussa otettiin huomioon meluseinän mukautuminen alueen kehitykseen tulevaisuudessa. Meluseinän rakenne mahdollistaa sen uudelleen sijoittamisen ja korkeuden kasvattamisen tarvittaessa.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Civil Engineering

HUUHANMÄKI, JUSSI:
Design of the Railway Noise Wall in Tohlopinranta

Bachelor's thesis 48 pages, appendices 7 pages
December 2023

The objective of this functional thesis was to make the construction plans for the railway noise wall. The structural design work was commissioned by the design office Afry Finland Oy, and the design work was carried out at the company's premises in Tampere. The work was commissioned by the City of Tampere. The structural design work included modelling and dimensioning the noise wall structure based on initial data and design bases. Modelling and dimensioning programmes for the construction industry were utilised in the design work.

The result of the design work was a detailed and feasible structural noise wall structure plans. The design work was carried out in accordance with current standards and design guidelines. The structural plans include all the structural drawings and dimensioning calculations required in the implementation phase. In addition, a preliminary cost estimate of the structure was calculated using the IHKU calculation software utilizing the past realizations costs of noise walls.

In this thesis, the structural design process of the noise wall was reviewed step by step. The aim of the design was to find a cost-effective solution for the structure that was simple in terms of structure and installation, but also functional. This work is intended to give a clear description of the course of the noise wall design process. These construction plans benefit the client, the employer and the contractor. In addition, the work will benefit the design of a similar structure in the future. The design took into account the adaptation of the noise wall to the future development of the area. The design of the noise wall allows it to be repositioned and increased in height if necessary.

Key words: noise wall, structural designing, railway

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	LÄHTÖTIEDOT	7
	2.1 Melu ja meluntorjunta	7
	2.2 Kohteen kuvaus	8
	2.3 Meluselvitys	9
	2.4 Pohjatutkimukset ja perustukset	11
3	SUUNNITTELUPERUSTEET	12
	3.1 Standardit ja ohjeet	12
	3.2 Yleiset vaatimukset	13
	3.3 Taipumat ja kokonaissiirtymä	16
	3.4 Kuormat	17
	3.5 Murto- ja käyttörajatila tarkastelu	21
	3.6 Kuormitusyhdistely	22
	3.7 Sähköturvallisuus ja maadoittaminen	22
4	SUUNNITTELU JA MITOITUS	23
	4.1 Meluseinän rakenne	23
	4.2 Mitoituskuormat	26
	4.2.1 Pysyvät kuormat	26
	4.2.2 Muuttuvat kuormat	27
	4.3 Mitoitustarkastelu	28
	4.3.1 Käyttöikä	28
	4.3.2 Rajatilatarkastelu	29
	4.4 Tietomalli	34
	4.5 Maadoitussuunnitelma	36
	4.6 Kustannusarvio	36
	4.7 Hiilijalanjälki	37
5	POHDINTA	38
	LÄHTEET	40
	LIITTEET	42
	Liite 1. Yleispiirustus	42
	Liite 2. Yleispiirustus	43
	Liite 3. Yleispiirustus	44
	Liite 4. Asennuspiirustus	45
	Liite 5. Maadoitussuunnitelma	46
	Liite 6. Kustannusarvio	47
	Liite 7. Päästölaskenta	48

1 JOHDANTO

Melusaasteen määrä lisääntyy jatkuvasti, varsinkin kaupunkialueilla. Keskeisimmät tekijät melun lisääntymiselle kaupunkialueella on väestön kaupungistuminen ja siitä aiheutuvat liikennemäärien lisääntyminen sekä tiivimmin rakennettu ympäristö. Tämän seurauksena lisääntyy myös meluntorjunnan tarve ja sen merkitys ympäristölle korostuu.

Tampereen Tohlopinrannan alueelle on kaavoitettu uusi asuinalue. Alueen vieressä kulkevan junaradan on meluselvitykseen perustuen todettu aiheuttavan alueelle meluhaittaa ja toimenpiteenä junaradan melu tulee torjua melusteellä. Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa uuden asuinalueen meluntorjuntaan tarkoitettujen meluseinärakenteiden rakennesuunnitelmat. Meluselvitys kuuluu toimeksiannon lähtötietoihin ja se esitellään tarkemmin luvussa 2.3.1

Rakennesuunnittelutyön toimeksiantaja on AFRY Finland Oy, joka on osa globaalisti toimivaa suunnittelu- ja konsultointialan yritystä AFRY AB:ta. Yritys työllistää maailmanlaajuisesti noin 19000 henkilöä joista 3000 työskentelee Suomessa (AFRY Finland Oy nd.) Suunnittelutyö on tehty yrityksen rakennetun ympäristön, sillat ja taitorakenteet osastolla Tampereen toimitiloissa ja työ on tehty yhteistyönä geosuunnitteluosaston kanssa. Suunnittelutyön tilaaja on Tampereen kaupunki, joka on toimittanut kohteen suunnitteluun tarvittavat lähtötiedot.

Rakennesuunnittelun toimeksianto sisältää meluseinärakenteen sijoittelun rata-geometriaan nähden, yleis- ja konepajapiirustukset detaljeineen, rakennelaskelmat, työselostuksen, maadoitussuunnitelman sekä alustavan kustannusarvion. Suunnittelutyö toteutettiin lähtöaineistojen ja suunnitteluperusteiden pohjalta.

Opinnäytetyössä käydään vaiheittain läpi suunnittelutyön etenemistä. Ensimmäiseksi käydään läpi suunnittelun lähtötietoja ja lähtötietoaineistoa, jonka pohjalta suunnittelua lähdettiin toteuttamaan. Suunnitteluperusteissa on esitetty suunnittelua ohjaavat standardit ja ohjejulkaisut, jotka määrittelevät suunnittelutyölle reunaehdot, joiden puitteissa suunnittelutyö tulee toteuttaa. Seuraavaksi

käydään läpi varsinaisen suunnittelutyön kulkua sekä työn tuloksia ja millä perusteella tuloksiin on päädytty. Pohdinta-luvussa käsitellään lopuksi suunnitteluprosessin kokonaisuutta sekä analysoidaan miten työ sujui, ja mitä voisi mahdollisesti kehittää.

2 LÄHTÖTIEDOT

2.1 Melu ja meluntorjunta

Melusta puhuttaessa tarkoitetaan ihmiselle epämiellyttävää tai häiritsevää ääntä, joka voimakkaana voi olla myös haitallista terveydelle. Tieliikenteen sekä rautatieliikenteen aiheuttamat meluhaitat ovat merkittäviä meluhaitan lähteitä, ja väestön kaupungistuessa liikenteen meluhaitat vain korostuvat. (Väylävirasto 2023a.)

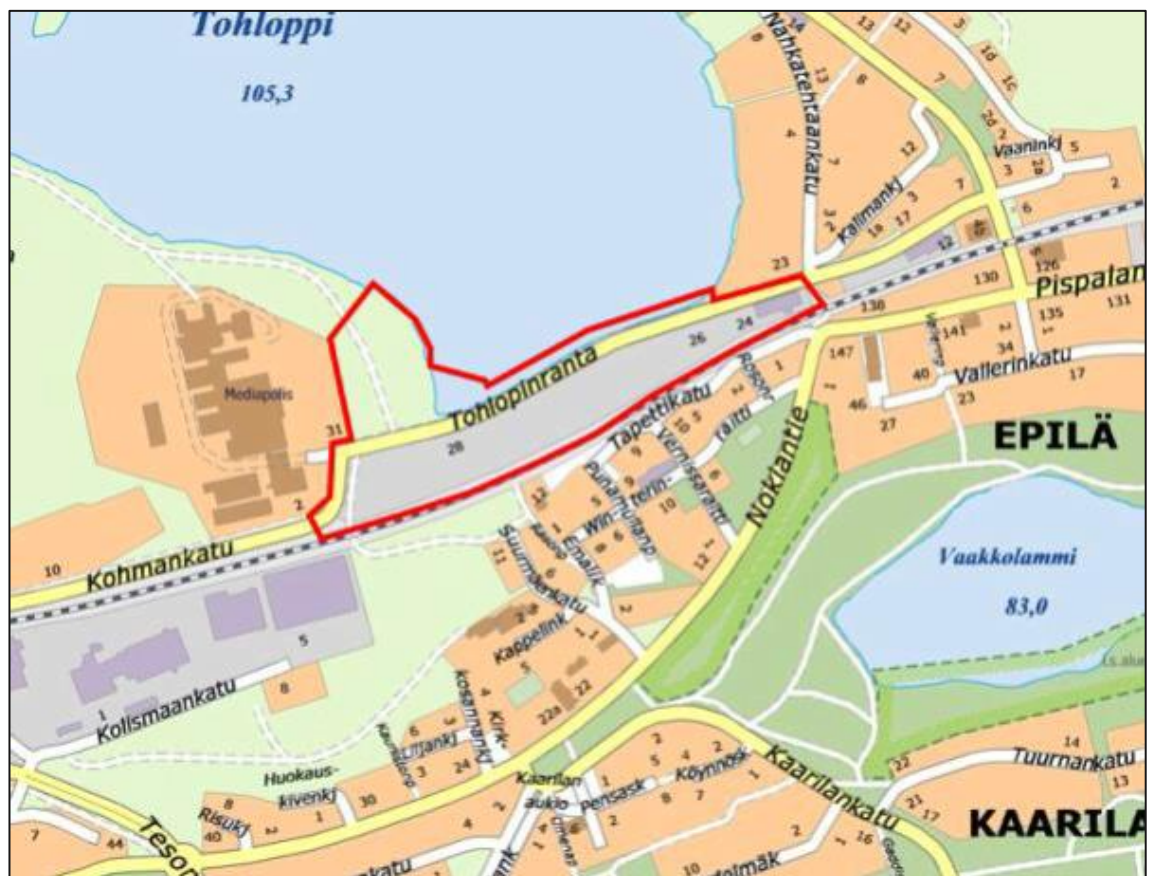
Meluntorjuntaa ohjaa meluntorjuntalainsäädäntö, joka määrittelee keskeiset tavoitteet ja toimet meluntorjumiseksi ja ehkäisemiseksi. Meluntorjuntalainsäädännöstä löytyy myös melun keskiäänitason raja-arvot, joiden ylittyessä melua tulee torjua. Melun voimakkuutta kuvataan yksiköllä dB. (Ympäristönsuojelulaki 2014.) Melun keskiäänitasojen raja-arvot määräytyvät vuorokaudenajan ja alueen mukaisesti. Päiväsaikaan kello 7–22 välillä keskiäänitaso ei saa ylittää asuinalueen pihamailla 55dB, sisätiloissa 35dB, toimistosisätiloissa 45dB tai taajaman ulkopuolisilla loma- ja virkistysalueiden pihamailla 45dB. Yöaikaan kello 22–7 välillä keskiäänitason raja-arvo on alhaisempi. Yöllä keskiäänitaso ei saa ylittää vanhojen asuinalueiden pihamailla 50dB, uusilla asuinalueiden pihamailla 40dB, sisätiloissa 30dB tai taajaman ulkopuolisilla loma- ja virkistysalueiden pihamailla 40dB. (Väylävirasto 2023a.)

Melun torjuntaan on olemassa useita keinoja. Yleisin tapa torjua melua on estää melun kulkeminen tai muuttaa sen suuntaa. Yleisimmin käytetyt meluntorjuntarakenteet ovat meluseinät, melukaiteet ja meluvallit. (Väylävirasto 2023a.) Meluenteen valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa, paljonko ääntä tulee vaimentaa, paljonko tilaa on käytettävissä sekä arkkitehtuuriset syyt. Tässä opinäytetyössä keskitytään meluseinän rakenteeseen ja mitoitukseen. Meluseinä on yleisesti käytössä oleva meluntorjuntakeino sen vähäisen tilantarpeen vuoksi. Meluseinän paksuus ei juurikaan vaikuta sen meluntorjuntaominaisuuksiin, joten se soveltuu hyvin tiiviisti rakennettuihin ympäristöihin. Meluseinät ovat materiaailtaan yleisesti terästä, puuta, lasia tai näiden yhdistelmiä. Perustuksina toimii yleensä paalut, joiden yläpäähän eli maanpäälliselle näkyvälle osalle liitetään pi-

lari. Paalut ja pilarit toimivat rakenteen kantavana runkona. Varsinainen seinärakenne asennetaan pilareiden väliin. Korkeudeltaan meluseinät ovat yleensä kaksi metriä tai enemmän.

2.2 Kohteen kuvaus

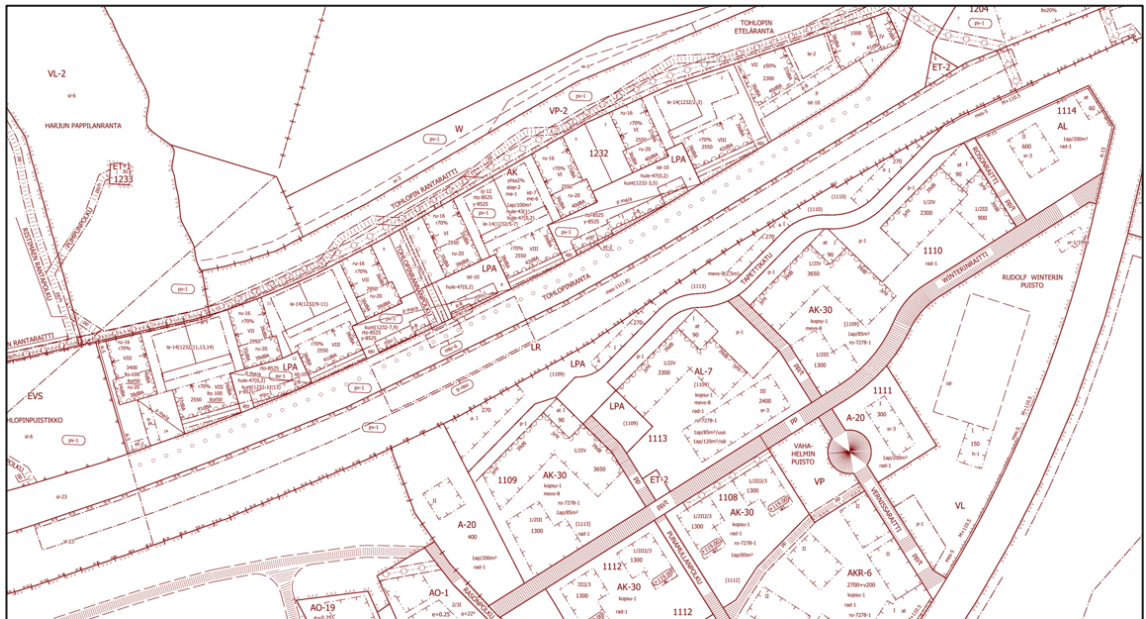
Suunnittelunkohde sijaitsee Tampereella, Epilän alueella. Alue sijoittuu Tohlopinjärven eteläpuolen ja junaradan väliin. Alueelle on suunnitteilla uusi asuinalue junaradan läheisyyteen, minkä takia meluntorjunnan tarvetta on selvitetty. Suunnittelukohteen sijainti on rajattu kartalle (kuva 1).



KUVA 1. Suunnittelualue (Hosiokangas 2022)

Alueelle on laadittu asemakaava (kuva 2), joka ohjaa alueen rakentamista. Asemakaavaan on määritetty esimerkiksi tulevien asuntojen sijoittelu ja niihin kohdistuvan melun maksimivoimakkuus (dB), alueen muuttuvat liikennejärjestelyt, junaradan sijainti sekä alue, jolle tämän työn suunnittelukohteena oleva meluseinä

tulee sijoittaa. Meluseinän pituus määriteltiin asemakaavaan sille merkatun alueen mukaan. Alue on rajattu kaavaan pistekatkoviivalla. Alue on merkitty tunnuk-
sella *mes-11(1,8)*.

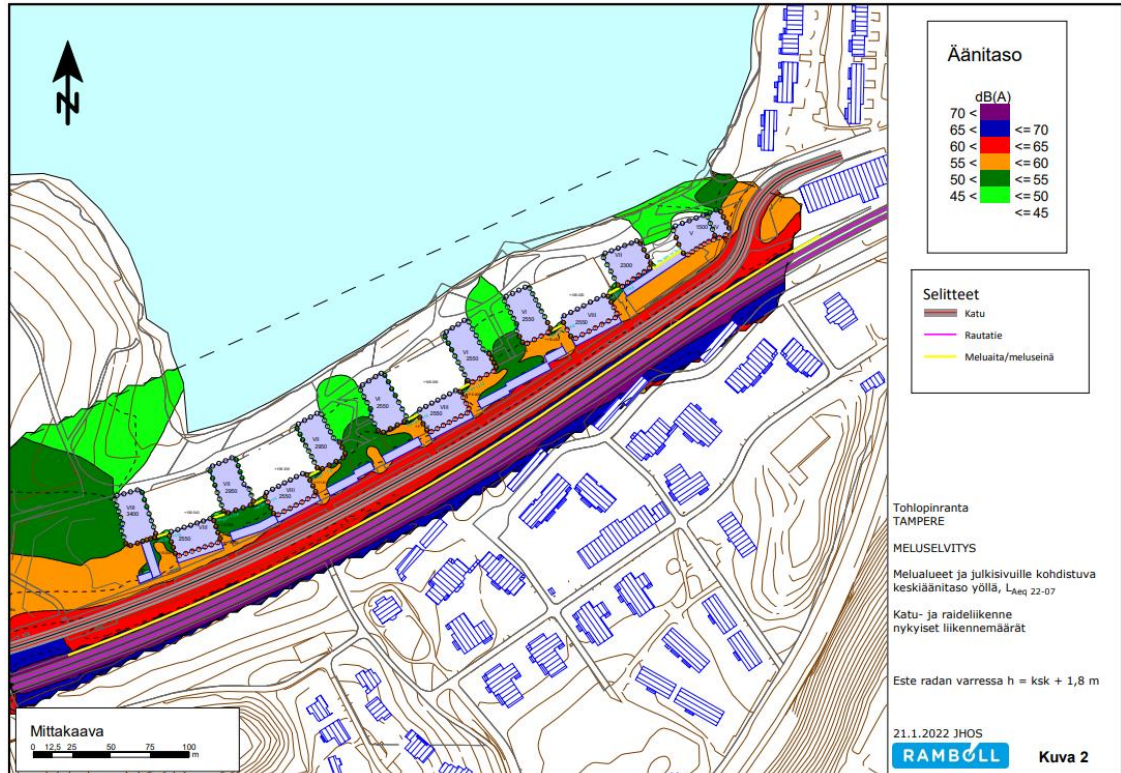


KUVA 2. Asemakaava. (Karttapalvelu Oskari)

2.3 Meluselvitys

Suunnittelukohteeseen oli ennen toimeksiantoa teetetty meluselvitys. Meluselvityksen on laatinut Jari Hosiokangas Ramboll Finland Oy:stä ja työn oli tilannut Tampereen kaupunki. Meluselvityksen tarkoituksena oli kartoittaa uuden asuinalueen melutaso ja määrittää meluntorjuntaan tarvittavat toimenpiteet. Meluselvitys toimii tämän opinnäytetyön rakennesuunnitelmien lähtötietoaineistona ja antaa reunaehdot suunnittelutyölle.

Merkittävin melu alueelle syntyy ohi kulkevasta rautatieliikenteestä. Meluselvityksen perusteella ohikulkevan junan aiheuttama melu ylittää alueen raja-arvot ja näin ollen sitä tulee torjua. Rautatien aiheuttamasta melusta tehtiin simulaatio, jossa kuvattiin rakennusten julkisivuun kohdistuvaa melutasoa. Simulaatio perustui junaradalla kulkevan liikenteen määrään päiväaikaan sekä yöaikaan ja lisäksi huomioitiin tulevaisuudessa kasvavat liikennemäärät. Melusimulaatiosta ja sen tuloksista oli meluselvityksen liitteenä havainnekuvia (kuvat 3 ja 4). Kuvissa esitettiin julkisivuihin kohdistuvat äänitasot ja melualueet.



KUVA 3. Melualueet ja julkisivuille kohdistuvat keskiäänitasot yöllä. (Hosiokangas 2022)



KUVA 4. Julkisivuille kohdistuva keskiäänitaso yöllä. (Hosiokangas 2022)

Meluselvityksen tuloksena olivat toimenpide-ehdotukset alueen meluntorjunnan toteuttamiseksi. Keskeisin toimenpide alueen melutason alentamiseksi on meluseinän rakentaminen radan viereen. Meluseinä tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle rataa, jolloin se vaimentaa tehokkaimmin radalta syntyvää melua. Meluseinän etureunan etäisyys viereisen raiteen keskilinjasta tulee olla kuitenkin vähintään 3,6 metriä. Meluseinän korkeuden tulee ulottua 1,8 metriä lähimmän kiskon selkää korkeammalle. Seinän tulee olla myös ääntä absorboiva, ettei seinä voimistaisi radan eteläpuolella olevan asuinalueen melutasoa. (Hosiokangas 2022.)

2.4 Pohjatutkimukset ja perustukset

Toimeksianto oli jaettu rakenne- ja geosuunnitelmiin. Geosuunnitelmista vastasi AFRY Finland Oy:n geosuunnitteluosasto. Geosuunnittelun tehtäviin kuului meluseinän perustustavan ja perustusten geotekninen mitoitus sekä rakennusalueen maisemoinnin sovittaminen. Geosuunnittelijat laativat rakenteelle geosuunnitelmat maaperätutkimusten sekä maastonmuotojen pohjalta. Suunnitelmissa määriteltiin muun muassa rakenteen perustustapa ja perustusten mitoitus. Geosuunnitelmien tulosten perusteella kohde tulee perustaa lyötäville RR d270 teräsputkipaaluille. Teräsputkipaalut toteutetaan määrämittäisinä kitkapaaluina, jotka ovat mitaltaan 4 tai 5 metriä.

3 SUUNNITTELUPERUSTEET

3.1 Standardit ja ohjeet

Meluseinän rakennesuunnittelua ohjaa eurokoodin mukaiset standardit ja ohjeet (taulukko 1). Taulukossa on listattuna ne standardit ja ohjeet, joiden mukaan tämä suunnittelutyö on toteutettu.

TAULUKKO 1. Suunnittelussa käytetyt standardit ja ohjeet

SFS-EN 1990 Rakenteiden suunnitteluperusteet.
SFS-EN 1991-1-1 Rakenteiden kuormat, yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat.
SFS-EN 1991-1-4 Rakenteiden kuormat, yleiset kuormat, tuulikuormat.
SFS-EN 1991-2 Rakenteiden kuormat, siltojen liikennekuormat.
SFS-EN 1993-1-1 Teräsrakenteiden suunnittelu, yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.
SFS-EN 1993-1-8 Teräsrakenteiden suunnittelu, liitosten mitoitus.
SFS-EN 1993-1-10 Teräsrakenteiden suunnittelu, materiaalien sitkeys ja paksuus-suuntaiset ominaisuudet.
Liikenneviraston ohjeita 24/2017 Eurokoodin soveltamisohje. Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet - NCCI 16.12.2017
Liikenneviraston ohjeita 27/2016 Eurokoodin soveltamisohje. Teräs- ja liittorakenteiden suunnittelu - NCCI 4 25.8.2016
Liikenneviraston ohjeita 14/2023 Eurokoodin soveltamisohje. Geotekninen suunnittelu - NCCI 7 1.4.2023.
Liikenneviraston ohjeita 7/2016 Sähkörataohjeita 11.4.2016.
Liikenneviraston ohjeita 13/2010 Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu 5.10.2010.
Väyläviraston ohjeita 27/2022 Teiden ja ratojen melusteiden suunnittelu 1.5.2022.
Väyläviraston ohjeita 32/2016 Sivukuormitettujen pylväsperustusten suunnitteluohje 1.12.2016.
InfraRYL

Keskeisimpänä ohjeena tässä suunnittelutyössä toimi *Väyläviraston ohjeita. 27/2022. Teiden ja ratojen melusteiden suunnittelu 1.5.2022*. Ohje sisältää kattavasti melusteiden suunnittelussa noudatettavat ohjeet, ja siinä on viitattu myös siihen, mistä tieto on peräisin tarkempia tarkasteluja varten.

3.2 Yleiset vaatimukset

Meluseinä suunnitellaan kestäväksi ja toimimaan vaatimuksen mukaisen käyttöönsä, eikä rakenteelta sallita suunnitteluohjeissa annettuja arvoja suurempia poikkeamia. Meluseinä suunnitellaan standardien mukaan seuraamusluokkaan CC2 (taulukko 2) ja sen teräsrakenteet toteutusluokkaan EXC2, ellei hankekohteisissa suunnitelmissa muuta edellytetä. Rautatiealueelle rakennettavan meluseinän tulee olla myös ääntä absorboiva. Absorptioluokka tulee olla vähintään A3, jonka absorptioluku on $> 8\text{dB}$. (Väyläviraston ohjeita 27/2022, SFS-EN 1990+A1+AC:2006.)

TAULUKKO 2. Seuraamusluokkien määrittely (SFS-EN 1990+A1+AC, S.136)

Taulukko B1 Seuraamusluokkien määrittely		
Seuraamusluokka	Kuvaus	Rakennuksia sekä maa- ja vesirakennuskohteita koskevia esimerkkejä
CC3	Suuret seuraamukset hengenmenetyksen <i>tai hyvin suurten</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Pääkatsomot; julkiset rakennukset, joissa vaurion seuraamukset ovat suuret (esim. konserttitalo)
CC2	Keskisuuret seuraamukset hengenmenetyksen <i>tai merkittävien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Asuin- ja liikerakennukset; julkiset rakennukset, joissa vaurio seuraamukset ovat keskisuuret (esim. toimistorakennukset)
CC1	Vähäiset seuraamukset hengenmenetyksen <i>tai pienten tai merkityksettömien</i> taloudellisten, sosiaalisten tai ympäristövahinkojen takia	Maa- ja metsätalousrakennuksesta, joissa ei yleensä oleskele ihmisiä (esim. varastorakennukset), kasvihuoneet

Käyttöikä

Meluseinän tai sen osan tulee kestää sille suunnitellun ajanjakson ilman välttämättömiä korjauksia tai rakenteiden ominaisuuksien heikentymisiä. Tätä kutsutaan suunnittelukäyttöikäksi. Rakenteen ja rakenneosien käyttöikäkestävyyteen vaikuttavat etenkin ilmasto-olosuhteet ja ilkivalta. Suunnittelukäyttöikää määriteltäessä oletetaan, että rakennetta pidetään huoltotoimenpiteillä asianmukaisessa

kunnossa. Todellisuudessa rakenne saattaa kestää pidemmän tai lyhyemmän ajanjakson, mikäli olosuhteet poikkeavat oletetusta. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

Meluseinän materiaalivalinnan perusteena käytetään vähintään seuraavia suunnittelukäyttöikävaatimuksia (Väyläviraston ohjeita 27/2022):

- ratamelusteiden perustukset: 50 vuotta
- ei-puurakenteiset runko- ja muut kantavat rakenteet: 50 vuotta
- meluseinäkasetit: 25 vuotta
- absorboivat huokoiset materiaalit: 25 vuotta
- ilkivaltaa ehkäisevät teräsverkot: 25 vuotta

Sijaintitarkkuus ja säädettävyys

Meluseinärakenne ei saa poiketa merkittävästi suunnitellusta sijainnista. Meluseinän etureuna tulee olla vähintään 3,6 metrin päässä viereisen raiteen keskilinjasta. Sijoittelussa tulee huomioida myös, että raiteen aukean tilan ulottuman (ATU) ja meluseinän väliin jää radan suunnassa vähintään 1,0 metrin levyinen kulkutila. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

Rakenteessa tulee huomioida myös säätömahdollisuus rakennetta pystytettäessä. InfraRYL-luvussa 45110 melusteille (poislukien teräspaalut) on esitetty sijaintitarkkuuden maksimipoikkeamat sekä säädettävyyden minimarvot. Rautatiealueella meluseinän tukipilareiden poikkeama sivusuunnassa saa olla enintään -0...+50 mm ja pilariväli poikkeama enintään +/- 20 mm. Pilarin pystysuuntainen säädettävyys tulee olla vähintään pilarin korkeus/100. (Väyläviraston ohjeita 27/2022, InfraRYL 2023/1.)

Huoltotiet ja aukot

Rautatiealueelle pystytettävien meluseinien suunnittelussa tulee huomioida mahdolliset rata-alueen huoltotoimenpiteet. Mikäli alueella sijaitsee huollettavia kohteita, esimerkiksi laitekaappeja, vaihdealueita tai kaapelikaivoja, tulee näille suunnitella erillinen huoltotie tai kulkumahdollisuus.

Hätätilanteissa rautatiealueelta poispääsy tulee mahdollistaa poistumistiellä. Poistumistie voi olla esimerkiksi huoltotie, ovi tai seinän limityskohtaan jätetty kulkuaukko. Mahdollisuus poistumiselle tulee järjestää 200 metrin välein.

Mikäli poistumistie järjestetään ovella, tulee oven olla saranoitu ja itsestään sulkeutuva. Aukeamissuunta on poispäin radalta ja oven tulee aueta radan puolelta ilman avainta. Ovi tulee olla myös riittävän tiivis, eikä se saa heikentää merkittävästi meluntorjuntaa. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

Teräsrakenteet ja liitokset

Meluseinärakenteen teräsosat suunnitellaan toteutusluokkaan EXC2, ellei hanketohtaisesti muuta edellytetä. Suunnitelluille teräsrakenteille ja niiden liitoksille on olemassa määräyksiä ja vähimmäisvaatimuksia rakenteen kestävyuden varmistamiseksi. Teräsrakenteiden suunnittelussa noudatetaan standardia SFS-EN 1993-1-1 ja sen sovellusohjetta NCCI 4. Teräsrakenteiksi kelpaa kuumasinkitty teräs, joka on lujuusluokaltaan vähintään S235. Kuumasinkittävien osien tulee täyttää InfraRYL luvun 45112 vaatimukset, jonka mukaan 5 mm vahvuisen teräksen sinkityksen keskimääräinen kerrospaksuus tulee olla vähintään 95 µm. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

Teräsrakenteiden liitosten suunnittelu ja mitoitus toteutetaan standardin SFS-EN 1993-1-8 sekä sovellusohjeen NCCI 4 mukaisesti. InfraRYL:iin on myös koottu keskeisiä ohjeita liitosten toteuttamiseen. Suunnittelukohteessa teräsrakenteen liitoksia ovat hitsi sekä pulttiliitokset. Hitsien tarkoituksena on liittää teräsrakenteet yhtenäiseksi kappaleeksi ja perusoletuksena mitoituksessa on, että hitsiliitos on lujuusominaisuuksiltaan vähintään perusaineen veroinen. Teräsrakenteiden toteutusluokassa EXC2 käytetään hitsausluokkaa C, joka määrittelee hitsauksen laadun. Pulttiliitoksia käytetään meluseinärakenteessa paalun ja pilarin sekä melukasettien ja suojaverkkojen liittämässä. Pulttiliitoksien kaikkien osien tulee olla kuumasinkittyjä ja lujuusluokaltaan 8.8. Lisäksi melukasettien ja sokkelin liitospulttien tulee olla halkaisijaltaan vähintään 10 mm. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

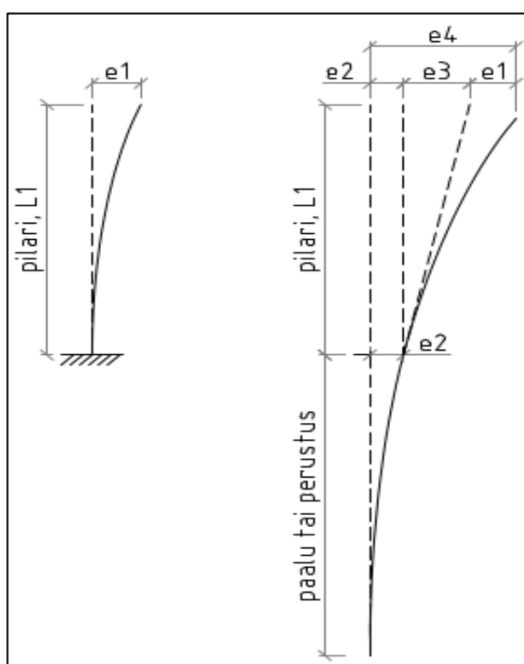
3.3 Taipumat ja kokonaissiirtymä

Meluseinän taipumista ja siirtymistä ei saa syntyä haittaa rakenteelle sen elinkaaren aikana. Rakenne ei myöskään saa missään vaiheessa siirtyä aukean tilan ulottuman (ATU) sisäpuolelle, eikä siirtyä merkittävästi ratageometriaan nähden. Mitoituksessa huomioidaan tukipilarille kohdistuvat vaakakuormista aiheutuvat taipumat sekä seinäelementille vaaka- ja pystykuormista aiheutuvat taipumat. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.) Tässä opinnäytetyössä ei kuitenkaan käsitellä absorboivan meluseinäelementin taipumia.

Ratameluesteen taipumien mitoituksessa tarkastellaan tuulen ja junanpaineen yhteiskuormitusta käyttörajatilassa. Kuormituksen vaikutuksesta tukipilarin taipuma saa olla maksimissaan pilarin korkeus/100, kun pilari korkeus on enintään 3 m. Rakenteen kokonaissiirtymää tarkasteltaessa otetaan huomioon perustusten sekä seinärakenteen yhteenlasketut siirtymät, kiertymät ja taipumat. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

Pilarin yläreunan kokonaissiirtymä e_4 muodostuu (kuva 5):

- runkopilarin taipumasta e_1
- paalun ja perustusten sivusiirtymästä e_2
- perustusten yläpään kiertymästä e_3



KUVA 5. Kokonaissiirtymä pilarin yläpäässä (Väyläviraston ohjeita 27/2022)

Mikäli meluseinärakenne perustetaan pilarimaisesti yhden paalun varaan, mitoitus tehdään ohjeen *sivukuormitettujen pylväsperustusten suunnittelu* mukaisesti. Ratameluesteen pilarin yläpään sallittu kokonaissiirtymä on pilarin korkeus/75, tai maksimissaan 50 mm. (Väyläviraston ohjeita 27/2022, Väyläviraston ohjeita 32/2016.)

3.4 Kuormat

Meluseinä mitoitetaan pysyville ja muuttuville kuormille (Väyläviraston ohjeita 27/2022). Mitoitus tehdään suunnittelukohteeseen vaikuttavien kuormien perusteella. Tähän suunnittelukohteeseen vaikuttavina pysyvinä kuormina huomioidaan rakenteen omapaino. Muuttuvina kuormina huomioidaan tuulikuorma, juanapainekuorma, aurauslumikuorma sekä yksittäiset pistekuormat.

Omapaino

Tässä suunnittelutyössä rakenteelle kohdistuvina pysyvinä kuormina huomioidaan rakenteen oma kokonaispaino yksittäisenä kuormana (SFS-EN 1991-1-1:2002).

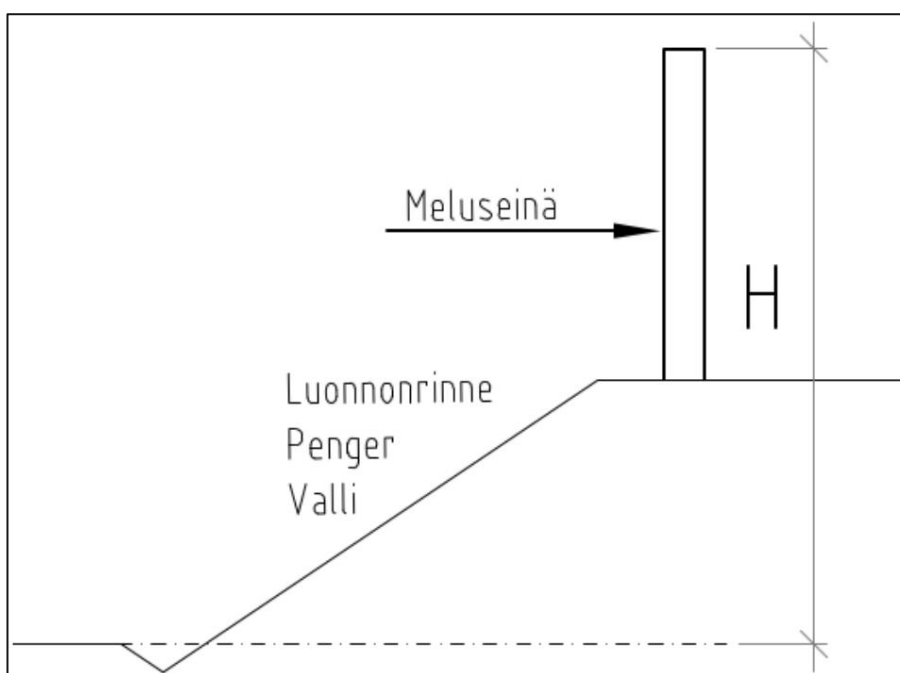
Tuulikuorma

Meluseinään kohdistuvan tuulikuorman ominaisarvo (tuulenpaine) lasketaan standardin SFS-EN 1991-1-4 mukaisesti käyttäen tuulen modifioimatonta perusarvoa 21 m/s. Tuulikuorman määrittämiseen vaikuttavat maastoluokka sekä meluseinän ja vallin tai penkereen yhteiskorkeus. Maastoluokat ja luokituksen perusteet on esitetty taulukossa 3. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

TAULUKKO 3. Maastoluokka (Väyläviraston ohjeita 27/2022)

Maastoluokka	
0	Avomeri tai merelle avoin rannikko
I	Järvet tai tasanko, jolla on enintään vähäistä kasvillisuutta eikä tuuliesteitä
II	Alue, jolla on matalaa heinää tai siihen verrattavaa kasvillisuutta ja erillisiä esteitä (puita, rakennuksia), joiden etäisyys toisistaan on vähintään 20 kertaa esteen korkeus
III	Alueet, joilla on säännöllinen kasvipeite tai rakennuksia tai erillisiä tuuliesteitä, joiden keskinäinen etäisyys on enintään 20 kertaa esteen korkeus (kuten kylät, esikaupunkialueet, pysyvä metsä)
IV	Alueet, joiden pinta-alasta vähintään 15 % on rakennusten peitossa ja niiden keskimääräinen korkeus ylittää 15 m

Meluseinän ja vallin tai penkereen yhteyskorkeus määritetään kuvan 6 mukaisesti. Melusteiden tuulikuorman perusvalintana käytetään yleisesti maastoluokkaa II, ellei muuta edellytetä. (Väyläviraston ohjeita 27/2022)



KUVA 6. Meluseinän ja vallin tai penkereen yhteyskorkeus (Väyläviraston ohjeita 27/2022)

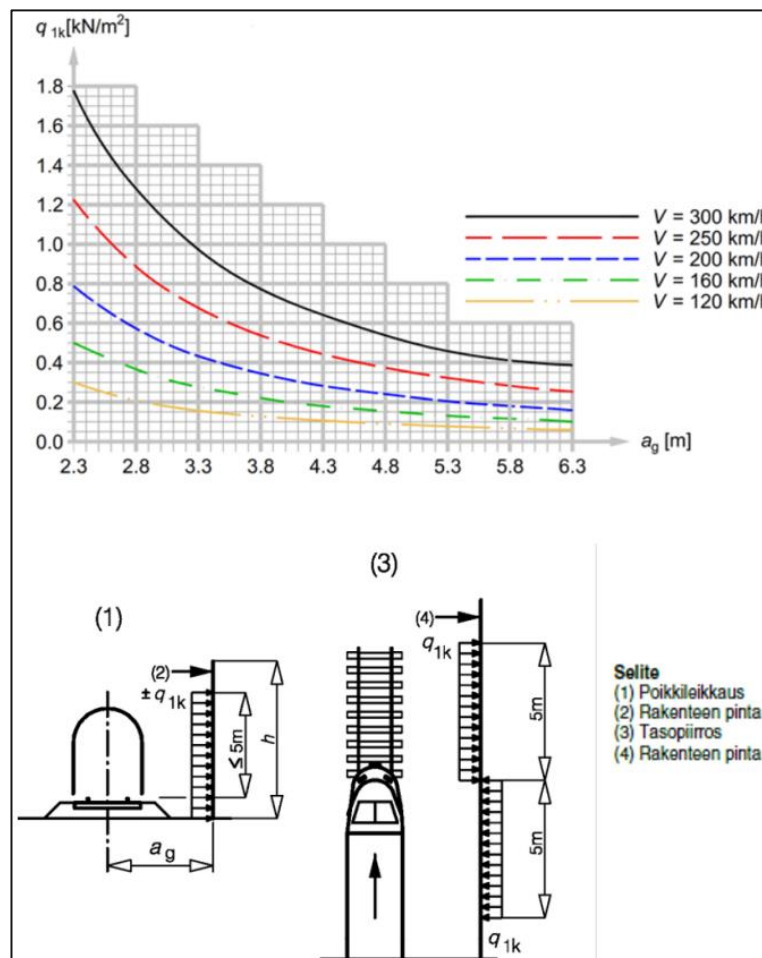
Mitoituslaskennassa käytettävä tuulikuorman arvo määritetään maastoluokan sekä meluseinän ja vallin tai penkereen arvojen perusteella taulukon 4 mukaisesti. Tuulikuormaa määritettäessä tulee huomioida, että seinän päädyissä tuulenpaineen ominaisarvo korotetaan kertoimella 1,6. Korotettu kuorma vaikuttaa $3 \times hs$ matkalla, jossa hs kuvaa seinän näkyvää korkeutta. (Väyläviraston ohjeita 27/2022, SFS-EN 1991-1-4:2011.)

TAULUKKO 4. Tuulenpaineen ominaisarvo (Väyläviraston ohjeita 27/2022)

	Seinän ja vallin tai penkereen yhteiskorkeus H, m	Tuulenpaineen ominaisarvo, kN/m ² , seinän keskialueella	Tuulenpaineen ominaisarvo, kN/m ² , seinän avoimessa päädyssä
maastoluokka 0	≤ 2,5	1,0	1,6
maastoluokka I	≤ 5	0,8	1,3
maastoluokka II	≤ 5	0,65	1,05
maastoluokka III	≤ 5	0,65	1,05

Junanpainekuorma

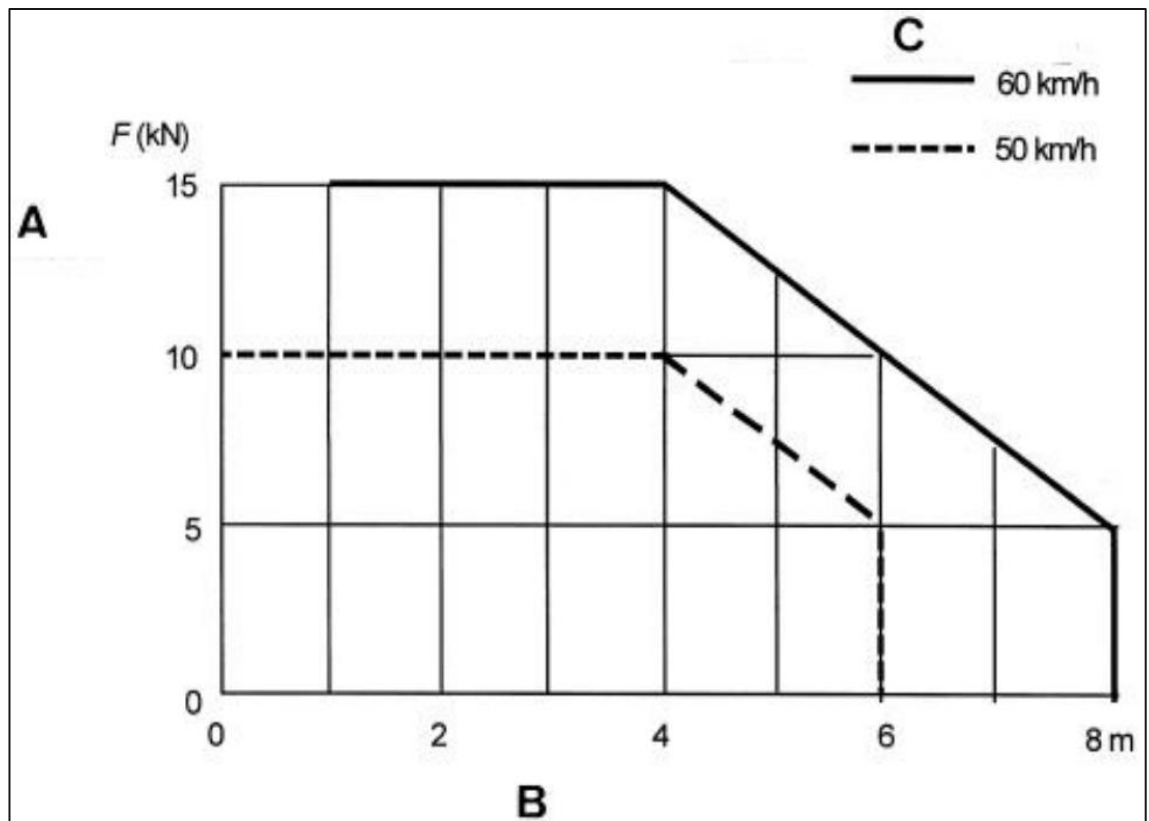
Ohittavasta junasta kohdistuu meluseinään painekuormaa. Junan aiheuttaman painekuorman ominaisarvo määritellään standardin SFS-EN 1991-2 luvun 6.6.2 ohjeen mukaisesti. Junan painekuorman ominaisarvon määrittämiseen vaikuttavat junan mitoitussnopeus sekä meluseinän etäisyys raiteen keskilinjasta. Junan painekuorman ominaisarvon määrittely on esitetty kuvassa 7. (Väyläviraston ohjeita 27/2022, SFS-EN 1991-2:2004.)



KUVA 7. Junan aiheuttaman painekuorman ominaisarvo pystysuoraan melueteeseen (SFS-EN 1991-2:2004)

Aurauslumikuorma

Aurauskuorma huomioidaan yksittäisenä kuormana ja se huomioidaan vain murtorajatilatarkastelussa. Osavarmuusluvulla 1,5 kerrottu kuorma ei saa aiheuttaa rakenteisiin vaurioita. Rautatiemeluesteen aurauskuorman ominaisarvon suuruus määritellään standardin EN-1794-1:2003 liite E:n kuvion 43 mukaisesti (kuva 8). Rata-alueella aurausajoneuvon nopeudeksi oletetaan 60 km/h. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)



KUVA 8. Aurauksen aiheuttama melusteeseen kohdistuvan dynaamisen kuorman suuruus eri aurosetäisyyksillä ja -nopeuksilla (Väyläviraston ohjeita 27/2022)

Pistekuormat

Meluseinärakenne mitoitetaan kestäämään ilkivallasta tai iskuista aiheutuvia pistemäisiä kuormia. Näitä pistemäisiä kuormia mitoittaessa käytetään kuorman ominaisarvolle kerrointa 1.85. Rakenteen tulee kestää rikkoutumatta siihen kohdistuva kuorma. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

Ilkivaltaa tai roikkuvaa henkilöä kuvaavat pistemäiset kuormat oletetaan kohdistuvan meluseinärakenteen rimoituksiin tai suojaverkkoihin. Ilkivaltaa kuvaavan

pistemäisen kuorman ominaisarvona käytetään 0,5 kN. Roikkuvaa henkilöä kuvaavan pistemäisen kuorman ominaisarvona käytetään 0,7 kN. Rakenteen tulee kestää rikkoutumatta edellä mainitut kuormat. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

Iskusta aiheutuva pistemäinen kuorma ei saa aiheuttaa rakenteeseen vaurioita, kuten vääntymiä tai lommoja. Iskusta aiheutuvan kuorman tarkastelussa huomioidaan rakenteen rimoitukset, verkot sekä seinäelementtien pellitykset. Iskunkestävyyttä ei ole tarvetta erikseen mitoitaa, mikäli rakenteissa käytetään infraRYL mukaisia vähimmäisaineenvahvuuksia. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

Lumi- ja jääkuorma

Meluseinään tarttuva lumi ja/tai jää saattaa aiheuttaa kuormitusta rakenteelle. Lumi ja jää tarttuu varsinkin kalteviin seinäpintoihin ja rimoitusten väleihin, varsinkin puurakenteisilla meluseinillä. Lumesta ja jäästä aiheutuva lisäkuorma tulee huomioida rakenteita mitoittaessa. Tässä opinnäytetyössä suunniteltava meluseinä on rakenteeltaan ja materiaaleiltaan sellainen, että lumen ja jään kuormaa ei huomioida mitoituksessa.

3.5 Murto- ja käyttörajatila tarkastelu

Kaikille rakenteille tulee tehdä rajatilatarkastelu rakenteen varmuuden osoittamiseksi. Ihmisten turvallisuuteen ja rakenteen varmuuteen liittyvät rajatilat luokitellaan murtorajatilanteiksi. Rakenteen toimintaan, mukavuuteen ja toimivuuteen liittyvät rajatilat luokitellaan käyttörajatilanteiksi. Rajatilatarkastelussa tulee osoittaa ettei rakenne missään olosuhteissa ylitä rajatilaa. (SFS-EN 1990 + A1 + AC:2006.)

Meluseinärakenteeseen kohdistuvia kuormia sekä kuormien yhdistelmiä tarkastellaan murto- ja käyttörajatilanteissa. Kuormien yhdistely on kuvattu luvussa 3.6. Lisäksi tarkastellaan rakenteen taipumat ja kokonaissiirtymät. Murtorajatilatarkastelu tehdään kaikille kuormille. Tuuli ja painekuormille tehdään lisäksi käyttörajatilatarkastelu. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

3.6 Kuormitusyhdistely

Kuormien yhdistely tehdään eurokoodien sovellusohjeen NCCI 1 mukaisesti. Radan meluusteiden kuormien yhdistelytaulukossa (taulukko 5) on esitetty rautatiealueen meluusteen mitoituksessa käytettävät kuormitusyhdistelmät. Rautatiealueen mitoituksessa oleellista on, että tuulikuorman ja junan painekuorman katsotaan vaikuttavan samaan aikaan voimistaen rakenteeseen kohdistuvaa kuormitusta. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.)

TAULUKKO 5. Radan melurakenteiden kuormien yhdistely (Mukaihen Väyläviraston ohjeita 27/2022)

	Murtorajatilan yhdistelyt			Käyttörajatilan ominaisyhdistelmät	
	MT1	MT2	MT3	MT1a	MT3a
Pysyvät kuormat	1,25/0,9			1	
Seinäelementin paino	1,25/0,9			1	
Tuulikuorma	1,5	-	1,5 x 0,75	1	0,75
Aurauskuorma	-	1,5	-	-	-
Junan painekuorma	1,5 x 0,8	-	1,5	0,8	1
Lumi- ja jääkuorma	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	1,5 x 0,8	0,7	0,7

3.7 Sähköturvallisuus ja maadoittaminen

Radan varteen pystytettävien rakenteiden suunnittelussa on huomioitava sähköiskun vaara. Rakenne tulee suunnitella siten, että sen päälle kiipeäminen on estetty ja päällä seisominen ei olisi mahdollista. Erityisesti jännitteisten osien lähelle pääseminen tulee estää. Lisäksi rautatiealueelle pystytettävät meluusteet tulee aina maadoittaa. Suunnittelussa tulee noudattaa *RATO osa 5 Sähköistetty rata sekä rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitus-suunnittelu ohjeita*. (Väyläviraston ohjeita 27/2022, Liikenneviraston ohjeita 13/2010, Liikenneviraston ohjeita 23/2018.)

4 SUUNNITTELU JA MITOITUS

Lähtötietoaineiston ja suunnitteluperusteiden pohjalta aloitettiin meluseinärakenteen määrittäminen. Ensimmäiseksi tarkasteltiin meluseinän tulevaa sijaintia ja sen istuvuutta rautatiealueen poikkileikkaukseen. Rakenne sijoittuu rautatiealueen luiskaan, joka pitää huomioida rakenteen korkeudessa. Seuraavaksi määriteltiin seinän alustava rakenne ja sen liitokset teräsputkipaaluun, meluseinäelementteihin sekä suojaverkkoihin. Tämän jälkeen määriteltiin vielä paalujako. Jakoa tehdessä pyrittiin huomioimaan jakotiheyden vaikutus kustannuksiin, kuormituksen jakautumiseen sekä asennukseen ja pyrittiin löytämään mahdollisimman optimaalinen paalujako.

Alustavan rakenteen hahmottelun jälkeen laskettiin rakenteeseen kohdistuvat kuormitukset ja tehtiin rakenteen mitoitustarkastelu *Autodesk Robot Structural Analysis professional 2023 FEM -mitoitusohjelmalla*. Ohjelmasta saaduilla laskentatuloksilla todettiin rakenteen kestävyys ja lisäksi niitä käytetään rakennesuunnittelun laskentaraportin laadinnassa.

Kun suunniteltu rakenne oli todettu mitoituksen perusteella toimivaksi, tehtiin rakenteesta tietomalli *Tekla Structures 2019i*-ohjelmalla. Tietomalli on digitaalisessa muodossa tehty 3-ulotteinen malli rakennelmasta (Väylävirasto 2023b). Ohjelmaa käytettiin hyödyksi muun muassa rakenteen mallintamisessa, tarkan sijainnin määrittelemisessä sekä rakennesuunnittelun piirustusten laadinnassa.

4.1 Meluseinän rakenne

Rakenteelle pyritään löytämään kohteeseen sopivin ja kustannustehokkain ratkaisu. Meluestettä suunniteltaessa suunnittelukohde ja meluntorjunnan tarve määrittelevät yleensä sen, millainen melueste kohteeseen soveltuu. Meluvalli olisi yleensä kustannuksiltaan halvin vaihtoehto, mutta sen rakenne vaatii paljon tilaa, jota kaupunkialueelta harvemmin löytyy. Tämän vuoksi tässä työssä päädyttiin käyttämään seinärakennetta, jonka tilan tarve on meluvallia pienempi.

Seuraavissa kappaleissa on esitelty suunnitellun meluseinärakenteen osat ja kuvailtu niiden rakenteet. Asennuspiirustuksessa (liite 4) on esitetty havainnollistavat kuvat rakenteesta.

Perustukset

Meluseinän perustamistapaa suunniteltaessa on huomioitava rakennuskohteen maastoa ja sen ominaisuuksia. Rakennuskohteen alueelle oli jo aiemmin teetetty pohjatutkimuksia, joita käytettiin meluseinän perustuksien suunnittelussa. Perustusten geotekninen mitoitus kuului geosuunnittelupuolen tehtäviin. Geoteknisessä mitoituksessa määritettiin maaperätutkimuksien perusteella minkä kokoiselle paalulle meluseinä tulee perustaa. Geoteknisiä mitoitusarvoja hyödynnettiin rakenteen kokonaissiirtymätarkastelussa.

Perustamistavaksi määritettiin teräspalkkipaaluperustus. Paalujen halkaisijaksi valittiin RR 270/10, paalu/moduulijaon ollessa 4 metriä. Paalut toimivat määrämittäisinä kitkapaaluina ja paalujen pituudet olivat 4 tai 5 metrisiä pohjaolosuh-teista riippuen. Paalut upotetaan tavoitesyvyyteen ja paalun yläpäähän hitsataan 440x300x30 paalunpäälevy. Paalunpäälevy sisältää kierteet (4kpl) tukipilarin asentamista varten. Paalunpäälevyllä voidaan lisäksi korjata paalun sijaintivir-hettä, mikäli paalun sijainti poikkeaa asennuksen jälkeen tavoitellusta sijainnista. Paalujen tehtävänä on pitää seinärakenne tukevasti paikoillaan niin, ettei seinään kohdistuvat kuormat aiheuta rakenteen painumista tai siirtymiä.

Tukipilari

Tukipilari liitetään pulttiliitoksella paalun yläpäähän. Pilari toimii yhdessä paalun kanssa rakenteen runkona ja vastaanottaa rakenteeseen kohdistuvia kuormia. Tukipilari toteutetaan CHS 300x100x5 putkiprofiililla, jonka kokonaiskorkeus on 2,33 metriä. Profiilin leveille sivuille hitsataan kiinnikelevyt meluseinäkasettien ja sokkelin kiinnitystä varten ja profiilin kapeille sivuille hitsataan T-profiilit suoja-verkkojen kiinnitystä varten. Putkiprofiilin alapäähän hitsataan 440x300x30 paa-lunpäätylevy, jolla pilari kiinnitetään paaluun. Profiilin yläpäähän hitsataan teräs-levytulppa, joka estää minkä tahansa materiaalin pääsemisen profiilin sisälle. Mo-lempien päiden levyt rei'itetään sinkitystä varten.

Suojaverkko

Suojaverkon rakenteeksi valikoitui kehystetty verkkoelementti. Kehystetyssä verkkoelementissä kehykset toimivat rakenteen tukipintoina ja näin verkossa käytetyt teräkset voidaan toteuttaa ohuemmasta teräksestä, kuin itsekantavassa verkkoelementissä. Itsekantavalla verkolla tarkoitetaan ristiin hitsattua teräsverkkoa, joka päistään kiinnitettynä kantaa siihen kohdistuvan kuorman ilman tukikehystä. Verkon silmäkoko saa olla enintään vaakasuunnassa 50 mm ja pystysuunnassa 100 mm. Verkon etäisyys melukasetin pinnasta tulee olla vähintään 100 mm. (Väyläviraston ohjeita 27/2022.) Tällä estetään rakenteelle kiipeäminen ja suojataan rakenne töhrimiseltä.

Välituki

Verkkoelementin ollessa pituudeltaan noin 4 metriä, tarvitsee se tukea myös elementin keskiosalta. Tukena käytetään Z-profiilin teräslevyä, joka kiinnitetään toisesta laipasta meluseinäkasetteihin ja toisesta verkkoelementtiin. Tällä varmistetaan verkkoelementin kantavuus ja estetään auraslumikuormasta aiheutuvat mahdolliset vääntymät. Elementtien kiinnitys toteutetaan 8 mm pulteilla ja soikeat kiinnitysreiät mahdollistavat elementtien pilarilinjaa noudattavan asentamisen.

Absorboiva melukasetti

Melukasetti on rakenteeltaan sandwich-elementti, jonka ulkopinnoissa on peltiverhoilu ja verhoiluiden välissä huokoinen materiaali esimerkiksi mineraalivilla. Kasetilta vaaditaan absorptiokykyä, joten kasetin rautatienpuoleinen verhoilupelti on reiätetty kauttaaltaan ja rakenteesta saadaan ääntä heijastamaton rakenne. Verhoilupeltien vahvuuden tulee olla vähintään 1 mm. Kasetit sovitetaan pituudeltaan pilarijaon mittaiseksi ja niiden tulee ulottua tukipilarin yläreunasta lähimmän raidenpinnan alapuolelle. Kasetti kiinnitetään tukipilariin pulttiliitoksilla siten, että kiinnitystuki jää kasetin takapuolelle rautatieltä päin katsottuna. Tämä mahdollistaa koko tukipinnan hyödyntämisen suurimmissa kuormitustilanteissa.

Sokkeli

Meluseinän alareunaan kasettien alapuolelle asennetaan sokkelipelti. Sokkelin tarkoituksena on estää ulkopuolisten kulku rata-alueelle ja lisäksi vaimentaa melua rakenteen alaosassa. Tarvittaessa sokkeli voidaan myös valmistaa koteloraakenteena, jolloin sitä voidaan hyödyntää esimerkiksi kaapeleiden suojakotelona.

Tämän työn suunnittelualueella kaapelit on sijoitettu kaapelikouruun, joten rakenteen sokkeli suunniteltiin yhdellä suoralla teräspellillä ilman kotelomaista rakennetta.

Sokkelipelti valmistetaan kuumasinkitystä teräksestä ja se on vahvuudeltaan 4 mm. Sokkeli ulottuu alimman melukasetin alapinnasta tukipilarin alareunaan, jolloin näkyvä osuus maanpinnasta on vähintään 300 mm. Sokkelin alaosa upotetaan maanpinnan alapuolelle ja sokkelin vääntymisen estämiseksi sokkelin alapuolinen maa-aines tulee olla routimatonta.

4.2 Mitoituskuormat

Rakenteeseen vaikuttavat kuormat lasketaan kappaleiden 3.4–3.6 mukaisesti, ja kuormien yhdistely kappaleen 3.8 mukaisesti. Kuormien laskennassa huomioidaan vain ne kuormat, jotka vaikuttavat suunniteltavaan kohteeseen ja sen kestävyys. Kuormien mitoitus toteutetaan *Robot structural 2022 mitoitusohjelmalla*, joka huomioi automaattisesti rakenteen omanpainon.

4.2.1 Pysyvät kuormat

Pysyviä kuormia syntyy vain rakenteen omasta painosta. Omapaino koostuu rakenteen kiinteistä rakenneosista pois lukien paalun omapaino. Kuormaa tarkastellaan pystysuuntaisena kuormana, joka kohdistuu pistemäisenä kuormana paalun yläpäähän.

Rakenteen omanpainon ominaiskuorman määrittelyssä käytettiin tietomallin komponentteihin valmiiksi määriteltäviä massa-arvoja. Arvojen perusteella paalulle kohdistuvaksi omanpainon pistekuorman ominaisarvoksi saadaan $g_k=3kN$. Mitoitusohjelma kuitenkin huomioi rakenteen omanpainon automaattisesti, joten mitoitusmallista riippuen vähennetään omanpainon ominaisarvosta rakenteet, jotka malli jo sisältää.

4.2.2 Muuttuvat kuormat

Rakenteeseen kohdistuvia muuttuvia kuormia ovat tuulikuorma, junanpaine-kuorma sekä auraslumikuorma. Muuttuvia kuormia ovat lisäksi suojaverkkoon ja seinäelementteihin kohdistuvat vaaka- ja pystysuuntaiset pistekuormat, jotka kuvaavat ilkvallan tai roikkuvan ihmisen aiheuttamia kuormia. Mitoittavat kuormat määritettiin kappaleen 3.4 mukaisesti

Tuulikuorma

Taulukon 4 perusteella saadaan tuulenpaineen ominaisarvoksi $q_t = 0,65 \text{ kN/m}^2$. Meluseinän päätyalueilla tuulenpaineen ominaisarvoa korotetaan kertoimella 1,6. Korotettu paine vaikuttaa matkalla $L_{tp} = 3 \times \text{seinän näkyvä korkeus} = 6,9 \text{ m matkalla}$. Tuulikuorman ominaisarvona käytetään seinän keskiosalla arvoa $q_t = 0,65 \text{ kN/m}^2$ ja seinän päädyissä $q_{tp} = 1,05 \text{ kN/m}^2$.

Junanpaine-kuorma

Kuva 7 perusteella saadaan junanpaineen ominaisarvoksi $q_j = 0,14 \text{ kN/m}^2$. Seinän päätyalueella vähintään $L_{jp} > 5 \text{ m}$ matkalla junanpaineen ominaisarvoa korotetaan kertoimella 2, jolloin ominaisarvoksi saadaan $q_{jp} = 0,28 \text{ kN/m}^2$.

Auraslumikuorma

Kuvan 8 mukainen auraslumikuorman suuruus on $q_A = 15 \text{ kN}$ kohdistuen 2 metriä x 2 metriä eli 4 m^2 suuruiselle alueelle. Neliölle kohdistuva kuorma oli näin ollen $q_a = 3,75 \text{ kN/m}^2$. Mitoitustarkastelussa kuormitusta sovellettiin niin että, auraslumesta aiheutuva kuormitus kohdistuu kokonaisuudessaan yksittäiselle pilarille. Pilarille kohdistuvana kuormituksena käytettiin auraslumikuorman maksimiarvoa 15 kN jakautuen tasaisesti koko pilarin matkalle.

Pistekuorma

Ilkivaltaa ja roikkuvaa ihmistä kuvaavien pistekuormien ominaisarvoina käytettiin kappaleen 3.4 kohdan *pistekuormat* mukaisia arvoja. Näitä pistekuormia sovellettiin suojaverkon kestävyuden mitoittamisessa. Mitoituksessa pistekuormien

varmuuskertoimena käytettiin kerrointa 1,85. Ilkivaltaa kuvaavan vaakasuuntaisen pistekuorman mitoitusarvo on siis $q_i = 0,5kN * 1,85 = 0,925kN$ ja roikkuvaa henkilöä kuvaavan pystysuuntaisen pistekuorman mitoitusarvo $q_r = 0,7kN * 1,85 = 1,295kN$.

4.3 Mitoitustarkastelu

Mitoitustarkastelu tehdään luvun 3 *suunnitteluperusteet* mukaisesti ja rajatilatarkastelussa käytetään kappaleessa 4.2 laskettuja mitoittavia kuormia ja niiden yhdistelmiä. Mitoitustarkastelun tarkoituksena on varmistaa, että rakenne on turvallinen ja kestää muuttumattomana vähintään sille suunnitellun käyttöiän. Tarkastelussa huomioidaan rakenteen käyttöikä, sijaintitarkkuus ja säädettävyys, rakenteeseen kohdistuvat kuormitukset ja niiden yhdistelmät käyttö- ja murtorajatilassa sekä liitokset.

4.3.1 Käyttöikä

Meluseinän rakennesuunnittelussa ei annettu tilaajan toimesta erityisiä laatuvaatimuksia, joten rakenne suunnitellaan eurokoodien mukaisesti seuraamusluokkaan CC2, teräsrakenteet toteutusluokkaan EXC2 ja suunniteltu käyttöikä materiaalien vähimmäisvaatimusten mukaisesti, kuten kohdassa 3.2 on esitetty. Suunnitteluperusteiden mukaisesti meluseinän perustusten, pilareiden ja muiden kantavien rakenteiden vähimmäiskäyttöikävaatimus on 50 vuotta ja muille meluseinän rakenteille 25vuotta. Meluseinässä käytettyjen rakenteiden materiaaleilta vaaditut ominaisuudet, jotka täyttävät suunnitelukäyttöiän vaatimukset on esitetty edellä.

Teräspankkipaalut ja tukipilarit

Meluseinän runkorakenteina, joissa käyttöikävaatimus on >50vuotta tulee käyttää kuumasinkittyä terästä. Keskimääräinen sinkkikerrospaksuus on vähintään 95µm. Näkyvän runkorakenteen maalaus toteutetaan vähintään rasisluokan C3(VH) PE 80/1 – ZnSaS yhdistelmällä.

Suojaverkot, sokkelit ja absorboivat melukasetit

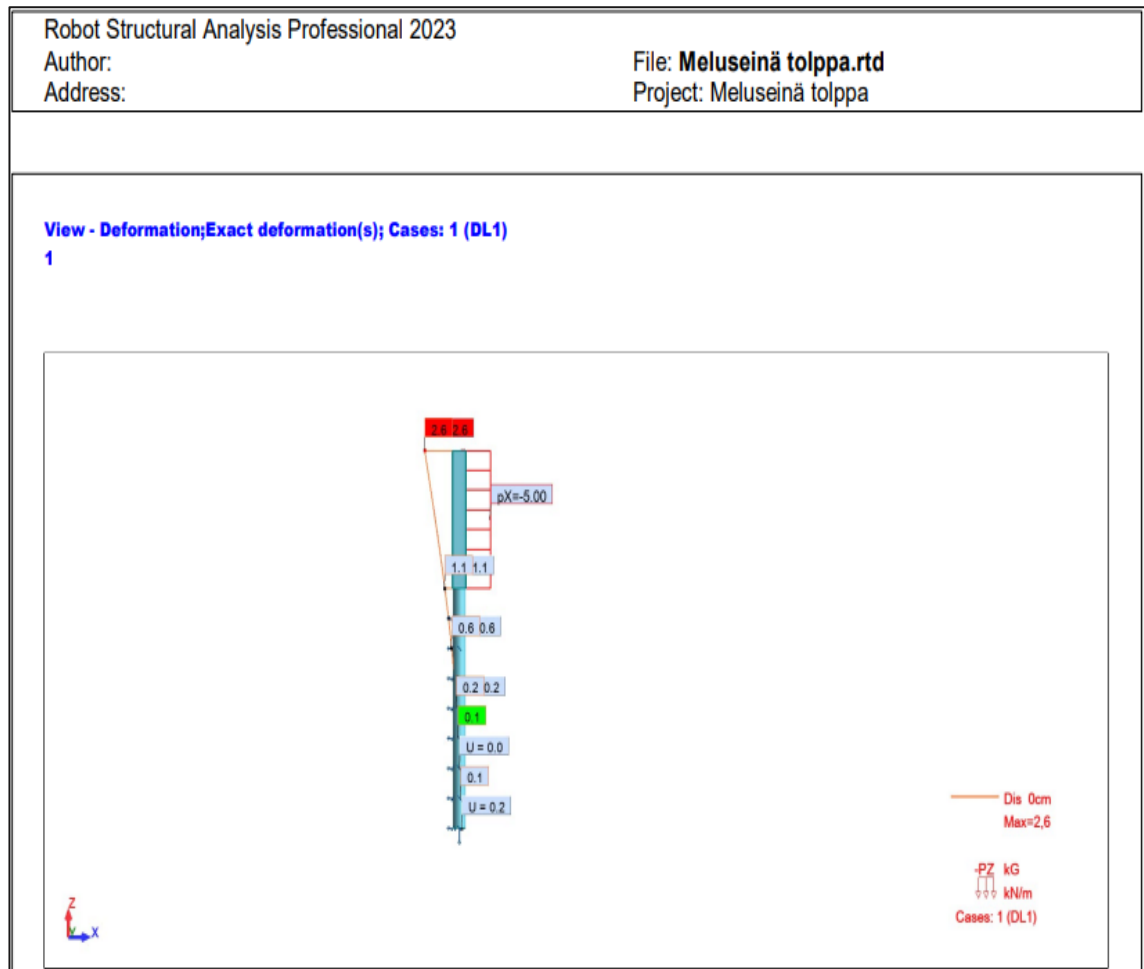
Suojaverkossa ja sokkelissa käytetään 4 mm kuumasinkittyä terästä. Sinkityksen paksuus on vähintään 55µm ja maalaus PURAL-pinnoitteella.

Absorboiva melukasetti on tuotteistettu tuote, jolta vaaditaan CE-hyväksyntä. CE-hyväksyntä takaa tuotteen täyttävän sille asetetut vaatimukset, joten siltä vaadittuja ominaisuuksia ei tässä työssä tarkemmin käydä läpi.

4.3.2 Rajatilatarkastelu









Rakenteen kestävyuden osoittamiseksi sille tehdään suunnitteluperusteiden mukainen käyttö- ja murtorajatilatarkastelu. Rajatilatarkastelu toteutetaan *Robot Structural Analysis Professional 2023 -mitoitushjelmalla* ja rakenteen kestävyys osoitetaan ohjelman laskemien tulosten perusteella. Laskelmissa käytettiin ohjelman rakenneosakirjaston valmiita rakenneosia. Paalua ympäröivän maamassan tukeva vaikutus määräytyi geoteknisen mitoituksen perusteella. Mitoitushjelman rakenne vastasi täysin todellista rakennetta.

Käyttörajatilatarkastelussa varmistetaan, ettei tuulen- ja junanpaineen yhteisvaikutuksesta aiheudu rakenteelle liian suuria taipumia tai sivuttaissiirtymiä. Käyttörajatilassa kuormat lasketaan käyttäen niiden ominaisarvoja. Suurin yhteisvaikutuksesta aiheutuva kuormitus sijoittuu rakenteen päätyalueelle ja sen arvo on $q_{max} = q_{tp} * jakoväli + (q_{jp} * 0,8 * 3 m + q_j * 0,8) = 4,984 = 5 \text{ kN/m}$. Kaavassa junanpaineen arvoa pienennetään yhdistelytaulukon mukaan kertoimella 0,8 ja lisäksi sen päätyalueella vaikuttava korotettu arvo ei vaikuta enään täysimääräisesti toiseksi viimeisellä pilarilla, johon suurin kuormitus kohdistuu. Mitoitushjelman laskentatuloksien perusteella (kuva 9) saadaan rakenteen kokonaissiirtymäksi 26 mm sallitun kokonaissiirtymän ollessa $pilarin \text{ kokonaiskorkeus} / 75 = 31 \text{ mm}$, ja pilarin taipumaksi 15 mm sallitun taipuman ollessa $pilarin \text{ kokonaiskorkeus} / 100 = 23,3 \text{ mm}$.



KUVA 9. Rakenteen taipuma ja kokonaissiirtymä

Murtorajatilatarkastelussa varmistetaan rakenteen kestävän siihen kohdistuvat kuormitukset ja niiden yhdistelmät. Murtorajatilatarkastelussa kuormitukset korotetaan varmuuskertoimilla kuormien yhdistelytaulukon (taulukko 5) mukaisesti. Tarkastelussa huomioidaan suurin rakenteeseen kohdistuva kuormitusyhdistelmä ja varmistetaan rakenteen kestävyys kyseisellä kuormalla. Suurin pilarille kohdistuva kuormitus syntyy aerauslumikuormasta ja sen arvo on $A_{\max} = q_A / 2 * 1,5 = 11,25 \text{ kN/m}$. Mitoitusohjelman tuloksen perusteella (kuva 10) todetaan rakenteen kestävän siihen kohdistuvat kuormitukset.

Robot Structural Analysis Professional 2023 Author: Address:	File: Meluseinä tolppa.rtd Project: Meluseinä tolppa																
STEEL DESIGN																	
CODE: <i>SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.</i> ANALYSIS TYPE: <i>Member Verification</i>																	
CODE GROUP: MEMBER: 2 <i>Simple member_2</i> POINT: 1 COORDINATE: x = 0.00 L = 0.00 m																	
LOADS: <i>Governing Load Case: 1 DL1</i>																	
MATERIAL: STEEL $f_y = 235.00$ MPa																	
<div style="display: flex; align-items: center;">  SECTION PARAMETERS: RECT 300x100x5 </div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 25%;">h=30.0 cm</td> <td style="width: 25%;">gM0=1.00</td> <td style="width: 25%;">gM1=1.00</td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td>b=10.0 cm</td> <td>Ay=9.59 cm²</td> <td>Az=28.77 cm²</td> <td>Ax=38.36 cm²</td> </tr> <tr> <td>tw=0.5 cm</td> <td>Iy=4065.22 cm⁴</td> <td>Iz=722.77 cm⁴</td> <td>Ix=2017.10 cm⁴</td> </tr> <tr> <td>tf=0.5 cm</td> <td>Wply=348.15 cm³</td> <td>Wplz=159.59 cm³</td> <td></td> </tr> </table>		h=30.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00		b=10.0 cm	Ay=9.59 cm ²	Az=28.77 cm ²	Ax=38.36 cm ²	tw=0.5 cm	Iy=4065.22 cm ⁴	Iz=722.77 cm ⁴	Ix=2017.10 cm ⁴	tf=0.5 cm	Wply=348.15 cm ³	Wplz=159.59 cm ³	
h=30.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00															
b=10.0 cm	Ay=9.59 cm ²	Az=28.77 cm ²	Ax=38.36 cm ²														
tw=0.5 cm	Iy=4065.22 cm ⁴	Iz=722.77 cm ⁴	Ix=2017.10 cm ⁴														
tf=0.5 cm	Wply=348.15 cm ³	Wplz=159.59 cm ³															
INTERNAL FORCES AND CAPACITIES: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">N,Ed = 0.68 kN</td> <td style="width: 33%;">My,Ed = 29.76 kN*m</td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td>Nc,Rd = 901.46 kN</td> <td>My,Ed,max = 29.76 kN*m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nb,Rd = 814.07 kN</td> <td>My,c,Rd = 81.82 kN*m</td> <td>Vz,Ed = -25.88 kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td>MN,y,Rd = 81.82 kN*m</td> <td>Vz,c,Rd = 390.34 kN</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Class of section = 1</td> </tr> </table>		N,Ed = 0.68 kN	My,Ed = 29.76 kN*m		Nc,Rd = 901.46 kN	My,Ed,max = 29.76 kN*m		Nb,Rd = 814.07 kN	My,c,Rd = 81.82 kN*m	Vz,Ed = -25.88 kN		MN,y,Rd = 81.82 kN*m	Vz,c,Rd = 390.34 kN			Class of section = 1	
N,Ed = 0.68 kN	My,Ed = 29.76 kN*m																
Nc,Rd = 901.46 kN	My,Ed,max = 29.76 kN*m																
Nb,Rd = 814.07 kN	My,c,Rd = 81.82 kN*m	Vz,Ed = -25.88 kN															
	MN,y,Rd = 81.82 kN*m	Vz,c,Rd = 390.34 kN															
		Class of section = 1															
<div style="display: flex; align-items: center;">  LATERAL BUCKLING PARAMETERS: </div>																	
BUCKLING PARAMETERS: <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <div style="display: flex; align-items: center;">  About y axis: </div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ly = 2.30 m</td> <td style="width: 50%;">Lam_y = 0.24</td> </tr> <tr> <td>Lcr,y = 2.30 m</td> <td>Xy = 0.99</td> </tr> <tr> <td>Lamy = 22.34</td> <td>kyy = 0.90</td> </tr> </table> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <div style="display: flex; align-items: center;">  About z axis: </div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%;">Lz = 2.30 m</td> <td style="width: 50%;">Lam_z = 0.56</td> </tr> <tr> <td>Lcr,z = 2.30 m</td> <td>Xz = 0.90</td> </tr> <tr> <td>Lamz = 52.99</td> <td>kzy = 0.00</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>		<div style="display: flex; align-items: center;">  About y axis: </div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ly = 2.30 m</td> <td style="width: 50%;">Lam_y = 0.24</td> </tr> <tr> <td>Lcr,y = 2.30 m</td> <td>Xy = 0.99</td> </tr> <tr> <td>Lamy = 22.34</td> <td>kyy = 0.90</td> </tr> </table>	Ly = 2.30 m	Lam_y = 0.24	Lcr,y = 2.30 m	Xy = 0.99	Lamy = 22.34	kyy = 0.90	<div style="display: flex; align-items: center;">  About z axis: </div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%;">Lz = 2.30 m</td> <td style="width: 50%;">Lam_z = 0.56</td> </tr> <tr> <td>Lcr,z = 2.30 m</td> <td>Xz = 0.90</td> </tr> <tr> <td>Lamz = 52.99</td> <td>kzy = 0.00</td> </tr> </table>	Lz = 2.30 m	Lam_z = 0.56	Lcr,z = 2.30 m	Xz = 0.90	Lamz = 52.99	kzy = 0.00		
<div style="display: flex; align-items: center;">  About y axis: </div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%;">Ly = 2.30 m</td> <td style="width: 50%;">Lam_y = 0.24</td> </tr> <tr> <td>Lcr,y = 2.30 m</td> <td>Xy = 0.99</td> </tr> <tr> <td>Lamy = 22.34</td> <td>kyy = 0.90</td> </tr> </table>	Ly = 2.30 m	Lam_y = 0.24	Lcr,y = 2.30 m	Xy = 0.99	Lamy = 22.34	kyy = 0.90	<div style="display: flex; align-items: center;">  About z axis: </div> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="width: 50%;">Lz = 2.30 m</td> <td style="width: 50%;">Lam_z = 0.56</td> </tr> <tr> <td>Lcr,z = 2.30 m</td> <td>Xz = 0.90</td> </tr> <tr> <td>Lamz = 52.99</td> <td>kzy = 0.00</td> </tr> </table>	Lz = 2.30 m	Lam_z = 0.56	Lcr,z = 2.30 m	Xz = 0.90	Lamz = 52.99	kzy = 0.00				
Ly = 2.30 m	Lam_y = 0.24																
Lcr,y = 2.30 m	Xy = 0.99																
Lamy = 22.34	kyy = 0.90																
Lz = 2.30 m	Lam_z = 0.56																
Lcr,z = 2.30 m	Xz = 0.90																
Lamz = 52.99	kzy = 0.00																
VERIFICATION FORMULAS: <i>Section strength check:</i> $N_{Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.4.(1)) $M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.36 < 1.00$ (6.2.5.(1)) $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.07 < 1.00$ (6.2.6.(1)) <i>Global stability check of member:</i> $\lambda_{b,y} = 22.34 < \lambda_{b,max} = 210.00$ $\lambda_{b,z} = 52.99 < \lambda_{b,max} = 210.00$ STABLE $N_{Ed}/(X_y \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) = 0.33 < 1.00$ (6.3.3.(4)) $N_{Ed}/(X_z \cdot N_{Rk}/g_{M1}) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed,max}/(X_{LT} \cdot M_{y,Rk}/g_{M1}) = 0.00 < 1.00$ (6.3.3.(4))																	
Section OK !!!																	

KUVA 10. Pilarin rasitukset

Suojaverkon mitoitus tehdään vastaavasti kuin pilarin mitoitus. Suojaverkon tulee kestää suurimmat siihen kohdistuvat kuormitukset. Suunnitteluohjeiden mukaan verkon langan ollessa yli 4 mm sen oletetaan automaattisesti kestävänsä siihen kohdistuvat kuormitukset, eli tässä tapauksessa mitoitus kohdistetaan suojaverkon kehysrakenteeseen. Suurin kehykseen kohdistuva pistemäinen pystykuorma

on $q_r = 1,295 \text{ kN}$. Suurin kehykseen kohdistuva pistemäinen vaakakuorma määräytyy ilkeältä kuvaavan pistekuorman tai aerauslumikuorman perusteella, riippuen siitä kumpi on suurempi. Kehykseen kohdistuva aerauskuorma on $q_{ak} = 3,75 \text{ kN/m}^2 * 0,03 \text{ m} * 2 \text{ m} * 1,85 = 0,416 \text{ kN} < \text{ilkeältäkuorma } q_i = 0,925 \text{ kN}$. Mitoitushjelman perusteella todetaan kehyksen kestävän siihen kohdistuvat pystysuuntaiset kuormitukset (kuva 11) ja vaakasuuntaiset kuormitukset (kuva 12).

Robot Structural Analysis Professional 2023		File:	
Author:		Project: Structure	
Address:			


STEEL DESIGN

CODE: SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.
ANALYSIS TYPE: Member Verification

CODE GROUP:
MEMBER: 1 Simple member_1 **POINT:** 1 **COORDINATE:** x = 0.00 L = 0.00 m

LOADS:
 Governing Load Case: 1 DL1

MATERIAL:
 STEEL $f_y = 235.00 \text{ MPa}$



SECTION PARAMETERS: CHAN_1

h=2.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=3.0 cm	Ay=2.53 cm ²	Az=0.80 cm ²	Ax=2.88 cm ²
tw=0.4 cm	Iy=1.63 cm ⁴	Iz=2.48 cm ⁴	Ix=0.14 cm ⁴
tf=0.4 cm	Wply=2.06 cm ³	Wplz=2.35 cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

	Mz,Ed = -0.49 kN*m	Vy,Ed = -0.89 kN
	Mz,p,Rd = 0.55 kN*m	Vy,c,Rd = 34.30 kN
	Mz,c,Rd = 0.55 kN*m	
		Class of section = 1

LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:

<input checked="" type="checkbox"/> About y axis:	<input checked="" type="checkbox"/> About z axis:
---	---

VERIFICATION FORMULAS:
Section strength check:
 Mz,Ed/Mz,c,Rd = 0.88 < 1.00 (6.2.5.(1))
 Vy,Ed/Vy,c,Rd = 0.03 < 1.00 (6.2.6.(1))

Section OK !!!

KUVA 11. Suojaverkon kehän mitoitus, pystykuorma

Robot Structural Analysis Professional 2023 Author: Address:	File: Project: Structure
--	-----------------------------


STEEL DESIGN

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/A1:2014, Eurocode 3: Design of steel structures.*
ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:
MEMBER: 1 *Simple member_1* **POINT:** 1 **COORDINATE:** x = 0.00 L = 0.00 m

LOADS:
Governing Load Case: 1 DL1

MATERIAL:
 STEEL $f_y = 235.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: CHAN_1

h=2.0 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=3.0 cm	Ay=2.53 cm ²	Az=0.80 cm ²	Ax=2.88 cm ²
tw=0.4 cm	Iy=1.63 cm ⁴	Iz=2.48 cm ⁴	Ix=0.14 cm ⁴
tf=0.4 cm	Wply=2.06 cm ³	Wplz=2.35 cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

My,Ed = -0.36 kN*m	Vz,Ed = 0.66 kN
My,pl,Rd = 0.49 kN*m	Vz,c,Rd = 10.85 kN
My,c,Rd = 0.49 kN*m	Class of section = 1

LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:

<input checked="" type="checkbox"/> About y axis:	<input checked="" type="checkbox"/> About z axis:
---	---

VERIFICATION FORMULAS:
Section strength check:
 $M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.74 < 1.00$ (6.2.5.(1))
 $V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.06 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Section OK !!!

KUVA 12. Suojaverkon kehän mitoitus, vaakakuorma

Yhteenvedona runkorakenteen ja suojaverkon kehyksen kestävydestä toimii taulukossa 6 esitetyt rakenteiden käyttöasteet. Rakenteen todetaan kestävän siihen kohdistuvat kuormitukset käyttöasteen ollessa alle 100 %.

TAULUKKO 6. Rakenteiden käyttöasteet

Mitoitettava suure	Käyttöaste
Pilarin taipuma	64 %
Kokonaissiirtymä	84 %
Pilarin kestävyys	36 %
Suojaverkon kehä, pystykuorma	88 %
Suojaverkon kehä, vaakakuorma	74 %

4.4 Tietomalli

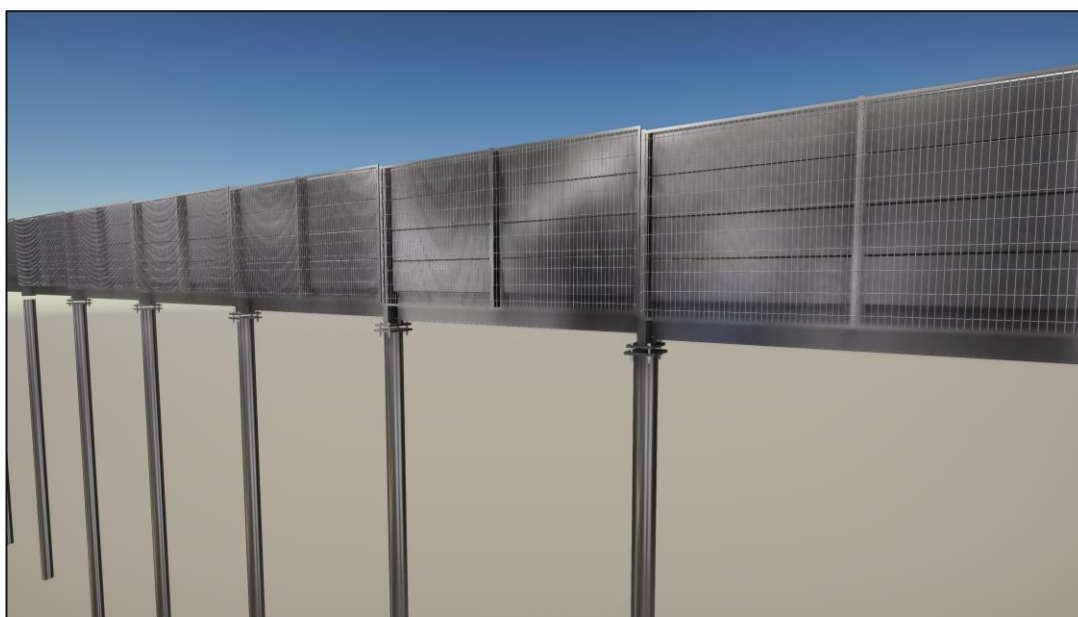
Suunniteltavasta meluseinärakenteesta tehtiin tietomalli *Tekla Structures 2019i ohjelmalla*. Tietomallin käyttö rakennesuunnittelussa hyödyttää suunnittelua monella eri tavalla. Esimerkiksi rakenteen hahmottaminen, esittely, sijoittaminen ja muutosten tekeminen onnistuu nopeasti.

Tässä suunnittelutyössä rakenteesta mallinnettiin ensiksi yhden moduulijaon mittainen seinän osa mahdollisimman valmiiksi. Nykyään ohjelmat sisältävät lukemattoman määrän valmiita komponentteja eli rakenneosia, joita voi hyödyntää mallintamisessa, kuten tässäkin työssä on tehty.

Seuraavaksi ohjelmaan liitettiin lähtöaineistona saadut kaavakartta, johto/putki-tietoaineisto, alueen pistepilvitiedosto, maastomalli ja radan mittausaineisto, joiden paikkatieto vastaa rakennuspaikan oikeaa sijaintia. Näiden lähtötietoaineistojen avulla rakenne pystytään sijoittamaan oikeaan paikkaan ja rakenteen mitat sekä etäisyydet oikein. Suunnittelualueesta tuotettuun pistepilviaineistoon ja raidegeometriaan sidottu malli meluseinästä on esitetty kuvassa 13. Visualisoitu seinärakenne on esitetty kuvassa 14.



KUVA 13. Pistepilviaineistoon ja raidegeometriaan sidottu meluseinä.



KUVA 14. Visualisoitu meluseinämalli

Valmiista tietomallista tuotettiin toimeksiannon mukaiset rakennesuunnitteluvaiheen piirustukset. Yleispiirustuksissa (Liitteet 1,2 ja 3) esitetään rakenteen pääkohdat, kuten rakenteen mitat, sijainti maastossa, moduuli-/pilarijako, kulkuaukkojen sijainnit, sekä poikkileikkaus seinästä ja sen ympäristöstä. Asennuspiirustuksessa (liite 4) on esitetty tarkka kuvaus rakenteesta. Siinä on esitetty pilarivälin mittaisen seinän tarkat mitat kaikista rakenteista ja niiden kiinnityksistä. Lisäksi jokaisesta rakenneosasta tehtiin erillinen osa- tai kokoonpanopiirustus tuotantoa varten.

4.5 Maadoitussuunnitelma

Rautatiealueelle pystytettävien rakenteiden tulee olla maadoitettuja sähköiskuvaaran takia ja siitä tulee tehdä maadoitussuunnitelma, jolla todetaan rakenteen turvallisuus. Maadoitussuunnitelman laadinta toteutettiin kappaleen 3.7 suunnittelustandardien ja ohjeiden mukaisesti. Liitteenä olevassa maadoitussuunnitelmassa (Liite 5) on esitetty tarkasti kohteen maadoittaminen.

Meluseinän maadoituksen suunnittelussa tulee huomioida erityisesti rakenteen sähköinen jatkuvuus, jotta maadoitus toimii koko rakenteen alueella. Tämä varmistetaan rakenteen ala- ja yläosiin liitettävillä maadoitusteräksillä tai kaapeleilla. Rakenteen yläpinnassa kulkevalla teräksellä yhdistetään pilarit, verkot ja melukasetit toisiinsa ja pilarin alapäästä rakenne yhdistetään kaapelilla paluukiskoon vähintään 50 metrin välein. Kulkuaukkojen kohdalla rakenne yhdistetään kaapelilla maan alla aukon pilareiden alapäistä.

Rakenteen liitokset tehdään kaapelikengillä ja liitoskohdat tulee olla puhtaita, eikä niissä saa olla maalia eikä ruostetta. Tarvittaessa rakenne tulee puhdistaa huolellisesti ennen liittämistä. Lisäksi liitoksien teräksille ja kaapeleille on määritelty materiaalit ja vähimmäispaksuudet riittävän sähkönjohtavuuden varmistamiseksi. (Liikenneviraston ohjeita 13/2010.)

4.6 Kustannusarvio

Toimeksiantoon kuului myös rakenteen alustavan kustannusarvion (Liite 6) laatiminen. Kustannusarvio tehtiin IHKU-laskentapalvelulla, joka on infra-hankkeiden kustannuslaskentajärjestelmä (ihku-laskentapalvelu). Järjestelmä sisältää kattavan rakennusosakirjaston, josta löytyy infra-alan yleisimmät rakenneosat ja niiden kustannukset. Laskennasta on mahdollista luoda kustannusarvioraportti, niin kuin tässä työssä tehtiin. Meluseinän kustannusarviota laadittaessa vertailtiin myös vastaavien kohteiden toteutuneita kustannuksia. Tällä tavoin rakenteen alustavat kustannukset saatiin määriteltyä mahdollisimman tarkasti.

Laskentapalvelussa käytettiin IHKU:n rakennusosakirjastoa 21.0.579-R (julkaistu 9.10.2023), kustannuslaskennan hintatasona MAKU: 131,6 (2015=100) ja panoshinnastona MAKU: 131,6 (2015=100, Elokuu 2023). Edellä mainittujen hinnastojen pohjalta IHKU huomioi rakennusosille automaattisesti rakennusosan ja sen asennuksesta aiheutuvat kustannukset.

Kustannusarvion perusteella meluseinän merkittävin kustannus syntyy sen maan yläpuolisista rakenteista, eli pilareista, melukaseteista verkoista ja näiden asennuksesta. Näiden kokonaiskustannukset ovat arviolta 90% rakennusosien ja 60% hankkeen kokonaiskustannuksista. Paaluperustusten kustannukset ovat vastaavasti alle 10% kokonaiskustannuksista.

4.7 Hiilijalanjälki

Nykyään rakenteiden tuottama vaikutus ympäristölle, eli rakenteen hiilijalanjälki on tärkeää tunnistaa ja laskea. Rakenteen tai rakenneosien tuottamalla hiilijalanjäljellä tarkoitetaan sen tuottamia hiilidioksiidipäästöjä (CO₂) koko sen elinkaaren aikana alkaen valmistuksesta ja jatkuen loppusijoitukseen. Rakenteen koko elinkaaren päästöjen laskenta on työlästä varsinkin suurissa rakenteissa ja tämän takia rakenteen elinkaari on hyvä jakaa osiin. Ympäristöministeriön hankkeessa *vähähiilisen rakentamisen tiekartta* on kerrottu kattavasti rakentamisen hiilijalanjäljestä ja sen vaikutuksista. Ympäristöministeriön tiekartassa rakenteen elinkaari on jaettu neljään eri osaan, jotka ovat tuotevaihe, rakentaminen, käyttövaihe ja purkuvaihe. Rakentamisen päästötietokanta on osa ympäristöministeriön tiekartta -hanketta. Päästötietokanta on kaikille avoin ja maksuton palvelu, joka tarjoaa puolueetonta dataa rakennusosien hiilijalanjäljestä. (Ympäristöministeriö nd.)

Meluseinän hiilijalanjäljen laskennassa hyödynnettiin Ympäristöministeriön *vähähiilisen rakentamisen tiekartta* -aineistoa. Meluseinärakenteen tuottamat hiilidioksidipäästöt laskettiin tuotevaiheen osalta. Tuotevaiheeseen sisältyy raaka-aineen hankinta, kuljetus valmistukseen ja tuotteen valmistus. Meluseinän CO₂ -päästölaskelma on esitetty liitessä 7.

5 POHDINTA

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa Tampereelle Tohlopin alueelle suunniteltavan uuden asuinalueen meluntorjuntaan tarkoitettu meluseinärakenteen rakennesuunnitelmat. Rakennesuunnittelutyön tuloksena oli valmiit suunnitelmat, jotka hyväksyttiin tilaajalla ja joiden pohjalta meluseinän rakentaminen voidaan toteuttaa. Suunnittelutyö toteutettiin voimassa olevien standardien, Eurokoodien soveltamisohjeiden ja eettisten arvojen mukaisesti. Toimeksiantona meluseinän rakennesuunnittelu oli mielekäs ja hyvin rakennettu kokonaisuus. Suunnittelutyö oli sopivan haasteellinen ja sille oli varattu riittävästi aikaa. Rakennesuunnittelutyö onnistui hyvin ja se sujui aikataulussa ilman ongelmia. Lähtötietoaineistoa oli runsaasti ja ne sisälsivät melkein kaiken tarvittavan tiedon kohteesta. Ainoastaan rata-alueen kaapeleiden sijainti piti erikseen varmistaa väylävirastolta. Meluseinän suunnitteluun liittyvää kirjallisuutta löytyi kattavasti, jonka avulla suunnittelutyö eteni sujuvasti.

Meluseinärakenteen suunnittelussa pohdin erilaisia vaihtoehtoja, kuinka rakenteen voisi toteuttaa ja mikä olisi sopivin juuri tähän kohteeseen. Lähtökohtana oli, että rakenne olisi mahdollisimman huoltovapaa ja neutraali. Ratamelusteissa ei sallita puuverhousta radan puolella, joten rakenne päätettiin toteuttaa kokonaan teräksestä. Rakennetta lähdettiin hahmottelemaan perustustavan valinnalla, koska sillä oli vaikutusta koko rakenteeseen. Vaihtoehtoina oli betoniantura-, betonipaalu- tai teräsputkipaaluperustus. Sopivimmaksi perustamistavaksi osoittautui teräsputkipaaluperustus sen asennettavuuden perusteella. Meluseinään ei myöskään kohdistu suurta pystysuuntaista kuormaa eikä perustustavalla siis ole isoa merkitystä kokonaishintaan. Pilarirakennetta pohdittiin vertailemalla toteutettuja meluseinäratkaisuja. Usein käytetyt pilarirakenteet ovat IPE-profiili tai putki-profiili. IPE-profiilissa melukasetit asennetaan profiilin laippojen väliin. Tässä kiinnitys on hankalaa ja vaatii usein tärinän ehkäisemiseksi erilliset tiivisteet, jotka vaativat enemmän huoltoa, joten putki-profiilin katsottiin olevan kohteeseen soveltuvampi vaihtoehto. Melukasetteja, suojaverkkoja ja sokkeliä varten putki-profiiliin tarvittiin kiinnityspisteet. Melukasetin sekä sokkelin kiinnitys tuli toteuttaa putki-profiilin väliin niin, että suojaverkon vähimmäisetäisyys kasetin pinnasta täyttyi.

Mikäli meluseinä voitaisiin toteuttaa ilman suojaverkkoja, olisi yksinkertaisin ratkaisu kasettien kiinnittäminen suoraan putkiprofiilin etupintaan. Suojaverkon toteutusmenetelmässä mietittiin vaihtoehtona perinteistä itsekantavaa kolmilankaverkkoa. Suojaverkon osalta päädyttiin kuitenkin käyttämään yksinkertaisempaa kehystettyä suojaverkkorakennetta, jossa on vähemmän irtonaisia osia. Tämäkin vähentää huollon tarvetta ja helpottaa asentamista. Sokkelin osalta rakenne on yksinkertainen teräslevy. Sokkelin suunnittelussa tuli huomioida maaperän routiminen, joka saattaa aiheuttaa maahan upotetussa levyssä vääntelyä. Sokkelin toteutukselle on vaihtoehtona jättää se maanpinnan yläpuolelle ja tiivistää sokkelin ja maanpinnan välinen tila joustavalla kumilevyllä. Kumilevyä käytettäessä sokkelin alapuolisen maan ei tarvitse olla routimatonta, jolloin sen vähentää rakennuskustannuksia. Toisaalta se taas lisää rakenteen huoltotarvetta.

Rakenteen kustannuksia pohdittaessa oli yllättävää todeta, että paaluperustuksen merkitys rakenteen kokonaiskustannuksista oli yllättävän pieni. Suurin kustannus kohdistuu rakenteen maanpäällisiin osiin. Moduulijaon kasvattamisella esimerkiksi 4 metristä 6 metriin olisi rakenteen paalu- ja pilarimäärää saatu vähennettyä. Tämä olisi vähentänyt sellaisenaan rakenteen kokonaiskustannuksia, mutta toisaalta olisi lisännyt pilareihin ja paaluihin kohdistuvaa kuormaa. Kuorman lisääminen olisi vaatinut vahvempia rakenteita, joka taas lisää osaltaan kustannuksia. Moduulijaon kasvattamalla saatava hyöty olisi jäänyt näin ollen varsin vähäiseksi.

Rakennesuunnittelun tarkoituksena oli suunnitella kohteeseen soveltuva, kestävyydeltään mitoitettu ja rakenneteknisiltä ominaisuuksiltaan toimiva rakenne. Rakennesuunnittelun tuloksia voidaan pitää luotettavina ja niitä voidaan käyttää osana hankkeen rakennussuunnittelua ja toteutusta. Alueen jatkokehityksen kannalta meluseinä on mahdollista purkaa ja sijoittaa uudelleen esimerkiksi alueelle suunnitellun lisäraiteen vuoksi. Seinän korkeutta on myös mahdollista kasvattaa tietyin muutoksin, mikäli se katsottaisiin tarpeelliseksi. Korkeutta voitaisiin lisätä esimerkiksi seinän päälle asennettavalla läpinäkyvällä yläosalla. Meluseinän rakenne mahdollistaa omalta osaltaan alueen kehittymisen.

LÄHTEET

Afry finland Oy nd. Tietoa meistä. Viitattu 29.9.2023. <https://afry.com/fi-fi/tietoa-meista>

EN 1794-1:2003. 2003. Road traffic noise reducing devices. Non-acoustic performance. Bsi. Vaatii käyttöoikeuden. Viitattu 25.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Hosiokangas, J. 2022. Tohlopınranta (AK 8525), Tampere. Asemakaavan muutoksen meluselvitys. Ramboll Finland Oy.

InfraRYL 2023/1, 26.6.2023. Viitattu 3.10.2023. https://ryl-rakennustieto-fi.libproxy.tuni.fi/ryl/infraryl/2023_1/

Liikenneviraston ohjeita 13/2010. Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu 5.10.2010. Viitattu 28.10.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2010-13_rautatiealueelle_tulevien_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita 23/2018. Ratatekniset ohjeet (RATO 5). Sähköistetty rata. 12.6.2018. Viitattu 28.10.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2016-07_sahkorataohjeet_web.pdf

Liikenneviraston ohjeita 24/2017. Eurokoodin soveltamisohje. Siltojen kuormat ja suunnitteluperusteet – NCCI 1. 6.12.2017. Viitattu 29.10.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2017-24_ncci1_web.pdf

SFS-EN 1990 + A1 + AC:2006. 2006. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden. Viitattu 7.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1991-1-1 + AC:2002. 2002. Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden. Viitattu 7.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1991-1-4 + AC + A1:2011. 2011. Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat, tuulikuormat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden. Viitattu 8.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1991-2 + AC:2004. 2004. Rakenteiden kuormat. Osa 2: Siltojen liikennekuormat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden. Viitattu 10.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1993-1-1:2005. 2005. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden. Viitattu 21.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1993-1-8:2005. 2005. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-8: Liitosten mitoitus. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden. Viitattu 21.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

SFS-EN 1993-1-10:2005. 2005. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-10: Materiaalien sitkeys ja paksuussuuntaiset ominaisuudet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto SFS. Vaatii käyttöoikeuden. Viitattu 21.10.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Tampere. nd. Karttapalvelu (Oskari). Viitattu 4.10.2023. <https://kartat.tampere.fi/oskari/#>

Väyläviraston ohjeita 27/2022. Teiden ja ratojen melusteiden suunnittelu 1.5.2022. Viitattu 30.9.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Vaylavirasto/vo_2022-27_melusteet_1.5.2022_web.pdf

Väyläviraston ohjeita 32/2016. Sivukuormitettujen pylväasperustusten suunnitteluohje 1.12.2016. Viitattu 16.10.2023. https://ava.vaylapilvi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2016-32_sivukuormitettujen_pylvasperustusten_web.pdf

Väylävirasto 2023a. Melu ja värinä. Viitattu 4.10.2023. <https://vayla.fi/ymparisto/melu-tarina>

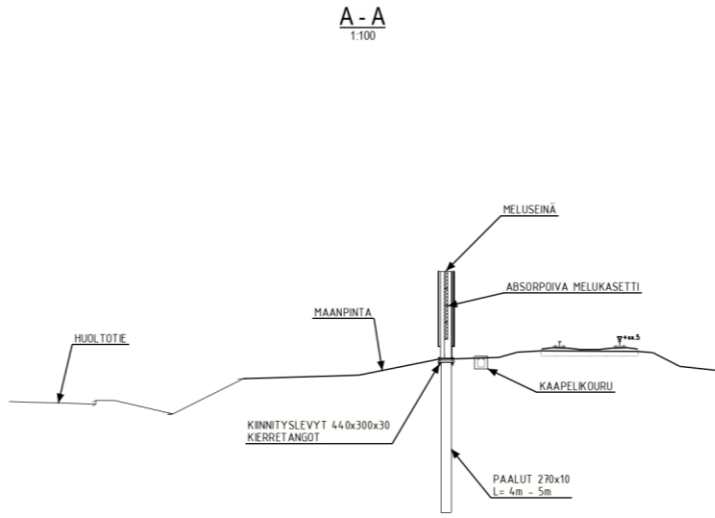
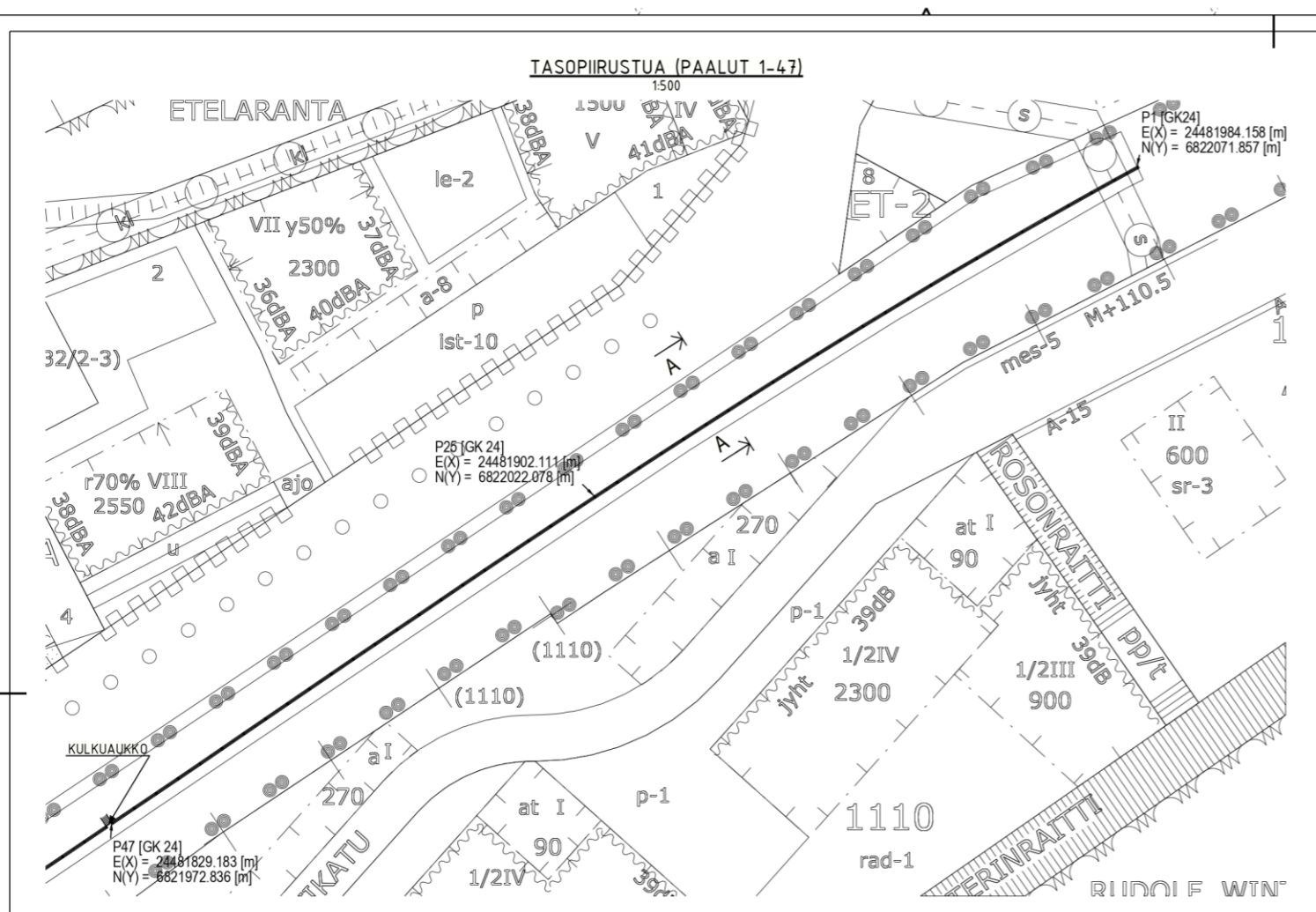
Väylävirasto 2023b. Mikä on tietomalli? Viitattu 4.10.2023. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli->

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527 Viitattu 4.10.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Ympäristöministeriö. nd. Vähähiilisen rakentamisen tiekartta. Viitattu 20.11.2023. <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>

LIITTEET

Liite 1. Yleispiirustus



KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ ETRS-GK24
 KORKEUSJÄRJESTELMÄ N2000

MELUESTEEN ETÄISYYS LÄHIMÄN RADAN KESKILINJASTA VÄHINTÄÄN 3,6m
 JA KORKEUS LÄHIMÄN KISKON SELÄSTÄ VÄHINTÄÄN +1,8m

ASENUSTYÖT SUORITETAAN HUOLTOTILTÄ
 PAALUKOORDINAATIT ERILLISELLÄ TAULUKOLLA
 KAIKKI PAALUT MÄÄRÄMITTaisia L= 4m - 5m
 PAALUVALI 4m KOKO SEINÄN MATKALLA LUKUUNOTTAMATTA
 KULKUAUKKOJA JOISSA PAALUVALI 1090mm

MATERIAALIT:

PAALUT: TERÄSLAATU S440J2H
 TERÄSOSAT JA TOLPAT: S355J2H MAALATTU JA KUUMASINKITTY TERÄS
 TERÄSOSIEN PINTAKÄSITTELY:
 Teräsosat kuumasinkittään koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti.
 Maalausjärjestelmä TIEL 4.20, Rasitusluokka C4
 EPPUR 160/3 FeZnSa
 -keskimääräinen kuumasinkityksen kerrospaksuus 140 qm
 - paikallinen kuumasinkityksen vähimmäispaksuus 115 qm

SOKKELIT: kuumasinkittään koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti.

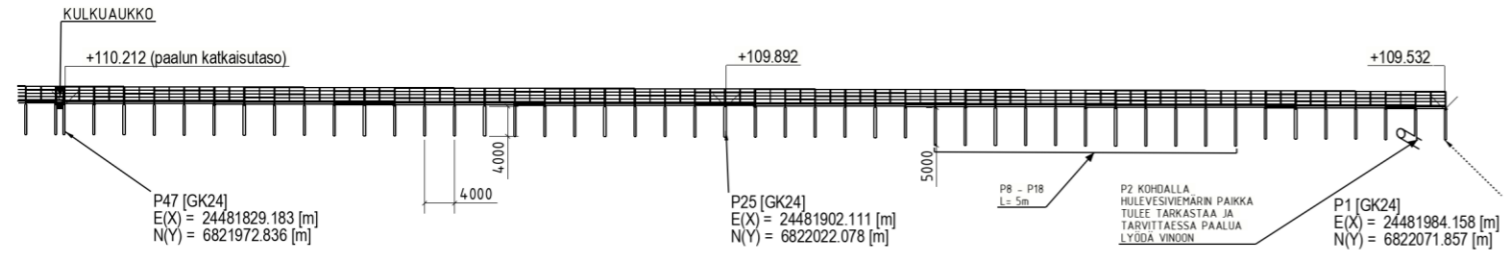
VÄRI, NÄKYVÄT TERÄSOSAT:
 - RAL 7024

VERKKOELEMENTITTI:
 Verkon silmäkoko 200/50, langan vahvuus 4mm
 Kuumasinkittään koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti
 RUUVIT JA KIINNIKKEET: kaikki osat sinkitty, sinkin vahvuus 140qm

Hitsausluokka standardin SFS-EN ISO 5817 mukaisesti LUOKKA C
 - Hitsauksen koko a = 4mm ellei toisin merkitty

MELUKASETTI: ABSORBOIVA, KORKEUS 430MM, TYYPIHYVÄKSYTTY EN 1793
 MUKAISESTI VÄHINTÄÄN A3- LUOKAN MELUKASETTI

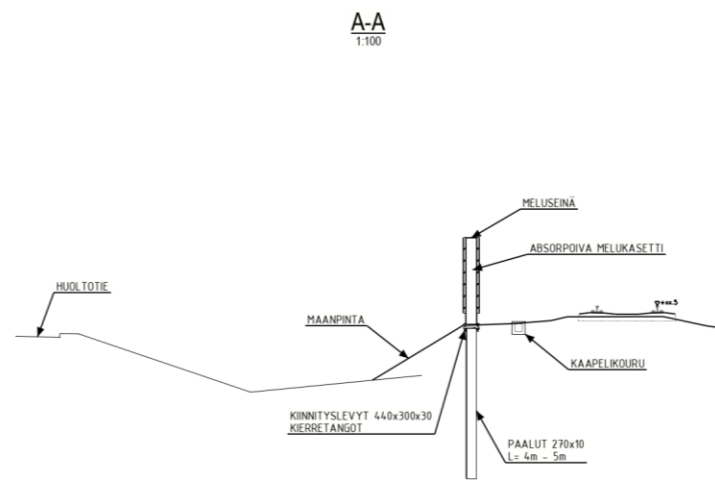
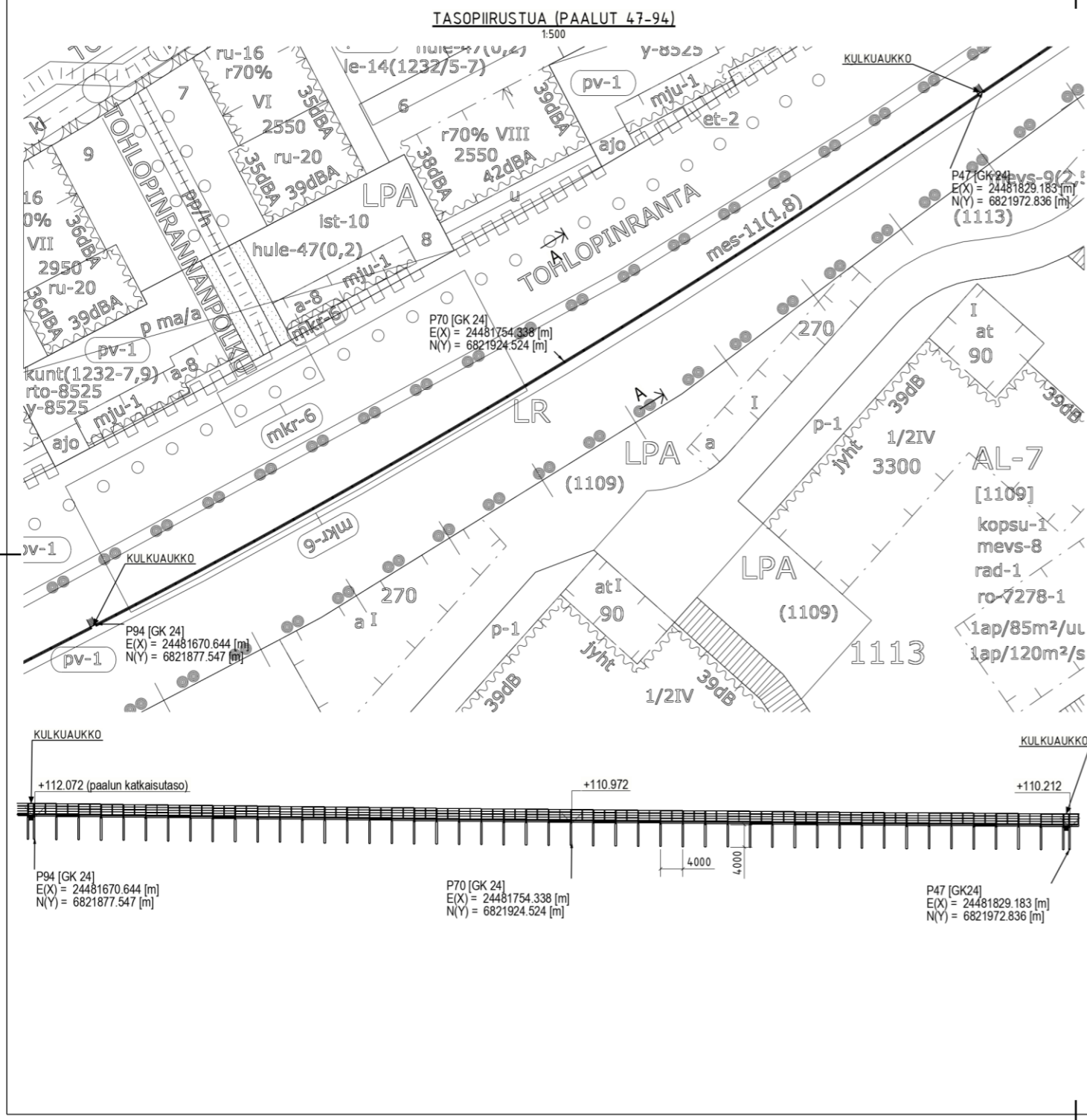
GRAFFIITISUOJAUS:
 MAALATUT TERÄSOSAT: 2xAGS 3510 TAI VAST.
 SILKO-HYVÄKSYTYLLÄ GRAFFIITINSUOJA-AINEELLA



URAKKALASKENTAA VARTEN 17.07.2023

TAMPEREEN KAUPUNKI KAUPUNKIYMPÄRISTÖN PALVELUALUE		Ylön päätös: Suunnittelupäällikön päätös:	
TOHLOPINRANTA MELUSEINÄ		Muutos:	
YLEISPIIRUSTUS PAALUT 1-47 MK: 1:500, 1:100		Tark. P. RUOHOMÄKI Pvm. Korvaa Piir.no	
Piirt. J. HUUHANMÄKI Suunn. J. HUUHANMÄKI Tark.		Arkk.no Piir.no 4/22354/1	

Liite 2. Yleispiirustus



KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ ETRS-GK24
KORKEUSJÄRJESTELMÄ N2000

MELUESTEEN ETÄISYYS LÄHIMMÄN RADAN KESKILINJASTA VÄHINTÄÄN 3,6m
JA KORKEUS LÄHIMMÄN KISKON SELÄSTÄ VÄHINTÄÄN +1,8m

ASENNUSTYÖT SUORITETAAN HUOLTOTIELTÄ
PAALUKOORDINAATIT ERILLISELLÄ TAULUKOLLA
KAIKKI PAALUT MÄÄRAMITTAISIA L= 4m - 5m
PAALUVÄLI 4m KOKO SEINÄN MATKALLA LUKUUNOTTAMATTA
KULKUAUKKOJA JOISSA PAALUVÄLI 1090mm

MATERIAALIT:

PAALUT: TERÄSLAATU S440J2H
TERÄSOSAT JA TOLPAT: S355J2H MAALATTU JA KUUMASINKITTY TERÄS
TERÄSOSIEN PINTAKÄSITTELY:
Teräsovat kuumasinkitaan koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti.
Maalausjärjestelmä TIEL 4.20, Rasitusluokka C4
EPPUR 160/3 FeZn5a
-keskimääräinen kuumasinkityksen kerrospaksuus 140 qm
- paikallinen kuumasinkityksen vähimmäispaksuus 115 qm

SOKKELIT: kuumasinkitaan koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti.

VÄRI, NÄKYVÄT TERÄSOSAT:
- RAL 7024

VERKKOELEMENTIT:
Verkon silmäkoko 200/50, langan vahvuus 4mm
Kuumasinkitaan koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti
RUUVIT JA KIINNIKKEET: kaikki osat sinkitty, sinkin vahvuus 140qm

Hitsausluokka standardin SFS-EN ISO 5817 mukaisesti LUOKKA C
- Hitsauksen koko a = 4mm ellei toisin merkitty

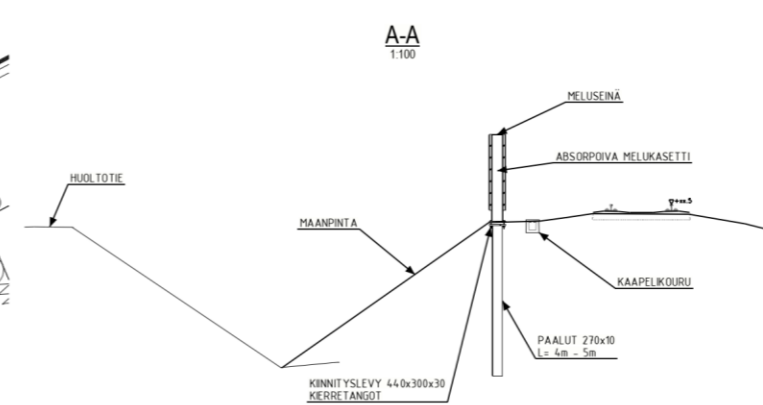
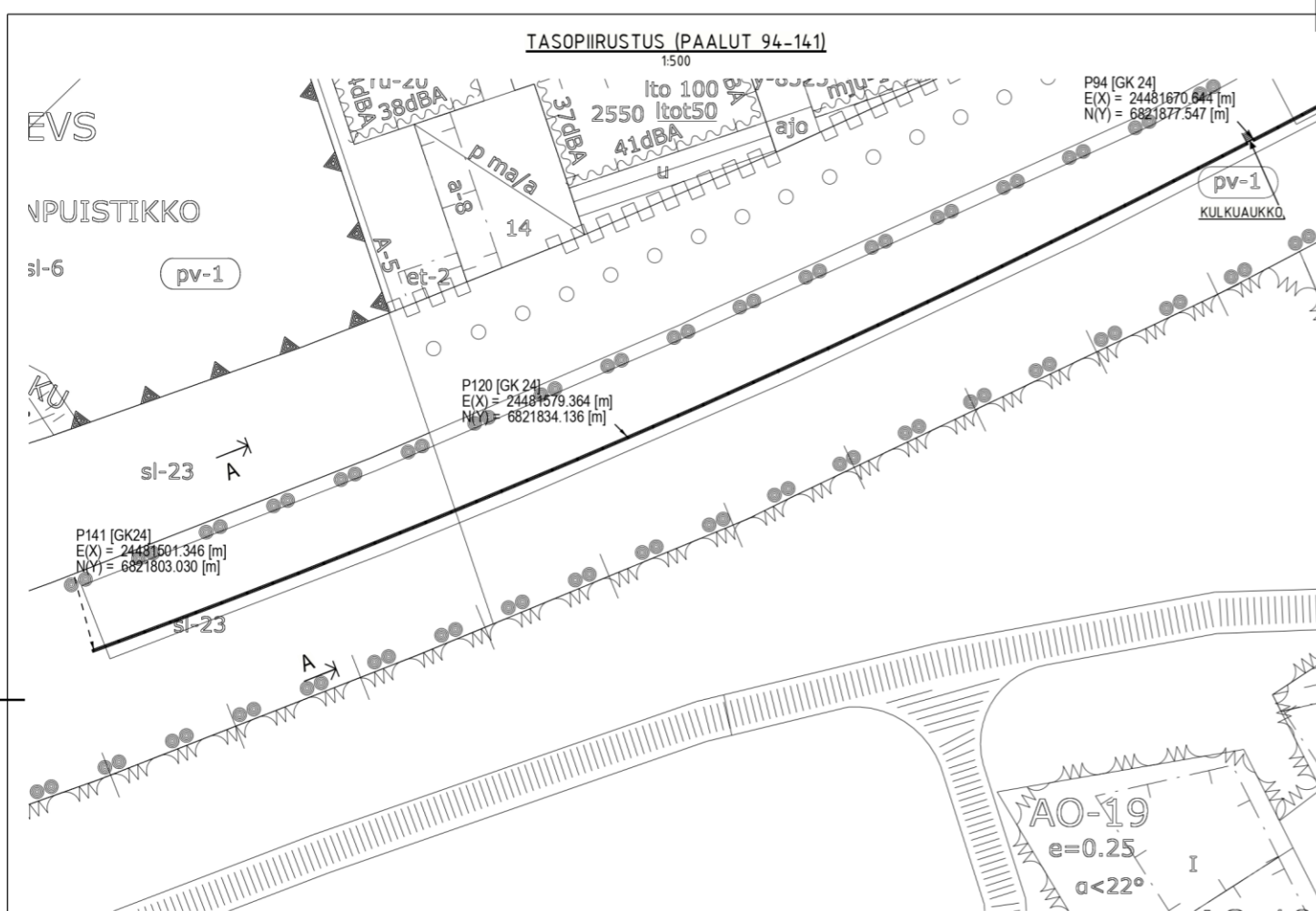
MELUKASSETTI: ABSORBOIVA, KORKEUS 430MM, TYYPPIHVÄKSYTTY EN 1793
MUKAISESTI VÄHINTÄÄN A3- LUOKAN MELUKASSETTI

GRAFFIITISUOJAUS:
MAALATUT TERÄSOSAT: 2xAGS 3510 TAI VAST.
SILKO-HVÄKSYTYLLÄ GRAFFIITISUOJA-AINEELLA

URAKKALASKENTAA VARTEN 17.07.2023

TAMPEREEN KAUPUNKI KAUPUNKIYMPÄRISTÖN PALVELUALUE		Yllä päätös:	
		Suunnittelupäällikön päätös:	
TOHLOPINRANTA MELUSEINÄ	Muutos		
	Tark.		
	Hyy.	P. RUOHOMÄKI	
	Pvm.		
	Karvaa Piir.no		
AFRY	Piirt.	J. HUUHANMÄKI	Ark.no:
	Suunn.	J. HUUHANMÄKI	Piirt.no
	Tark.		4/22354/2

Liite 3. Yleispiirustus



KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ ETRS-GK24
KORKEUSJÄRJESTELMÄ N2000

MELUESTEEN ETÄISYYS LÄHIMMÄN RADAN KESKILINJASTA VÄHINTÄÄN 3,6m
JA KORKEUS LÄHIMMÄN KISKON SELÄSTÄ VÄHINTÄÄN +1,8m

ASENNUSTYÖT SUORITETAAN HUOLTOTIETÄ
PAALUKOORDINAATIT ERILLISELLÄ TAULUKKOLA
KAIKKI PAALUT MÄÄRÄMITTÄISIÄ L= 4m - 5m
PAALUVÄLI 4m KOKO SEINÄN MATKALLA LUKUUNOTTAMATTA
KULKUAUKKOJA JOISSA PAALUVÄLI 1090mm

MATERIAALIT:

PAALUT: TERÄSLAATU S440J2H
TERÄSOSAT JA TOLPAT: S355J2H MAALATTU JA KUUMASINKITYTTY TERÄS
TERÄSOSIEN PINTAKÄSITTELY:
Teräsovat kuumasinkittään koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti.
Maalausjärjestelmä TIEL 4.20, Rasitusluokka C4
EPPUR 160/3 FeZnSa
- keskimääräinen kuumasinkityksen kerrospaksuus 140 qm
- paikallinen kuumasinkityksen vähimmäispaksuus 115 qm

SOKKELIT: kuumasinkittään koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti.

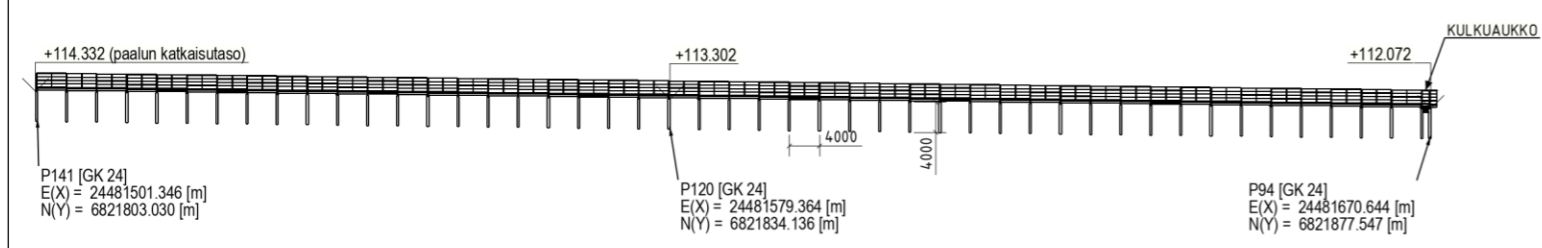
VÄRI, NÄKYVÄT TERÄSOSAT:
- RAL 7024

VERKKOELEMENTTI:
Verkon silmäkoko 200/50, langan vahvuus 4mm
Kuumasinkittään koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti
RUUVIT JA KIINNIKKEET: kaikki osat sinkitty, sinkin vahvuus 140qm

Hitsausluokka standardin SFS-EN ISO 5817 mukaisesti LUOKKA C
- Hitsauksen koko a = 4mm ellei toisin merkitty

MELUKASETTI: ABSORBOIVA, KORKEUS 430MM, TYYPIHYVÄKSYTTY EN 1793
MUKAISESTI VÄHINTÄÄN A3- LUOKAN MELUKASETTI

GRAFFITISUOJAUS:
MAALATUT TERÄSOSAT: 2xAGS 3510 TAI VAST.
SILKO-HYVÄKSYTYLLÄ GRAFFIITISUOJA-AINEELLA

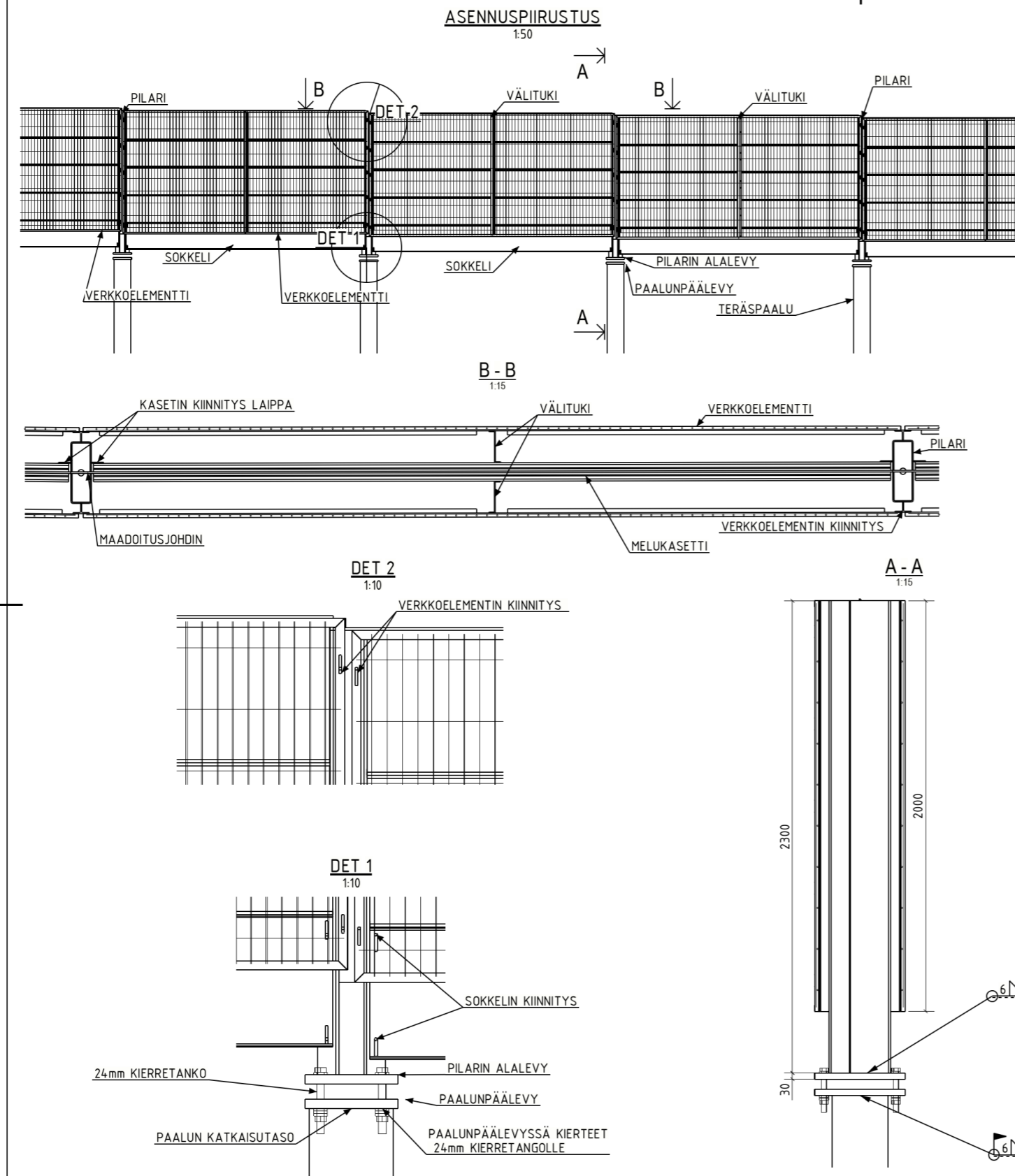


URAKKALASKENTAA VARTEN 17.07.2023

TAMPEREEN KAUPUNKI KAUPUNKIYMPÄRISTÖN PALVELUALUE		Ylän päättös:	
		Suunnittelupäätöksen päättös:	
TOHLOPINRANTA MELUSEINÄ YLEISPIIRUSTUS PAALUT 94 - 141 MK: 1:500, 1:100	Muutos		
	Tark.		
	Hyv.	P.RUOHOMÄKI	
	Pvm.		
	Korvaa Piir.n:o		
	Ark.n:o		
	Piirt. J.HUHANMÄKI		
	Suunn. J.HUHANMÄKI	Piirt.n:o	4/22354/3
	Tark.		



Liite 4. Asennuspiirustus



KOORDINAATTIJÄRJESTELMÄ ETRS-GK24
KORKEUSJÄRJESTELMÄ N2000

MELUESTEEN ETÄISYYS LÄHIMMÄN RADAN KESKILINJASTA VÄHINTÄÄN 3,6m
JA KORKEUS LÄHIMMÄN KISKON SELÄSTÄ VÄHINTÄÄN +1,8m

ASENNUSTYÖT SUORITETAAN HUOLTOTILTÄ
PAALUKOORDINAATIT ERILLISELLÄ TAULUKOLLA
KAIKKI PAALUT MÄÄRÄMITTÄISIA L= 4m - 5m
PAALUVÄLI 4m KOKO SEINÄN MATKALLA LUKUUNOTTAMATTA
KULKUAUKKOJA JOISSA PAALUVÄLI 1090mm

MATERIAALIT:

PAALUT: TERÄSLAATU S440J2H
TERÄSOSAT JA TOLPAT: S355J2H MAALATTU JA KUUMASINKITTY TERÄS
TERÄSOSIEN PINTAKÄSITTELY:
Teräsosat kuumasinkitään koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti.
Maalausjärjestelmä TIEL 4.20, Rasitusluokka C4
EPPUR 160/3 FeZnSa
-keskimääräinen kuumasinkityksen kerrospaksuus 140 qm
- paikallinen kuumasinkityksen vähimmäispaksuus 115 qm

SOKKELIT: kuumasinkitään koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti.

VÄRI, NÄKYVÄT TERÄSOSAT:

- RAL 7024

VERKKOELEMENTTI:

Verkon silmäkoko 200/50, langan vahvuus 4mm
Kuumasinkitään koottuna SFS-EN ISO 1461, liite F luokan C mukaisesti
RUUVIT JA KIINNIKKEET: kaikki osat sinkitty, sinkin vahvuus 140qm

Hitsausluokka standardin SFS-EN ISO 5817 mukaisesti LUOKKA C
- Hitsauksen koko a = 4mm ellei toisin merkitty

MELUKASETTI: ABSORBOIVA, KORKEUS 430MM, TYYPPIHVÄKSYTTY EN 1793
MUKAISESTI VÄHINTÄÄN A3- LUOKAN MELUKASETTI

GRAFFITISUOJAUS:

MAALATUT TERÄSOSAT: 2xAGS 3510 TAI VAST.
SILKO-HYVÄKSYTYLLÄ GRAFFIITINSUOJA-AINEELLA

URAKKALASKENTAA VARTEN 17.07.2023



TAMPEREEN KAUPUNKI
KAUPUNKIYMPÄRISTÖN PALVELUALUE

TOHLOPINRANTA
MELUSEINÄ

ASENNUSPIIRUSTUS
DETALJIT
MK: 1:50, 1:15, 1:10



Piirt. J.HUUHANMÄKI
Suunn. J.HUUHANMÄKI
Tark.

Ylön päätös:
Suunnittelupäällikön päätös:

Muutos

Tark.

Hyv. P.RUOHOMÄKI

Pvm.

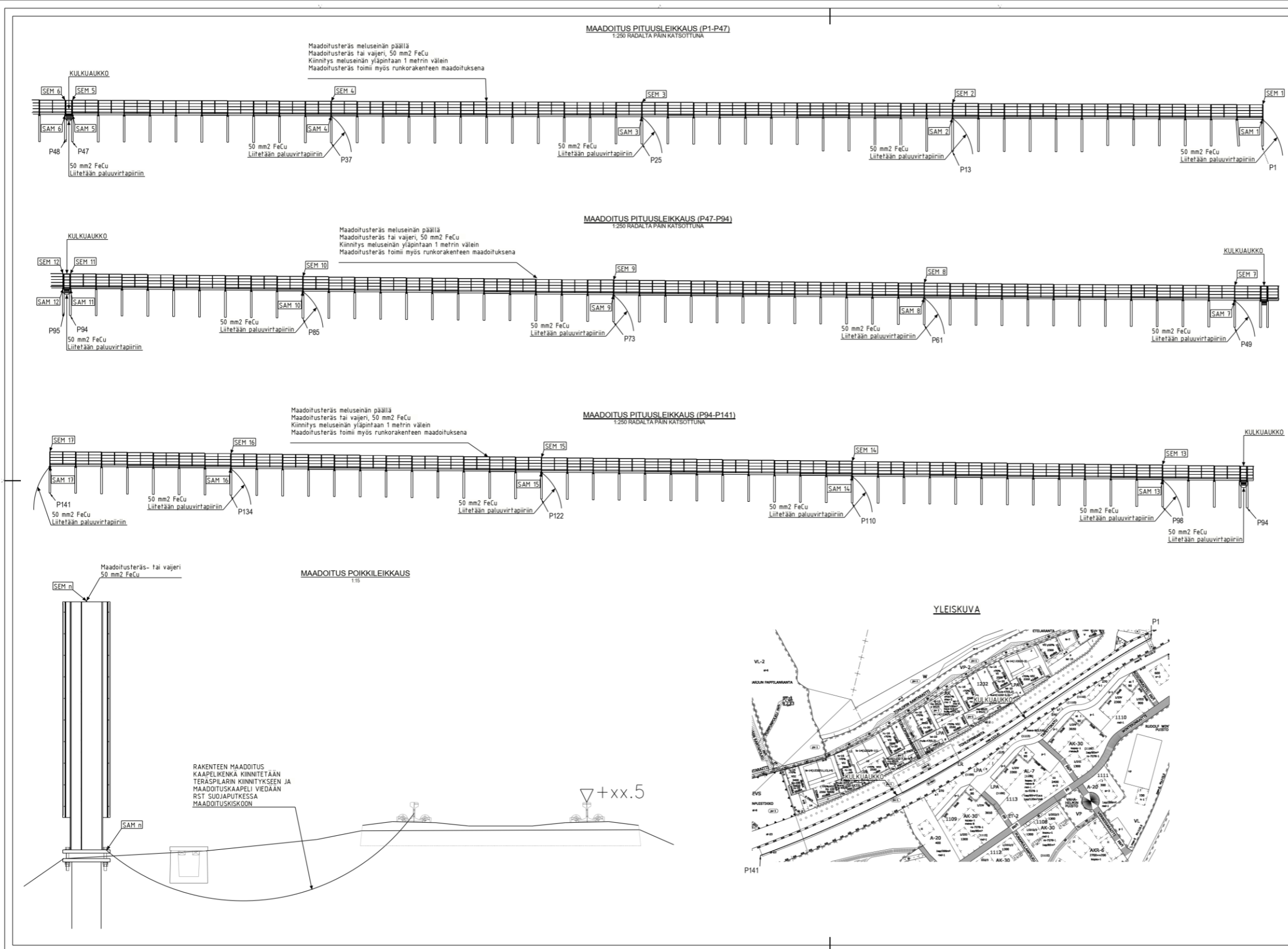
Korvaa Piir.n:o

Ark.n:o

Piirt.n:o 4/22354/4

A2

Liite 5. Maadoitussuunnitelma



MELUSEINÄN MAADOITUS

Meluseinä tulee maadoittaa maksimissaan 50 metrin välein, meluseinässä on 17 kpl maadoituksen paluuvirtapiiriin liitäntäpisteitä.

Meluseinän päälle asennetaan poikkipinta-alaltaan vähintään 50 mm²n kuumasinkitty teräslatta tai teräslanka.

Kiskoliitännät tehdään 50mm²n FeCu-köydellä ja Cembre-liittimillä.

Metallien kosketuspinnat eivät saa olla maalattuja, eivätkä muovittuja tai liitosissa on käytettävä maalipinnan rikkovaa tähtialuslevyä, jos materiaali sen sallii.

Maadoitusteräksiä jatkettaessa on käytettävä Väyläviraston sallimia maadoitusterästen jatkosliittimiä.

MAADOITUKSEN LAATUVAATIMUKSET:
Standardi SFS 6001 ja Liikenneviraston ohje: Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu L013/2010.

MAADOITUKSESSA KÄYTETTÄVÄT MATERIAALIT:
Näkyvät tai osittain näkyvät rakenneosat: AISI316
Ruuvit, mutterit, aluslevyt: Haponkestävää tai kuumasinkittyä terästä, lujuusluokka 8.8
liitoksessa saa käyttää vain yhtä laattaa

Maadoitusjohtimen liitos kiskoon erillisen suunnitelman mukaan (esim. cembre-liitos SR-M-1970/, SR-M-1970/M vastaavai). Liitäntä kiskoon tehdään Väyläviraston hyväksymällä menetelmällä ja hyväksytyillä komponenteilla käyttäen. Urakoitsija laatii maadoitusluettelon. Maadoitusluettelo on tehtävä ennen SAM-liitoksen yhdistämistä paluuvirtapiiriin. Lopullinen maadoitusluettelo toimitetaan Väyläviraston raaperustusarkistoon ja käytön johtajalle.

Urakkalaskentaa varten

TAMPEREEN KAUPUNKI
KAUPUNKIYMPÄRISTÖN PALVELUALUE

TOHLOPINRANTA
MELUSEINÄ

MAADOITUSSUUNNITELMA 1
MK: 1:250, 1:15

Yhön päättökä:
Suunnittelupöytäkirjan päättökä:

Muutok	
Tark.	
Hyt.	P. Ruohomäki
Pvm.	
Korvaa	
Päiv.nro	
Ark.nro	


AFRY

Piirt. J. Huuhonmäki
Suunn. J. Huuhonmäki
Tark.

Piirt.nro 4/22354/5

A4 H2L5

Liite 6. Kustannusarvio

Kustannusarvio nimikkeittäin					
Perustiedot					
Hanke	Tohlopinrannan meluseinä		 Ilhku-laskentapaalvelu Raportti tulostettu 3.11.2023		
Hankekuvaus					
Hanketunnus / kustannuspaikka					
Suunnitteluvaihe	Rakennussuunnitelma				
Hanketyyppi	Rata				
Toteutusympäristö	Rakennettu ympäristö				
Tilajaorganisaatio					
Tilajan vastuhenkilö					
Palveluntuottajaorganisaatio					
Palveluntuottajan vastuhenkilö					
Kustannuslaskennan hintataso	MAKU: 131,6 (2015=100)		Yhteensä (alv 0 %)	1 295 202,17 €	
Panoslaskennan hintataso	MAKU: 131,6 (2015=100, elokuu 2023)				
Rakennusosakirjasto	21.0.579-R (julkaistu 9.10.2023)				
Oletuskuljetusmatkat	Väliarasto: 1 km Läjitys: 1 km Loppusijoitus sis. vastaanottomaksun: 1 km Sisäiset: 1 km Tuotavat: 1 km				
Rakennusosat					
Muokatut hinnat näkyvät kursivilla.					
☐ = Oma tarkenne					
		MÄÄRÄ	YKSIKKÖ	YKSIKKÖHINTA (€)	YHTEENSÄ (€)
Rakennusosat yhteensä					1 295 202,17
1000	Maa-, pohja- ja kalliorakenteet				142 681,97
1300	Perustusrakenteet				142 681,97
1320	Paaluperustukset				142 681,97
1321.2	Puristettavat paalut				114 481,97
1321.2	Puristettava paalu, sis. kalliojärki ja jatkos, teräspaalu d220/12,5 ☐ d270/10	574,00	mtr	199,45	114 481,97
1321.5	Porapaalut				28 200,00
1321.5	PPL-paalunpäälevy362	141,00	kpl	200,00	28 200,00
3000	Järjestelmät				8 100,00
3300	Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät				8 100,00
3310	Sähkön- ja tiedonsiirto- rakenteet				8 100,00
3313	Maadoitukset				8 100,00
3313	Maadoitus, yksikköhinnalla	1,00	kpl	8 100,00	8 100,00
4000	Rakennustekniset rakennusosat				1 144 420,20
4200	Sillat				5 920,20
4210	Sillan tukirakenteet				5 920,20
4214	Sillan tukirakenteiden verhoukset				5 920,20
4214	uhrautuva grafitiinsuoja,	2 530,00	m2tr	2,34	5 920,20
4500	Ympäristörakenteet				1 138 500,00
4510	Suojaus- ja vaimennusrakenteet				1 138 500,00
4511	Meluseinät				1 138 500,00
4511	Meluseinä, kasettirakenne, verkot molemmin puolin, sokkeli terästä, sis. hankinta ja asennus	1 265,00	m2	900,00	1 138 500,00
1000-4000					Rakennusosat yhteensä 1 295 202,17

Liite 7. Päästölaskenta

Meluseinän CO2-päästölaskenta							
Materiaali	Kg/m	kg/kpl	m	kpl	yht kg	CO2, kg/kg	CO2, kg yht
Teräsputkipaalu RR d270/10	64.9		574		37252.6	2.5	93132
Paaluhattu 440x300x30		31.1		141	4385.1	3	13155
Teräsputkiprofiili CFRHS 300x100x5		131		141	18471	2.5	46178
Absorboiva melukasetti, ohut teräslevy 450x90		28.4		548	15563.2	2.6	40464
Absorboiva aine, huokoinen eriste		0.52		548	284.96	1.5	427
Teräs sokkeli C-profiili 430x20x4		56.2		138	7755.6	2.6	20165
Teräs välituki Z-profiili 155x60x4		13.2		276	3643.2	2.6	9472
Teräsverkkoelementti, kehystetty		31		276	8556	2.6	22246
Maadoitusjohdin Cu25	0.22		600		132	4.2	554
Kiinnityspultit		0.2		4500	900	2.02	1818
						Total CO2, kg	247611
						t	248