



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Ville-Veikko Kyllönen

# Lauttaliikenteen melupäästömittaus ja melumallinnus

Tekniikka  
2023

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Ville-Veikko Kyllönen
Opinnäytetyön nimi	Lauttaliikenteen melupäästömittaus ja melumallinnus
Vuosi	2023
Kieli	suomi
Sivumäärä	47 + 16 liitettä
Ohjaaja	Toni Lustila

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi WSP Finland Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella nykyisen Skåldössä liikennöivän dieselkäyttöisen lossin sekä vaihtoehtoisten liikenneratkaisujen meluvaikutuksia.

Työssä suoritettiin melupäästömittauksia dieselkäyttöiselle lossille sekä sähkökäyttöiselle lautalle. Mittauksista saatujen tulosten perusteella laskettiin melutasot Cadna/A-melunlaskentaohjelman pohjoismaisella tie- ja teollisuusmelun laskentamallilla. Lisäksi laskentaohjelmalla tarkasteltiin kiinteän siltayhteyden meluvaikutuksia itäisellä ja läntisellä linjauksella.

Melumallinnuksella saatavista tuloksista voidaan todeta, että dieselkäyttöinen lossi ja sähkökäyttöinen lautta ei aiheuta VNp 993/92 mukaisia ohjearvon ylityksiä Skåldössä tapahtuvasta liikennöinnistä. Kiinteän siltayhteyden osalta ohjearvon ylityksiä tapahtuu itäisellä sekä läntisellä linjauksella.

Johtopäätöksissä todettiin että, dieselkäyttöinen lossi ei aiheuta ohjearvon ylityksiä ja sähkökäyttöinen lautta vähentää meluvaikutuksia entisestään. Kiinteä siltayhteys aiheuttaa ohjearvon ylityksiä ja vaatii meluntorjuntaa.

---

Avainsana melu, melupäästömittaus, melunlaskentaohjelma, ympäristövaikutukset

## ABSTRACT

Author	Ville-Veikko Kyllönen
Title	Measurement of Ferry Traffic Noise Emission and Noise Modeling
Year	2023
Language	Finnish
Pages	46 + 16 Appendices
Name of Supervisor	Toni Lustila

---

This thesis was commissioned by WSP Finland Oy. The purpose of the thesis was to examine the noise effects of the current diesel-powered ferry operating in Skåldö and alternative traffic solutions.

In the thesis, noise emission measurements were carried out on a diesel-powered ferry and electric ferry. Based on the results of the measurements, the noise levels were calculated using the Nordic Road traffic noise calculation model of the Cadna/A noise calculation program. In addition, the calculation program was used to examine the fixed bridge connection.

From the results obtained by noise modelling, it can be noted that a diesel-powered ferry and an electric ferry do not cause any exceedances of the guideline value in accordance with VNp 993/92. On part of a fixed bridge connection, there were exceedances of the guideline value in the eastern and western options.

The conclusion is that the diesel-powered ferry does not cause any exceedances of the guideline value and the electric ferry will further reduce the noise impact. A fixed bridge connection exceeds the guideline value and requires noise abatement.

---

Keywords      Noise, noise emission measurement, noise calculation program, environmental impacts

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO .....	8
2	HANKKEEN KUVAUS.....	10
3	MELUN TEORIA.....	11
3.1	Ääni.....	11
3.2	Äänenpainetaso .....	12
3.3	Taajuus ja spektri .....	13
3.3.1	Kapeakaistainen melu.....	13
3.4	Melu.....	13
3.5	Lainsäädäntö.....	16
4	YMPÄRISTÖMELUMITTAUSTA KOSKEVAT OHJEET .....	19
5	MITTAUKSET.....	21
5.1.1	Ympäristömelumittausten epävarmuus .....	23
5.1.2	Äänitehotasomittausten epävarmuus .....	23
5.2	Sähkölautan äänitehotasomittaukset .....	24
5.3	Dieselläkäytetyn lossin äänitehotasomittaukset .....	27
5.4	Rannalla tehdyt mittaukset .....	31
5.5	Mittaustulokset.....	32
6	MELUMALLINNUS.....	35
6.1.1	Laskentamallin epävarmuus.....	35
6.2	Sähkölautan melumallinnus .....	37
6.2.1	Melulaskennan tulokset.....	39
6.3	Dieselläkäytetyn lossin melumallinnus .....	39
6.3.1	Melulaskennan tulokset.....	40
6.4	Kiinteän siltayhteyden melumallinnus .....	40
6.5	Melulaskennan tulokset .....	42

7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43
8	POHDINTA .....	45
	LÄHTEET .....	46
	LIITTEET .....	48

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Äänitehotasojen määrittämiseen puolipallo- ja laatikkomenetelmä. ....	22
<b>Kuva 2.</b> Rampin sulkeutumien.....	25
<b>Kuva 3.</b> Moottorimelun mittaus.....	26
<b>Kuva 4.</b> Akkuhuoneen sijainti keskikerroksessa.....	27
<b>Kuva 5.</b> Rampin avautuminen. ....	28
<b>Kuva 6.</b> Vetotilan ilmanvaihtokanava eli ”raakitorvi”. ....	29
<b>Kuva 7.</b> Pääkonehuoneen ilmanvaihtokanava eli ”raakitorvi”. ....	30
<b>Kuva 8.</b> Lossin pakoputki eli ” korsteeni”.....	31
<b>Kuva 9.</b> Ympäristömelun mittauspisteet. ....	32
<b>Kuva 10.</b> Äänitallenteen työstäminen NorReview-ohjelmalla.....	33
<b>Taulukko 1.</b> Arjessa esiintyvät äänenpainetasot.....	12
<b>Taulukko 2.</b> Melun lähteitä.....	14
<b>Taulukko 3.</b> Melussa oloajan ja melutason vaikutus päivittäiseen melualtistukseen.....	15
<b>Taulukko 4.</b> Melutasojen ohjearvot ulkona.....	17
<b>Taulukko 5.</b> Melutasojen ohjearvot sisällä.....	18
<b>Taulukko 6.</b> Mitattujen äänilähteiden tulokset. ....	34
<b>Taulukko 7.</b> Lossin melulaskennassa käytetyt liikennemäärät nykytilanteessa ja ennustetilanteessa 2050. ....	38
<b>Taulukko 8.</b> Kiinteän siltayhteyden melulaskennoissa käytetyt liikennemäärät nykytilanteessa ja ennustetilanteessa 2050. ....	41

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Dieselkäyttöinen lossi. Nykytilanne LAeq 7–22

**LIITE 2.** Dieselkäyttöinen lossi. Nykytilanne LAeq 22–7

**LIITE 3.** Dieselkäyttöinen lossi. Ennustetilanne LAeq 7–22

**LIITE 4.** Dieselkäyttöinen lossi. Ennustetilanne LAeq 22–7

**LIITE 5.** Sähkölautta. Nykytilanne LAeq 7–22

**LIITE 6.** Sähkölautta. Nykytilanne LAeq 22–7

**LIITE 7.** Sähkölautta. Ennustetilanne 2050 LAeq 7–22

**LIITE 8.** Sähkölautta. Ennustetilanne 2050 LAeq 22–7

**LIITE 9.** Itäinen siltalinjaus. Nykytilanne Laeq 7–22

**LIITE 10.** Itäinen siltalinjaus. Nykytilanne Laeq 22–7

**LIITE 11.** Itäinen siltalinjaus. Ennustetilanne 2050 Laeq 7–22

**LIITE 12.** Itäinen siltalinjaus. Ennustetilanne 2050 Laeq 22–7

**LIITE 13.** Läntinen siltalinjaus. Nykytilanne Laeq 7–22

**LIITE 14.** Läntinen siltalinjaus. Nykytilanne Laeq 22–7

**LIITE 15.** Läntinen siltalinjaus. Ennustetilanne 2050 Laeq 7–22

**LIITE 16.** Läntinen siltalinjaus. Ennustetilanne 2050 Laeq 22–7

## 1 JOHDANTO

Lauttaliikenne on tärkeä osa merenkulun infrastruktuuria, ja se tarjoaa kuljetusmuodon niin matkustajille kuin tavarankuljetuksellekin. Lauttaliikenteen kehitys on kuitenkin Suomessa menossa siihen suuntaan, että dieselkäyttöisiä losseja muutetaan sähkökäyttöisiksi ja mahdollisuuksien mukaan lauttaliikenne korvataan siltayhteydellä. Oli liikennöintitapa näistä mikä tahansa syntyy siitä melua ympäristöön.

Melu on ympäristön äänihäiriö, joka aiheuttaa haittaa ihmisten terveydelle ja hyvinvoinnille. Melua on jatkuvasti ympärillämme erilaisissa ympäristöissä, kuten teollisuusalueilla, asuinalueilla, liikenteessä ja julkisissa tiloissa. Melulla voi olla haitallisia vaikutuksia, kuten stressi, kuulovauriot, keskittymisvaikeudet ja unihäiriöt.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi konsultointiyritys WSP Finland Oy, missä toimin avustavana suunnittelijana melu- ja akustiikka tiimissä. Työ liittyy hankkeen maanteiden 1002 ja 11039, Skådön sillan yleissuunnitelman vaikutusten arviointiin. Lähtökohtana vaikutusten arvioinnissa käytetään vuonna 2000 valmistunutta YVAa, jota tarkennetaan vastaamaan nykyisiä vaatimuksia.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella nykyisen dieselkäyttöisen lossin ja vaihtoehtoisten ratkaisujen meluvaikutuksia. Jotta tieliikenteen ja lauttaliikenteen melun vaikutuksia voitiin vertailla keskenään, oli lauttaliikenteen osalta tarpeen suorittaa melupäästömittaukset, jotta saadaan selvitettyä lauttaliikenteen melupäästöt. Työssä tarkastellaan kolmea vaihtoehtoa, jotka ovat VE, VE0+ ja VE 1. Vaihtoehdossa VE0 tarkastellaan nykyistä dieselkäyttöistä lossia. VE 0+ tarkastellaan nykyisen dieselkäyttöisen lossin korvaamista sähkökäyttöisellä lautalla. VE1 tarkastellaan siltavaihtoehtoa kahdella erillisellä linjauksella. Melupäästömittaukset suoritettiin dieselkäyttöiselle lossille Skåldössä ja



sähkökäyttöiselle lautalle Paraisilla. Mittaustulosten perusteella meluvaikutuksia arvioitiin Cadna/A-melunlaskentaohjelman pohjoismaisella tie- ja teollisuusmelun laskentamallilla. Laskentamallilla arvioitiin myös kiinteän siltayhteyden meluvaikutukset itäisen ja läntisen linjauksen osalta. Mallinnuksessa huomioidaan maaston muodot, rakennusmassat, tieliikenteen liikennemäärät sekä nopeudet ja lossien melulähteet. Laskentatulokset kuvaavat A-taajuuspainotettuja keskiäänitasoja ( $L_{Aeq}$ ) nykytilanteessa ja ennustetilanteessa 2050. Laskentatulokset esitetään melukartoissa, joissa melutasot esitetään 5 desibelin välein vaihtuvin värikoodein.

## 2 HANKKEEN KUVAUS

Suunnittelukohde sijaitsee Raaseporin kaupungissa. Nykyisin paikalla liikennöi Skåldön dieselkäyttöinen lossi maanteiden 1002 ja 11039 välillä yhdistäen Skärlandetin ja Torsön saaret mantereeseen. Suunnittelun kohteena on nykyisen lossikohdan tieyhteyden kehittäminen Skärlandetin saarelle. Hankkeen tärkeimpänä tavoitteena on löytää toimiva liikennetkaisu, joka palvelee ympäristön kannalta kestävästi eri osapuolten hyväksymällä tavalla maankäytön tarpeita sekä varmistaa sujuvan ja turvallisen tieliikenteen.

Nykyinen dieselkäyttöinen Lossi liikennöi päivällä aikataulun mukaisesti ja öisin tarvittaessa. Lossin kyytiin mahtuvien henkilöautojen määrä on noin 27 ja lossimatkan pituus on noin 430 metriä.

Apuna mahdollisessa dieselkäyttöisen lossin korvaamisessa sähkökäyttöisellä lossilla, tarkasteltiin Paraisilla liikennöivää sähkölauttaa. Sähkökäyttöinen Altera lautta liikennöi Suomen vilkkaimmalla lauttapaikalla Nauvo-Parainen välillä. Altera on pituudeltaan lähes 100 metriä ja kyytiin mahtuu noin 90 henkilöautoa. Ensisijaisesti Alteran energianlähteinä toimivat maasähköllä ladattavat akut, joita ladataan aina aluksen ollessa rannassa<sup>1</sup>.

Nykyisen dieselkäyttöisen lossin korvaamista siltayhteydellä tarkasteltiin nykyisen lossilinjan kohdalle siten, että toinen linjaus linjataan itäpuolelta ja toinen länsipuolelta. Suunniteltu silta edellyttää uutta tielinjaa noin 1.4 kilometrin matkalta. Sillan kokonaispituus on 536 metriä ja hyötyleveys 10.5 metriä, johon sisältyy 3.5 metrin kevyen liikenteen korotettu kaista.

---

<sup>1</sup> Finferries

### 3 MELUN TEORIA

#### 3.1 Ääni

Ääni on mekaanista värähtelyä, joka tarvitsee väliaineen levitäkseen eli ääniaallot eivät voi edetä tyhjiössä. Väliaine voi olla nesteinä kaasuna tai kiinteänä. Kaasuissa tai nesteissä etenevä ääniaalto on pitkittäistä ja kiinteässä aineessa etenevä ääni on joko poikittaista tai pitkittäistä aaltoliikettä<sup>2</sup>.

Ääni syntyy, kun jokin materiaali tai esine, jota kutsutaan äänilähteeksi, värähtelee ja luo paineaaltoja ympäristöön. Paineaallot siirtyvät ympäröivään aineeseen ja saavat sen värähtelemään samalla taajuudella. Korva vastaanottaa ääniaaltoja. Tärykalvot alkavat värähdellä, kun ääniaallot tulevat korvaan. Värähtely siirtyy sisäkorvaan ja sitä kautta kuulohermoa pitkin aivoihin. Aivot tulkitsevat värähtelyn tärykalvoissa ääneksi. Ihmisen korvan kuuloalue on 20–20 000 Hz välillä<sup>3</sup>.

Ääni voi olla myös infraääntä tai ultraääntä. Infraääni on äänen muoto, joka on kuuloalueen alapuolella eli alle 20 Hz. Infraääntä tuottavat erilaiset luonnonilmiöt kuten, tuulet, järitykset ja myrskyt. Jotkut eläimet myös käyttävät infraäänien taajuuksia kommunikointiin<sup>4</sup>.

Ultraääni on taas äänen muoto, joka on kuuloalueen yläpuolella eli yli 20 000 Hz. Ihminen ei niitä kuule, mutta jotkut eläimet käyttävät niitä. Lepakot muun muassa suunnistavat ultraäänten avulla pimeässä<sup>5</sup>.

---

<sup>2</sup> Björk 1997 s.39

<sup>3</sup> Lahti 2003 s.7

<sup>4</sup> Inkinen ym. 2012 s.282

<sup>5</sup> Björk 1997 s.230

### 3.2 Äänenpainetaso

Äänenpainetaso  $L_p$  syntyy ilmassa ääniaaltojen aiheuttamista ilmapaineen muutoksista ja se on logaritminen taso. Äänenpainetason yksikkönä käytetään desibeliä (dB). Ihmisen kuulokynnys on 0 dB ja kipua aiheuttava äänenpainetaso on noin 120 dB. Taulukossa 1 on esitetty normaalissa arjessa esiintyviä äänenpainetasoja.

**Taulukko 1.** Arjessa esiintyvät äänenpainetasot<sup>6</sup>.

Äänenpainetaso (dB)	Äänilähde
0	Kuulokynnys
10–30	Lehtien havina
30–50	Tietokone
50–70	Keskustelu
70–85	Liikenne
80–100	Ravintola
90–100	Konsertti
120-	Kipukynnys
130–135	Suihkukone

---

<sup>6</sup> Tiihinen ym. 1997 s.9

### 3.3 Taajuus ja spektri

Ääni syntyy, kun väliaine alkaa värähtelemään äänilähteen vaikutuksesta. Tällöin ilmaan syntyy molekyylien tihentymiä ja harventumia. Tätä tihentymistä ja harventumista kutsutaan äänen taajuudeksi tiettyinä ajanjaksona, yleensä sekunnin aikana. Taajuus ilmoitetaan hertseinä Hz. Normaalikuuloinen ihminen aistii äänen värähtelyt, joiden taajuus vaihtelee 20–20 000 Hz välillä. Pienitaajuinen ääni aistitaan matalana ja suuritaajuinen ääni korkeana.

Ääni jakautuu yleensä monelle taajuudelle. Jakaumaa kutsutaan taajuusjakaumaksi tai äänen spektriksi<sup>7</sup>.

#### 3.3.1 Kapeakaistainen melu

Mikäli melusta erottuu aistinvaraisesti ja taajuusanalyysin perusteella soivia ääniä tai kapeakaistaisia osia, voidaan se todeta kapeakaistaiseksi. Mikäli kuulohavainnolla ei saada pois suljettua kapeakaistaisuuden mahdollisuutta, voidaan kapeakaistaisuus todentaa karkeasti niin että, jos yhden terssikaistan terssipainetaso on 5 dB suurempi kuin viereisten terssikaistojen äänenpainetasot voidaan havaittu melu todeta kapeakaistaiseksi<sup>8</sup>.

### 3.4 Melu

Melu on sellaista ääntä, jonka ihminen kokee häiritsevänä tai epämiellyttävänä tai joka on muulla tavoin vahingollista ihmisen terveydelle tai hyvinvoinnille. Melu

---

<sup>7</sup> Björk 1997 s.156

<sup>8</sup> Ympäristömelun mittaaminen 1999 s.27

vaikuttaa viihtyvyyteen, koska se koetaan epämiellyttävänä sekä häiritsevänä. Pitkään jatkuessaan melu aiheuttaa terveysvaikutuksia.

Melu on usein riippuvainen kuulijan henkilökohtaisista ominaisuuksista: asenteista, sen hetkisestä psykofyysisestä tilasta sekä aikaisemmista kokemuksista. Ääni on neutraali fysikaalinen käsite. Melu sen sijaan sisältää subjektiivisen luonnehdinnan. Äänen meluisuus riippuu kokijan ja arvioijan ominaisuuksista<sup>9</sup>.

Melua syntyy liikenteestä, teollisuudesta, asuinympäristöstä ja vapaa-ajan toimista. Taulukossa 2 on esitetty yleisimmät melunaiheuttajat yhteiskunnassa.

**Taulukko 2.** Melun lähteitä<sup>10</sup>.

Liikenne	Tieliikenne, raideliikenne, lentoliikenne
Teollisuus	Voimalaitokset, tuulivoimalat, teollisuuslaitokset
Asuinympäristö	Sähköiset laitteet, kodinhoitokoneet, askeläänet, puhe, itku, elektroniikka
Vapaa-ajan melu	Soittimet, lelut, moottoriurheilu, aseet

---

<sup>9</sup> Terveyden ja hyvinvoinnin laitos

<sup>10</sup> Suomen ympäristö 2007 s.14

Melu vaikuttaa yleensä aina negatiivisesti ihmiseen. Yleisin meluhaitta on häiritsevyys. Melu voi häiritä keskittymistä, vaikuttaa lapsilla kielelliseen kehitykseen, oppimiseen ja muistiin<sup>11</sup>.

Melun häiritsevyyteen vaikuttaa melulle altistumisen ajankohta, sillä yöaikaan tapahtuva melu häiritsee ihmisen perustarvetta eli unta. Tämän takia melun yöajan ohjearvo on päiväaikaista ohjearvoa pienempi. Myös melulle altistumisen ajallinen kesto vaikuttaa siitä aiheutuvaan kuuloaistin vaurioitumiseen<sup>12</sup>. Taulukossa 3 on esitetty turvallisuusaikarajoja melun ajalliseen kestoan liittyen.

**Taulukko 3.** Melussa oloajan ja melutason vaikutus päivittäiseen melualtistukseen<sup>13</sup>.

Äänitaso (dB)	Turvallisuusaikaraja
85	8 tuntia
88	4 tuntia
91	2 tuntia
94	1 tuntia
97	30 minuuttia
100	15 minuuttia
103	7.5 minuuttia
106	3.25 minuuttia
109	97 sekuntia
112	48 sekuntia

---

<sup>11</sup> Lyytimäki 2006 s.117

<sup>12</sup> Terveystieteiden tutkimuskeskus

<sup>13</sup> Starck, J.& Teräsvirta, L. 2009

### 3.5 Lainsäädäntö

Melua ja sen vaikutuksia käsitellään useassa lainsäädännön kohdassa, mutta keskeisimpiä lakeja ovat ympäristönsuojelulaki 527/2014, ympäristönsuojeluasetus 713/2014 ja asumisterveysasetus 545/2015.

Ympäristönsuojelulain tarkoitus ehkäistä ympäristön pilaantumista, turvata terveellinen ja viihtyisä sekä monimuotoinen ympäristö, joka tukee ilmastonmuutoksen torjuntaa. Lisäksi lain tarkoituksena on tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan arviointia ja huomiointia sekä parantaa kansalaisten mahdollisuutta vaikuttaa päätöksentekoon.

Laissa todetaan, että toiminnanharjoittajan suoritettava toimintansa niin, että se aiheuta ympäristön pilaantumista. Jos pilaantumista ei voi kokonaan ehkäistä, on toiminta suoritettava siten, että haitat saadaan rajattua mahdollisimman vähäisiksi.

Ympäristönsuojelulaissa on määritelty sellaiset toiminnot, jotka vaativat meluselvityksen ja meluselvityksen uusintatarpeen. Meluselvityksessä kuvataan alueen nykyinen ja tuleva melutilanne, hiljaiset alueet sekä arvioidaan melulle altistuneiden rakennusten ja ihmisten lukumäärä<sup>14</sup>.

Meluasioiden ehkä keskeisin asetus on valtioneuvoston päätös VNp 993/92 asetus melutason ohjearvoista. Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi lupamenettelyissä. Päätöksessä on annettu ohjearvot ulkona ja sisällä. Melutasot ulkona ei saa ylittää taulukossa 4

---

<sup>14</sup> Ympäristönsuojelulaki 527/2014



esitettyjä päivä- ja yöajan ohjearvoja. Ampuradoille ja tuulivoimamelulle on annettu omat päätökset melutasojen ohjearvoista.

**Taulukko 4.** Melutasojen ohjearvot ulkona<sup>15</sup>.

	Päivä (Laeq7-22) [dB]	Yö (Laeq22-7) [dB]
Asuinalueet, hoito- ja oppilaitosalueet, virkistysalueet taajamissa ja taajamien välitön läheisyys	55	50
Uudet asuinalueet, hoitolaitosalueet ja virkistysalueet taajamissa (ei sovelleta alueilla, joissa toimii myös oppilaitos)	55	45
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet ja taajamien ulkopuolella sijaitsevat virkistysalueet	45	40
Luonnonsuojelualueet	45	40

Melutason ohjearvot sisätiloissa on esitetty taulukossa 5.

---

<sup>15</sup> Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista

**Taulukko 5.** Melutasojen ohjearvot sisällä<sup>16</sup>.

	Päivä (LAeq7-22)	Yö (LAeq22-7)
Asuin-potilas ja majoitushuoneet	35	30
Opetus- ja kokoontumistilat	35	-
Liike- ja toimistohuoneet	45	-

---

<sup>16</sup> Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista

## 4 YMPÄRISTÖMELUMITTAUSTA KOSKEVAT OHJEET

Asianmukainen mittaus vaatii mittaajalta kokemusta ja mittauksiin liittyvien asioiden hallintaa. Mittauksissa on erityisen tärkeää olla huolellinen.

Jotta saadaan mahdollisimman luotettava ja edustava mittaustulos, on ennen mittauksiin ryhtymistä selvitettävä mitä ollaan lähdössä mittaamaan, mittauksen ajankohta ja kesto.

Mittausajankohta valitaan siten, että mittausaikana vallitsevat olosuhteet vastaavat melulähteen toimintatapaa, joissa melu halutaan määrittää. Mittauksen kesto valitaan riittävän sopivaksi, jotta saadaan edustava tulos melulähteestä. Esimerkiksi jos melulähteen äänitaso vaihtelee, pitää mittauksen keston olla tarpeeksi pitkä, että sitä voidaan käyttää pitkäaikaisen keskiäänitason arviointiin. Sääolot eivät saisi häiritä mittauksia, joten mittauksia ei tule tehdä sateella tai kovalla tuulella ja lämpötilan tulee olla äänitasomittarin sallitulla toiminta-alueella.

Mittauspisteet valitaan siten, että, paikka olisi avoin eikä rakennuksia tai muita pystysuoria heijastavia pintoja olisi läheisyydessä. Mittauspaikalla tarkistetaan sääolosuhteet. Lämpötila, tuulen suunta ja nopeus merkataan mittauspöytäkirjaan. Mittauspaikasta laaditaan paikan päällä hahmotelma, mistä käy ilmi mittauspisteet, melulähteet, osalähteet, mahdolliset heijastavat pinnat sekä maaston muoto.

Keskiäänitasoa mitattaessa äänitasomittari asetetaan mittauspisteelle jalustan päälle 1.5 metrin korkeudelle maanpinnasta. Ennen mittauksen aloittamista on mittarin muisti nollattava. Pitkäaikaisissa mittauksissa voidaan mittaus suorittaa

ilman jatkuvaa läsnäoloa edellyttäen, että tulokset tallennetaan sellaiseen muotoon, että niistä voidaan erottaa mahdolliset häiriöäänet<sup>17</sup>.

Mittauslaitteiston tulee täyttää standardin SFS 2877/IEC 651 vaatimukset äänitasomittareille vähintään luokalle 2. Mittauslaitteiden toiminta täytyy tarkastaa sekä tehdä tarvittavat säädöt ulkoista kalibrointilähdettä käyttäen. Kalibrointiäänilähteen tulee täyttää standardin IEC 942-luokan 2 vaatimukset. Kalibrointi suositellaan tehtäväksi ennen jälkeen mittauksen<sup>18</sup>.

---

<sup>17</sup> Ohje ympäristömelun mittaaminen s.12

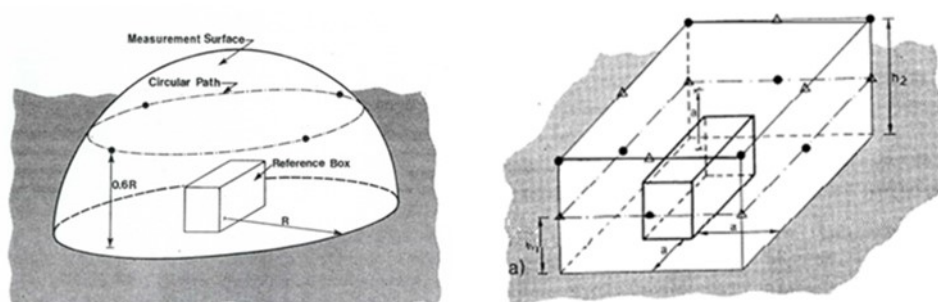
<sup>18</sup> Ohje ympäristömelun mittaaminen s.11

## 5 MITTAUKSET

Melupäästömittauksiin valmistautuminen alkoi tutustumalla mittausalueisiin ja niissä liikennöiviin lauttaan ja lossiin. Ympäristömelumittauspisteitä valittiin Skåldössä liikennöivälle lossille kaksi, toinen rannikolle ja toinen saareen, jotta saadaan tarkastelua lossin meluvaikutuksia ympäristöön. Paraisilla suoritettussa sähkölautan melupäästömittauksissa ei suoritettu ympäristömelumittausta, sillä lautasta lähtevä melu kantautui hyvin lyhyen matkan päähän.

Mittauksiin valmistautuessa selvitettiin mittauspäivien sääolosuhteet. Mittausajankohta valikoitui, kun sääolosuhteet täyttyivät mittaukselle asetetun vaatimuksen mukaan. Mittaukset suoritettiin maaliskuun alussa 2023.

Melupäästömittaukset tehtiin puolipallomenetelmällä NT ACOUT 080-menetelmäohjetta apuna käyttäen. Menetelmäohjeesta käy ilmi tarvittavat toimenpiteet äänitehotasojen määrittämiseen puolipallo- ja laatikkomenetelmällä. Puolipallomenetelmässä melulähde ympyröidään mittauspisteillä siten, että mittauspisteet sijoitetaan pallomaiseksi kuvitellulle mittauspinnalle (kuva 1). Jos melulähde on yksittäinen tai kooltaan pieni, käytetään sen äänitehotasojen määrittämiseen puolipallomenetelmään. Mittausetäisyys on yleensä alle 10 metriä. Tilanteissa, joissa melua aiheuttavia kohteita ei voi määrittää erikseen käytetään laatikkomenetelmää. Laatikkomenetelmässä melulähde ympyröidään suorakaiteen muotoisella mittauspinnalla, jonka sisälle melu kokonaisuudessaan jää.



**Kuva 1.** Äänitehotasojen määrittämiseen puolipallo- ja laatikkomenetelmä.<sup>19</sup>

Sähkölautan äänilähteiden melutason mittauksissa käytettiin yhtä Norsonic 139-äänitasomittaria. Dieselkäyttöisen lossin äänilähteiden melutason mittauksissa käytettiin yhtä Norsonic 139 ja ympäristömelutasojen mittauksissa kahta Norsonic 140-äänitasomittaria. Mittaukset suoritettiin käyttäen mittareita jotka, täyttävät standardien SFS 2877/IEC651 ja ICE 804 vaatimukset laatuluokan 1 mittareille. Mittauslaitteet kalibroitiin ennen ja jälkeen mittausten ulkoisella kalibraattorilla. Luokan 1 mittareissa epävarmuus on  $\pm 1.1$  dB. Mittarit kalibroidaan, jotta saadaan varmuus tulosten luotettavuudesta ja voidaan ylläpitää mittareiden luotettavuutta. Ennen kalibroinnin suorittamista on mittarin annettava olla päällä hetken aikaa<sup>20</sup>.

Mittaustulokset rekisteröitiin yhden sekunnin pituisissa jaksoissa. Tallennettavat melun tunnusluvut olivat LAeq (keskiäänitaso) 1 sekunnin resoluutiolla, LFeq (painottomaton taajuusjakauma) LAFmax (hetkellinen maksimitaso aikavakiolla fast), LAImax (hetkellinen maksimitaso aikavakiolla impulse) ja LASmax (hetkellinen maksimitaso aikavakiolla slow).

<sup>19</sup> NT ACOU 1991

<sup>20</sup> Ohje ympäristömelun mittaaminen s.11

### 5.1.1 Ympäristömelumittausten epävarmuus

Ympäristömelumittausten epävarmuus on riippuvainen etäisyydestä. Ympäristöministeriön laatiman mittausohjeen mukaan, 30 metrin mittausetäisyydellä epävarmuus on 2 dB luokkaa, 100 metrin etäisyydellä 4 dB ja 500 metrin etäisyydellä 7 dB. Jos mittausohjeen mukaiset olosuhteet eivät ole voimassa tai mittausetäisyydet ovat yli 500 metriä voidaan mittauserävarmuudeksi katsoa 10 dB. Ympäristömelumittauksen aikana sääolosuhteiden pitää olla optimaaliset mittaukselle. Mittausten aikana ei saa olla sadetta, tuulen nopeus saa olla korkeintaan 5 m/s vähintään 2 metrin korkeudessa, tuulen suunnan täytyy olla melulähteestä mittauspisteeseen päin sektorissa  $\pm 45^\circ$  jos mittausetäisyys on yli 30 metriä. Tässä työssä suoritettujen ympäristömelumittausten epävarmuuden katsotaan olevan mittauspajoilla 1 ja 2 noin 4 dB<sup>21</sup>.

### 5.1.2 Äänitehotasomittausten epävarmuus

Äänitehotasojen mittaukset on suoritettu hyvin lähellä melulähteitä, minkä seurauksena olosuhteiden vaikutukset ovat olleet mittauksiin vähäiset.

Epävarmuutta aiheutuu mittausteknisen epävarmuuden lisäksi mitattavan melua aiheuttavan laitteen toiminnan aikaisista vaihteluista, joilla on vaikutusta mittausten kokonaisepävarmuuteen. Äänilähteiden, joiden äänenpainetason vaihtelu on vähäistä, epävarmuuden katsotaan tyypillisesti olevan luokkaa 0,5 dB ja äänilähteiden, joiden vaihtelu on epätasaista, katsotaan epävarmuuden olevan luokkaa 2 dB. Työssä suoritettujen äänitehomittausten epävarmuus on

---

<sup>21</sup> Ohje ympäristömelun mittaaminen s.21

suurimmaksi osaksi noin 0,5 dB. Rampin avautumisesta ja sulkeutumisesta lähtevä ääni oli vaihtelevaa, mikä lisää osaltaan mittausten epävarmuutta. Rampin avautumisesta ja sulkeutumisesta tehtyjen mittausten epävarmuudeksi saadaan  $\pm 3$  dB<sup>22</sup>.

## 5.2 Sähkölautan äänitehotasomittaukset

Melumittaukset Alteralla suoritettiin maaliskuussa 2023. Mittausajankohta valittiin sääolosuhteiden ollessa optimaaliset melumittauksille.

Mittauksia suoritettiin 26 kappaletta. Lyhimmillään mittaus kesti 10 sekuntia ja enimmillään 4 minuuttia.

Melupäästöjä mitattiin lautan rampin sulkeutumisesta sekä avautumisesta yhteensä 7 kertaa. Jokainen mittaus oli kestoltaan 10 sekuntia ja mittausetäisyys 6 metriä (kuva 2).

---

<sup>22</sup> Nordtest 1991.





**Kuva 2.** Rampin sulkeutumien.

Sähkölautan moottorimelua mitattiin 7 kertaa. Mittaukset olivat kestoltaan 10 sekuntia ja mittausetäisyys 5–6 metriä (kuva 3).



**Kuva 3.** Moottorimelun mittaus.

Ohjaamon alapuolella sijaitsevan akkuhuoneen poistopuhaltimen melupäästöjä mitattiin 1 kerran. Mittaus oli kestoltaan 10 sekuntia ja mittausetäisyys oli 1 metriä (kuva 4).



**Kuva 4.** Akkuhuoneen sijainti keskikerroksessa.

### **5.3 Dieselkäyttöisen lossin äänitehotasomittaukset**

Melumittaukset lossilla suoritettiin maaliskuussa 2023. Mittausajankohta valittiin sääolosuhteiden ollessa optimaaliset melumittauksille. Mittaukset suoritettiin lossin melulähteistä. Lossin melulähteitä olivat: rampin sulkeutumisesta ja avautumisesta aiheutuva melu, moottorimelu sekä ilmanvaihtokanavat.

Mittauksia suoritettiin 13 kappaletta. Lyhimmillään mittaus kesti 10 sekuntia ja enimmillään 3 minuuttia.

Lossin rampin sulkeutumisesta ja avautumisesta aiheutuvaa melupäästöä mitattiin yhteensä 4 kertaa. Jokainen mittaus kesti 10 sekuntia ja mittausetäisyys oli 6 metriä (kuva 5).



**Kuva 5.** Rampin avautuminen.

Vetolaite tilan ilmanvaihdosta huolehtivan ilmavaihtokanavan melupäästöt mitattiin 1 kerran. Mittaus kesti 10 sekuntia ja mittausetäisyys oli 0.5 metriä (kuva 6).



**Kuva 6.** Vetotilan ilmanvaihtokanava eli ”raakitorvi”.

Pääkonehuoneen ilmavaihdosta huolehtivan ilmanvaihtokanavan melupäästöt mitattiin 1 kerran. Mittaus kesti 10 sekuntia ja mittausetäisyys oli 0.5 metriä (kuva 7).



**Kuva 7.** Pääkonehuoneen ilmanvaihtokanava eli ”raakitorvi”.

Lossin oltaessa liikkeellä moottorin melupäästöt mitattiin 2 kertaa. Mittaukset kestivät 10 sekuntia ja mittausetäisyys 2 metriä. Moottorin melupäästöt mitattiin myös lossin ollessa rannassa tyhjäkäynnillä 1 kerran. Mittaus kesti 10 sekuntia ja mittausetäisyys 2 metriä (kuva 8).



**Kuva 8.** Lossin pakoputki eli " korsteeni".

#### **5.4 Rannalla tehdyt mittaukset**

Skåldössä suoritetuissa mittauksissa mitattiin myös ympäristömelua kahdella erillisellä mittauspisteellä ( kuva 9).



**Kuva 9.** Ympäristömelun mittauspisteet<sup>23</sup>.

Mittauspiste MP1 sijaitsi Skåldön saaren puolella rannassa. Mittauspiste oli avaralla alueella tasaisesti lumen päällä. Etäisyys lossiin oli 80 metriä.

Mittauspiste MP 2 sijaitsi mantereen puolella. Mittauspiste oli metsäkaistaleen etupuolella rannassa. Etäisyys lossiin oli 90 metriä.

## 5.5 Mittaustulokset

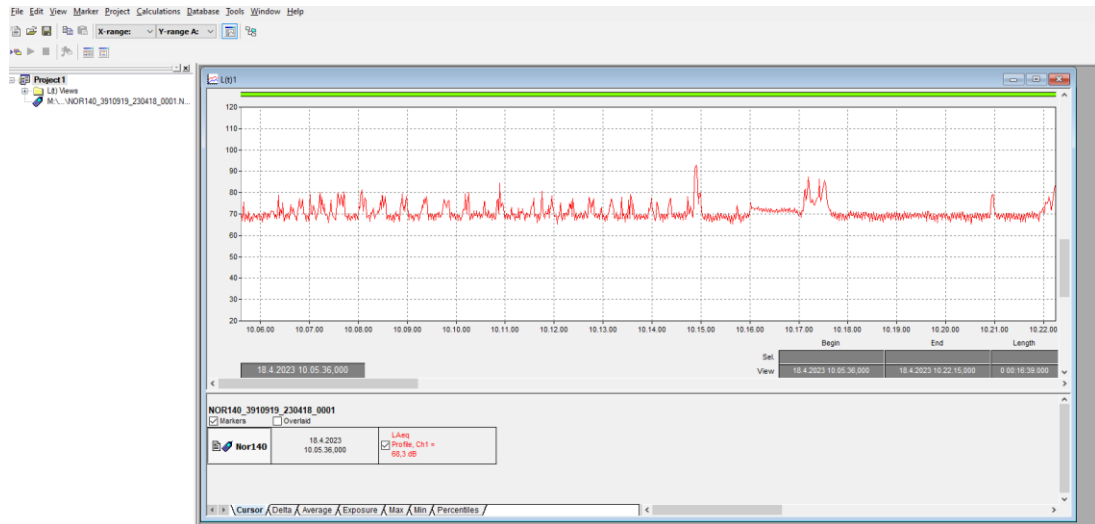
Mittausten tulokset käytiin läpi mitausten jälkeen, muutaman päivän kuluttua. Tulokset siirrettiin mittareissa olevilta muistikorteilta tietokoneelle. Mittausdataa kuunneltiin NorReview-ohjelmalla. Ohjelma muodostaa äänikuvaajan, mitä

---

<sup>23</sup> Paikkatietoikkuna



kuuntelemalla voidaan poistaa tallenteelta ylimääräiset äänet sekä tarkistaa halutun äänen kesto sekä sijainti tallenteella (kuva 10).



**Kuva 10.** Äänitallenteen työstäminen NorReview-ohjelmalla.

Mitatuista äänenpainetasoista laskettiin kohteen äänitehotaso (LWA, dB) oktaavikaistoittain ottaen huomioon mitatun kohteen ominaisuudet (pistemäinen äänilähde tasopinnalla tai viivamainen äänilähde), sekä äänilähteen ja mittausmikrofonin välinen etäisyys. Äänilähteiden äänitehotasot määritettiin mittausten perusteella. Tarkasteltavan äänilähteen mittausdatasta määritettiin äänen kesto ja poistettiin mahdolliset häiriöäänet. Äänilähteiden äänitehotaso laskettiin kaavalla 1.

$$L_w = L_{eq} - E + 10 \log \left( \frac{S}{S_0} \right) \text{ dB} \quad (1)$$

jossa,  $L_{eq}$  = Mitattujen äänipainetasojen ekvivalenttitaso eli keskiäänitaso,  $E$  = etäisyydestä riippuva korjaus (0-3 dB),  $S$  = Mittaus pinta-ala,  $S_0$  = refenssipinta-ala

(1m<sup>2</sup>)<sup>24</sup>. Mitatut keskiäänitasot ja määritetyt äänitehotasot on esitetty taulukossa 6.

**Taulukko 6.** Mitattujen äänilähteiden tulokset.

Äänilähde	Mittausetäisyys (m)	LAeq [dB]	LWA [dB]
<b>Sähkölautan äänilähteet</b>			
Rampin sulkeutuminen	6	72	94
Rampin avautuminen	6	72	94
Poistopuhallin	1	80	88
Sähkömoottori	5	60	80
<b>Dieselkäyttöisen lossin äänilähteet</b>			
Rampin sulkeutuminen	6	66	88
Rampin avautuminen	6	66	88
Vetolaite-tilan ilmanvaihtokanava	0.5	84	87
Pääkonehuoneen ilmanvaihtokanava	0.5	80	82
Mootori	2	82	96

---

<sup>24</sup> NT ACOU 1991, s.15

## 6 MELUMALLINNUS

Saatujen mittaustulosten perusteella suoritettiin melulaskennat Cadna/A 2023-melunlaskentaohjelmiston pohjoismaisella tie- ja teollisuusmelun laskentamallilla. Laskentamalli ottaa huomioon melun etenemisen arvioinnissa geometrisen vaimentumisen, maanpinnan, rakennettujen esteiden ja maastojen muotojen vaikutukset.

Mallinnus aloitetaan luomalla maastomalli melunlaskentaohjelmaan. Jotta maanpinnanmuodot saadaan vastaamaan suhteellisen lähellä todellista muotoa, valittiin tässä työssä käytettäväksi Maanmittauslaitokselta saatavaa laserkeilausaineistoa. Laserkeilausaineisto on Maanmittauslaitoksen tarkin saatavilla oleva korkeustietoaineisto. Sen pistetiheys on vähintään 5 pistettä neliömetrillä ja pisteet ovat enintään 0.4 metrin etäisyydelle toisistaan<sup>25</sup>. Aineisto työstettiin korkeuskäyriksi 3DWin-ohjelman avulla ja siirrettiin Cadna 2023/A-melumallinnusohjelmaan. Rakennukset, tiet sekä vesistöt tuotiin malliin Maanmittauslaitoksen avoimesta karttapaikasta<sup>26</sup>.

### 6.1.1 Laskentamallin epävarmuus

Todellista äänilähdettä kuvataan laskentamallissa piste, viiva- tai aluelähteenä. Äänilähteen korkeuden määrittämisessä käytetään arviota äänikohteen akustisesta keskipisteestä. Korkeuden arvion epätarkkuus aiheuttaa epävarmuutta äänen laskennalliseen arvioon. Myös muut tekijät kuten, äänen taajuus, äänilähteen ja kohteen välinen korkeusero ja etäisyys ja niiden välinen topografia, joka sisältää maaston muotojen, rakennusten, esteiden ja

---

<sup>25</sup> Maanmittauslaitos laserkeilausaineisto

<sup>26</sup> Maanmittauslaitos

kasvillisuuden vaikutukset äänen etenemiseen. Sääolosuhteiden aiheuttamat vaikutukset tulosten epävarmuuteen on pyritty saamaan pieniksi valitsemalla sellainen säätilanne, jossa olosuhteet ovat stabiilit. Valittu säätilanne kuvaa tilannetta, jossa vallitsee kohtalainen myötätuuli äänilähteestä kohteeseen päin. Pohjoismaisen tie- ja teollisuusmelumallin laatijat ovat laatineet arvion siitä, kuinka paljon keskihajonta on yksittäiselle lähellä maanpintaa sijaitsevalle äänilähteelle, joka säteilee kapeakaistasta ääntä. Tämä keskihajonta on luokkaa 5–10 dB. Arvion epävarmuuteen vaikuttaa suurentavasti, mitä kauempana kohde sijaitsee melua aiheuttajaa ja mitä lähempänä se on maanpintaa. Kun etäisyys on alle 500 metriä ja melua aiheuttavat äänilähteet ovat joukko laajakaistaista melua, keskihajonnan arvioidaan olevan 1–3 dB. Arvion epävarmuuteen vaikuttaa, se kuinka lähellä maanpintaa kohteet sijaitsevat. Mikäli kohde sijaitsee suhteellisen korkealla maan pinnasta ja siitä aiheutuu laajakaistasta melua, kohteet sijaitsevat lähellä melu aiheuttajia ja ovat yli 5 metrin korkeudella maan pinnasta, arvioidaan keskihajonnan olevan alle 1 dB<sup>27</sup>.

Tässä työssä mitattujen melunlähteiden voidaan katsoa edustavan joukkoa, jotka aiheuttavat laajakaistaista melua. Laskentamallin tarkkuus on tässä tapauksessa  $\pm 3$  dB.

---

<sup>27</sup> Kragh et al. 1982

## 6.2 Sähkölautan melumallinnus

Altera-sähkökäyttöisen lautan melumallinnus toteutettiin Cadna/A 2023-melunlaskentaohjelmiston pohjoismaisella tie- ja teollisuusmelun laskentamallilla. Maastomallin luomisen jälkeen sijoitettiin malliin sähkölautan äänilähteet. Äänilähteille käytettiin mittausten perusteella määritettyjä äänitehotasoja.

Lautan rampin avaus ja sulkeminen sijoitettiin malliin pistemäisinä äänilähteinä molemmille rannoille niihin kohtiin missä ramppi sijaitsee lautan ollessa rannassa. Rampin sulkeutumisen ja avautumisen toiminta-aika määritettiin Norreview-ohjelmalla mittausdataa kuuntelemalla. Avautumiseen ja sulkeutumiseen menevä aika kerrottiin koko päivän avaamisen ja sulkeutumisen lukumäärällä, jolloin saadaan toiminta-aika minuutteina päivälle ja yölle.

Sähkölautan akkuhuoneen ilmastoinnin poistopuhallin sekä sähkömoottori mallinnettiin liukuvana pistelähteenä eli viivalähteenä, joka äänilähteen asetuksista merkittiin liikkuvaksi pistelähteeksi. Viivalähde piirrettiin malliin rannasta rantaan, sille reitille mitä lautta kulkee. Korkeus mitoitettiin vedenpinnasta.

Laskentamalliin sijoitettiin myös tieliikenteen käytetyt liikennemäärät nykytilanteessa sekä ennustetilanteessa 2050. Keskivuorokausiliikenteestä (KVL) 90 prosenttia on jaettu päiväajalle ja kymmenen prosenttia yöajalle. Päiväajalla tarkoitetaan klo 7–22 ja yöajalla 22–7 välistä aikaa. Nykytilanteen liikennemäärät

ja nopeusrajoitukset on selvitetty Väylä-pilvestä<sup>28</sup>. Lossille suuntaavien liikennemäärien laskennassa on käytetty lossin omaa liikennelaskentaa. Sähkölautan melulaskennassa on käytetty samoja liikennemääriä kuin Skåldön dieselkäyttöiselle lossille, sillä liikennemäärien ei odoteta tuovan muutoksia vuoroväleihin. Ennusteliikenteen liikennemäärät on laadittu käyttämällä valtakunnallisten liikenne-ennusteiden Uudenmaan yhdystien kasvukertoimia. Kevyiden ajoneuvojen osalta kasvukerroin on 1,243 ja raskaan liikenteen osalta 1.125<sup>29</sup>. Melulaskennassa käytetyt liikennemäärät nykytilanteessa sekä ennustetilanteessa 2050 on esitetty taulukossa 7.

**Taulukko 7.** Lossin melulaskennassa käytetyt liikennemäärät nykytilanteessa ja ennustetilanteessa 2050.

	KVL nykytilanne	KVL 2050	Raskaan liikenteen osuus(%) nykytilanne	Raskaan liikenteen osuus(%) 2050	Nopeusrajoitus (km/h)
Bäggöntie	860	1060	2.5	3	70
Jomalvikentie	120	150	2.5	3	50
Torsöntie	90	12	2.5	3	60
Lossi	840	1040	2.5	2.5	50

<sup>28</sup> Tieliikenteen liikennemäärät

<sup>29</sup> Traficom. 2022. Valtakunnalliset liikenne-ennusteet.

### 6.2.1 Melulaskennan tulokset

Päiväaikana nykyliikenne ei aiheuta lähimmissä lomarakennuksien piha-alueilla ohjearvontason 45 dB ylityksiä eikä lähimmissä asumiseen tarkoitetuilla rakennuksilla ohjearvontason 55 dB ylityksiä piha-alueilla. Nykyluokituksen osalta 45 dB meluvyöhyke leviää Baggöntien myötäisesti 30–50 metrin etäisyydelle tiestä. Lähimmän lomarakennuksen pihalla päiväaikainen melutaso jää alle 40 dB.

Yöaikana nykyliikenne ei aiheuta lähimmissä lomarakennuksissa ohjearvontason 40 dB ylityksiä eikä asumiseen tarkoitetuilla rakennuksilla ohjearvontason 50 dB ylityksiä. 40 dB meluvyöhyke leviää Baggöntien myötäisesti 30–50 metrin etäisyydelle tiestä. Lähimmän lomarakennuksen piha-alueella melutaso jää reilusti alle 40 dB. Ennustetilanteessa liikennemäärien kasvu on sen verran vähäistä, että meluvyöhykkeet eivät kasva tulosten osalta merkittävästi.

Melulaskentojen melutasot nykytilanteessa päivä- ja yöaikaan on esitetty liitteessä 5 ja 6. Ennustetilanteen 2050 melutasot on esitetty liitteessä 7 ja 8.

### 6.3 Dieselkäyttöisen lossin melumallinnus

Dieselkäyttöisen lossin melumallinnus toteutettiin Cadna/A 2023-melunlaskentaohjelmiston pohjoismaisella tie- ja teollisuusmelun laskentamallilla. Maastomallin luomisen jälkeen sijoitettiin malliin dieselkäyttöisen lossin äänilähteet. Äänilähteille käytettiin aikaisemmin määritettyjä äänitehotasoja.

Lossin rampin avaus ja sulkeminen sijoitettiin malliin samalla tavalla kuin sähkölautan mallinnuksessa.

Lossin pääkonehuoneen ja vetotilan ilmanvaihtokanavat sekä moottori sijoitettiin malliin liikkuvana pistelähteenä eli viivalähteenä, samoin kuin sähkölautan poistopuhallin ja moottori mallinnettiin.

Laskentamallissa on käytetty samoja nykytilanteen ja ennustetilanteen 2050 liikennemääriä kuin sähkölautan melumallinnuksessa. Liikennemäärät ja nopeusrajoitukset on esitetty taulukossa 7.

### **6.3.1 Melulaskennan tulokset**

Päiväaikaan nykyliikenne ei aiheuta ohjearvotason ylityksiä piha-alueilla lähimmissä lomarakennuksissa eikä asumiseen tarkoitetuilla rakennuksilla. 45 dB meluvyöhyke leviää samalla tavalla kuin sähkölautan laskennassa, Baggöntien myötäisesti 30–50 metrin etäisyydelle tiestä. Meluvyöhykkeet rannoilla, lossin ollessa parkissa leviää hieman sähkölauttaan verrattuna laajemmalle alueelle, mutta ei aiheuta kuitenkaan lähimmässä lomarakennuksen piha-alueella ohjearvotason 45 dB ylitystä.

Yöaikaan nykyliikenteen 40 dB meluvyöhyke leviää Baggöntien myötäisesti 30–50 metrin etäisyydelle tiestä. Lähimmän lomarakennuksen piha-alueella päästään alle 40 dB melutasoon. Ennustetilanteessa liikennemäärien kasvu on sen verran vähäistä, että meluvyöhykkeet eivät juurikaan kasva.

Melulaskentojen melutasot nykytilanteessa päivä- ja yöaikaan on esitetty liitteessä 1 ja 2. Ennustetilanteen 2050 melutasot on esitetty liitteessä 3 ja 4.

### **6.4 Kiinteän siltayhteyden melumallinnus**

Kiinteän siltayhteyden osalta tarkasteltiin kahta erillistä vaihtoehtoa, itäistä ja läntistä linjausta. Mallinnuksessa käytettiin samaa maastomallin pohjaa kuin sähkölautan ja dieselkäyttöisen lossin mallinnuksessa. Tielinjaukset tulevat muuttumaan hieman molemmilla vaihtoehdoilla, joten mallinnuksessa käytettiin WSP:n tiesuunnittelijoilta saatuja tietoja tielinjausten geometrioista.

Melumallinnuksessa käytettävien liikennemäärien osalta liikennemääriä arvioitiin matkaluvun muutoksella, jossa nykyisen lauttayhteyden arvioidaan vähentävän



saarelta tehtävien matkojen määrää. Kiinteän maayhteyden myötä matkaluvun arvioidaan kasvavan. Kesäkaudella kiinteän maayhteyden myötä sillan kautta kulkevan matkaluvun arvioidaan kehittyvän arvioidusta nykytilanteesta 0.84 matkaa/henkilö/vrk tilanteeseen 1.56/matkaa/henkilö/vrk<sup>30</sup>. Ennustetilanteessa 2050 liikennemäärien kasvuennusteet on laadittu käyttämällä liikenneennusteiden Uudenmaan yhdystien kasvukertoimia. Kevyiden ajoneuvojen kasvukerroin on 1.243 ja raskaiden ajoneuvojen 1.125. Kiinteän siltayhteyden melulaskennoissa käytetyt liikennemäärät ja ajoneuvojen nopeudet on esitetty taulukossa 8.

**Taulukko 8.** Kiinteän siltayhteyden melulaskennoissa käytetyt liikennemäärät nykytilanteessa ja ennustetilanteessa 2050.

	KVL nykytilanne	KVL 2050	Raskaan liikenteen osuus(%) nykytilanne	Raskaan liikenteen osuus(%) 2050	Nopeusrajoitus (km/h)
Bäggöntie	1470	1830	2.5	3	70
Jomalvikentie	120	150	2.5	3	50
Torsöntie	90	110	2.5	3	60
Silta	1430	1780	2.8	2.5	70

---

<sup>30</sup> Henkilöliikennetutkimus 2016

## 6.5 Melulaskennan tulokset

Nykyliikenteellä itäisellä siltalinjauksella päiväaikainen 45 dB meluvyöhyke leviää maaston muodon mukaan noin 130 metrin etäisyydelle tiestä. Mantereen puolella lähimpänä suunniteltua tielinjausta sijaitsevan lomarakennuksen pihalla melulle asetettu päiväaikainen ohjearvo 45 dB ylittyy. Yöaikainen 40 dB meluvyöhyke leviää noin 100 metrien etäisyydelle tiestä. Samaisen lomarakennuksen pihalla myös yöaikainen ohjearvo 40 dB ylittyy.

Ennustetilanteessa liikennemäärien kasvun takia meluvyöhykkeet leviävät hieman laajemmalla alueelle. Myös ennustetilanteessa samaisen lomarakennuksen päivä- ja yöaikainen ohjearvo ylittyy. Meluvyöhykkeet itäisen linjauksen osalta nykyliikenteellä on esitetty liitteessä 9 ja 10. Ennustetilanteen 2050 meluvyöhykkeet on esitetty liitteessä 11 ja 12.

Läntisellä siltalinjauksella päiväaikainen 45 dB meluvyöhyke leviää maaston muodon mukaan noin 150 etäisyydelle tiestä. Melulle asetetun päiväajan ohjearvo 45 dB ylittyy saaren puolella tielinjausta lähimpänä olevan lomarakennuksen pihalla sekä saaren puolella kolmen lähimmän lomarakennuksen osalta. Yöaikainen 40 dB meluvyöhyke leviää noin 120 metrin etäisyydelle tiestä. Melulle asetettu yöaikainen ohjearvo 40 dB ylittyy saaren puolella yhdessä lomarakennuksessa.

Liikennemäärien kasvun seurauksena ennustetilanteessa meluvyöhykkeet leviävät hieman laajemmalle. Ennustetilanteessa samaisissa lomarakennuksissa tapahtuu päivä- yöajan ohjearvon ylityksiä. Kasvavan liikennemäärän seurauksena yöaikainen ohjearvo ylittyy saaren lisäksi, mantereen puolella lähimmässä lomarakennuksessa. Meluvyöhykkeet itäisen linjauksen osalta nykyliikenteellä on esitetty liitteessä 13 ja 14. Ennustetilanteen 2050 meluvyöhykkeet on esitetty liitteessä 15 ja 16.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä opinnäytetyö koostui kolmesta erillisestä kokonaisuudesta. Työssä tarkasteltiin dieselkäyttöisen lossin, sähkölautan sekä kiinteän siltayhteyden meluvaikutuksia. Dieselkäyttöisen lossin ja sähkökäyttöisen lautan meluvaikutuksia tarkasteltiin melupäästömittausen avulla määritettyjen äänitehotasojen avulla. Olipa kulkutapa mikä tahansa näistä, syntyy siitä erilaista melua ympäristöön. Melumallinnuksella saatavia tuloksia tarkastelemalla voidaan todeta, mikä näistä vaihtoehdoista olisi paras vaihtoehto melun leviämisen kannalta.

Laskennallisten tulosten perusteella voidaan todeta, että sähkölautasta aiheutuu ympäristöön pienimmät melutasot ja näin ollen vaikutukset lähialueen asukkaisiin ja ympäristöön ovat vähäisimmät. Sähkömoottorista aiheutuva melu on huomattavasti vähäisempää kuin dieselkäyttöisessä ja näin ollen lauttamatkan aikainen keskiäänitaso jää huomattavasti alhaisemmaksi. Suurimmat meluhiiput aiheutuvat rampin sulkeutumisesta ja avautumisesta. Dieselkäyttöisen lossin moottori käy tyhjäkäynnillä lossin ollessa rannassa, mikä aiheuttaa rannoilla korkeammat melutasot ja näin ollen moottorimelu voi olla kuultavissa lähimpien lomarakennuksien pihilla.

Kiinteän siltayhteyden meluvaikutukset ovat näistä vaihtoehdoissa suurimmat. Tieliikenteestä aiheutuvat melutasot ovat huomattavasti suuremmat kuin sähkölautasta tai dieselkäyttöisestä lossista aiheutuvat. Kiinteä siltayhteys aiheuttaa melulle annetun ohjearvon ylityksiä mantereen ja saaren puoleisilla lomarakennuksien piha-alueilla. Tämän seurauksena on suunniteltava meluntorjuntaa näiden rakennuksien piha-alueille.

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin pelkästään hankkeen meluvaikutuksia. Lopullisen vaihtoehdon valintaan vaikuttaa kuitenkin muutkin kuin

meluvaikutukset. Keskeisimpiä vaikutuksia ovat melun lisäksi, liikenteelliset vaikutukset, vaikutukset maisemaan, luontoarvoihin ja vesistöön sekä rakentamisesta aiheutuvat vaikutukset.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyöhön valmistautumisen aloitin keväällä 2023. Toimin harjoittelijana tammikuusta 2023 lähtien WSP Finland Oy:n akustiikka- ja melu tiimissä. Harjoittelun aikana pääsin syventymään äänen ja melun teoriaan sekä tutustumaan melumittausten teoriaan. Ehdin ennen opinnäytetyön aloittamista tehdä hieman melumallinnusta sekä avustaa ympäristömelumittauksissa. Opinnäytetyön aloitin loppukevästä 2023 etsimällä lähteitä ja tekemällä muistiinpanoja suorittamistani projekteista. Kirjoittamisen osalta aloitus viivästyi hieman ajatellusta, sillä työn ja arjen sovittaminen yhteen opinnäytetyön kirjoittamisen lisäksi toi omat haasteensa.

Opinnäytetyön tekemisen aikana opin paljon melun vaikutuksista, erilaisista äänilähteistä sekä niiden melumallintamisesta. Lisäksi sain arvokasta kokemusta melumittausten suorittamisesta ja valmisteluista hyvän perehdyttäjän toimesta. Koen, että opinnäytetyöprosessin aikana ymmärrykseni melun teoriaan kasvoi huomattavasti ja itsevarmuuteni melumallintamisen suhteen kasvoi.

## LÄHTEET

Björk, E. 1997. Meluntorjunta. Kuopion yliopisto, Ympäristötieteiden laitos

Finferries. <https://www.finferries.fi/lauttaliikenne/lauttapaikat-ja-ai-kataulut/parainen-nauvo.html>

Inkinen, P., Manninen, R. & Tuohi, J. 2012. Momentti 2. 2.–5.painos. Helsinki. Kustannusosakeyhtiö Otava.

Kragh, J., Andersen, B. & Jakobsen, J. 1982: Environmental Noise from Industrial Plants. General Prediction Method – Danish Acoustical Laboratory. Report no. 32, 1982.

Lahti, T. 2003. Ympäristömelun arviointi ja torjunta. Helsinki. Ympäristöministeriö.

Liikennevirasto. 2018a. Henkilöliikennetutkimus 2016: Suomalaisten liikkuminen. Viitattu 20.5.2023.

[https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/149583/lti\\_2018-01\\_henkilöliikennetutkimus\\_2016\\_web.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/149583/lti_2018-01_henkilöliikennetutkimus_2016_web.pdf?sequence=5&isAllowed=y)

Lyytimäki, J. 2006. Unohdetut ympäristöongelmat. Helsinki. Gaudeamus.

L 27.6.014/527. Ympäristönsuojelulaki. Finlex. Viitattu 25.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

Maanmittauslaitos 2016. Karttapaikka <https://www.maanmittauslaitos.fi/asioi-verkossa/karttapaikka>

Maanmittauslaitos 2016. Laserkeilausaineisto. Viitattu 2.5.2023. Laserkeilausaineisto 0,5 p (2008-2019) | Maanmittauslaitos

Nordtest 1991: Industrial plants: noise emission – Nordtest method NT ACOU 080. Approved 1991–02.

Paikkatietoikkuna. <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>

P 29.10.1992/993 Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. Finlex. Viitattu 14.4.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1992/19920993>

Starck, J. & Teräsvirta, L. 2009. Melu. Helsinki. Työterveyslaitos.

Suomen ympäristö 3/2007. Ympäristömelun vaikutukset. Ympäristöministeriö

Traficom. 2022. Valtakunnalliset liikenne-ennusteet. Viitattu 10.5.2023.  
<https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/VLE%202022.pdf>

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Melu. Viitattu 5.4.2023.  
<https://thl.fi/fi/web/ymparistoterveys/melu>

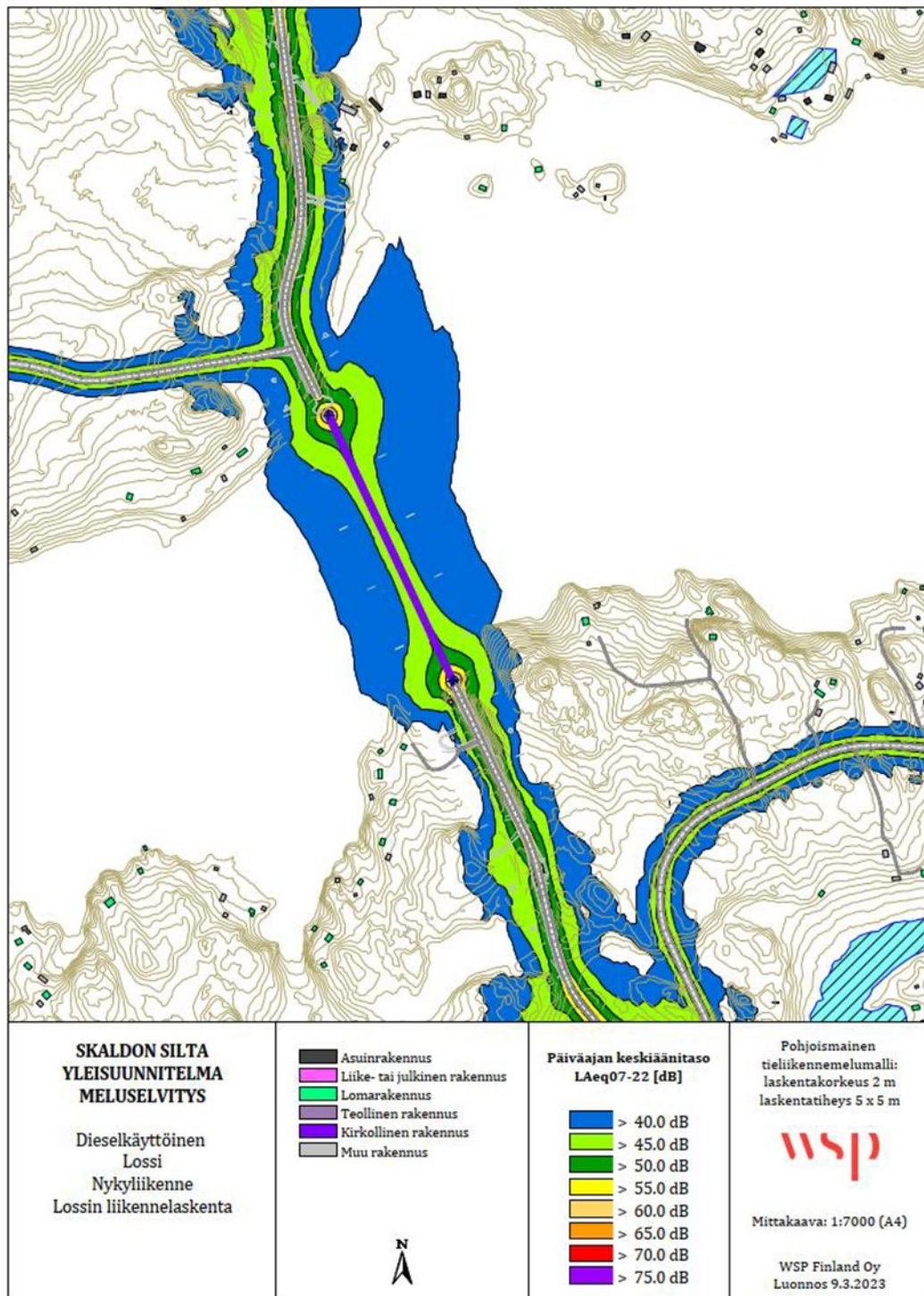
Tiihinen, J. & Hänninen, O. 1997. Meluntorjunnan perusteet. Kuopio.  
Ympäristöministeriö, Pohjois-Savon ympäristökeskus.

Väylä. 2022. Tieliikenteen liikennemäärät 2012–2021. Viitattu 16.5.2023.  
<https://paikkatieto.vaylapilvi.fi/arcgis/apps/webappviewer/index.html?id=9303658f44134d5bb82d7e7d55e11644>

Ympäristömelun mittaaminen. 1995. Helsinki. Ympäristöministeriö

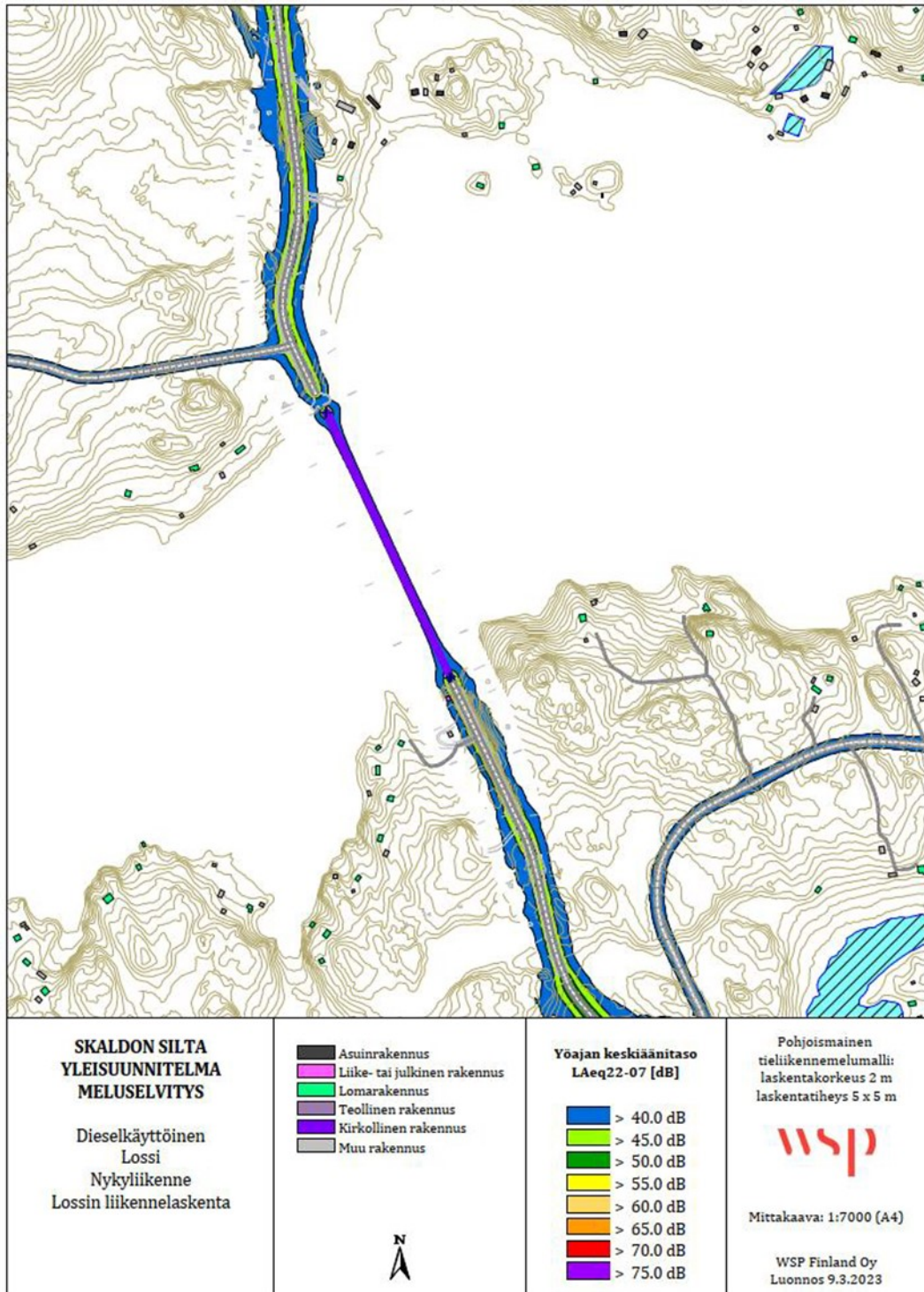
## LIITTEET

**Liite 1.** Dieselkäyttöinen lossi. Nykytilanne LAeq 7–22

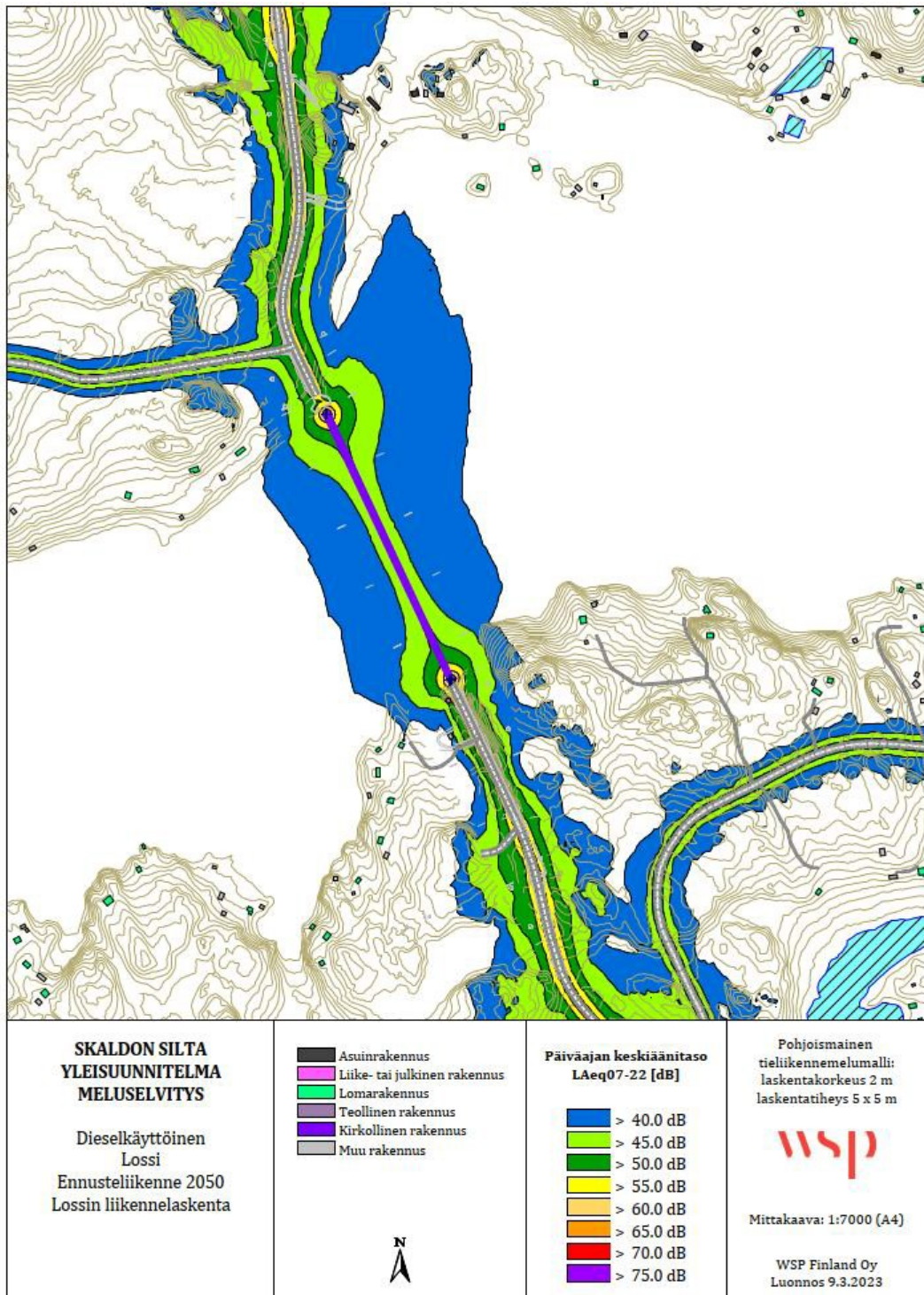




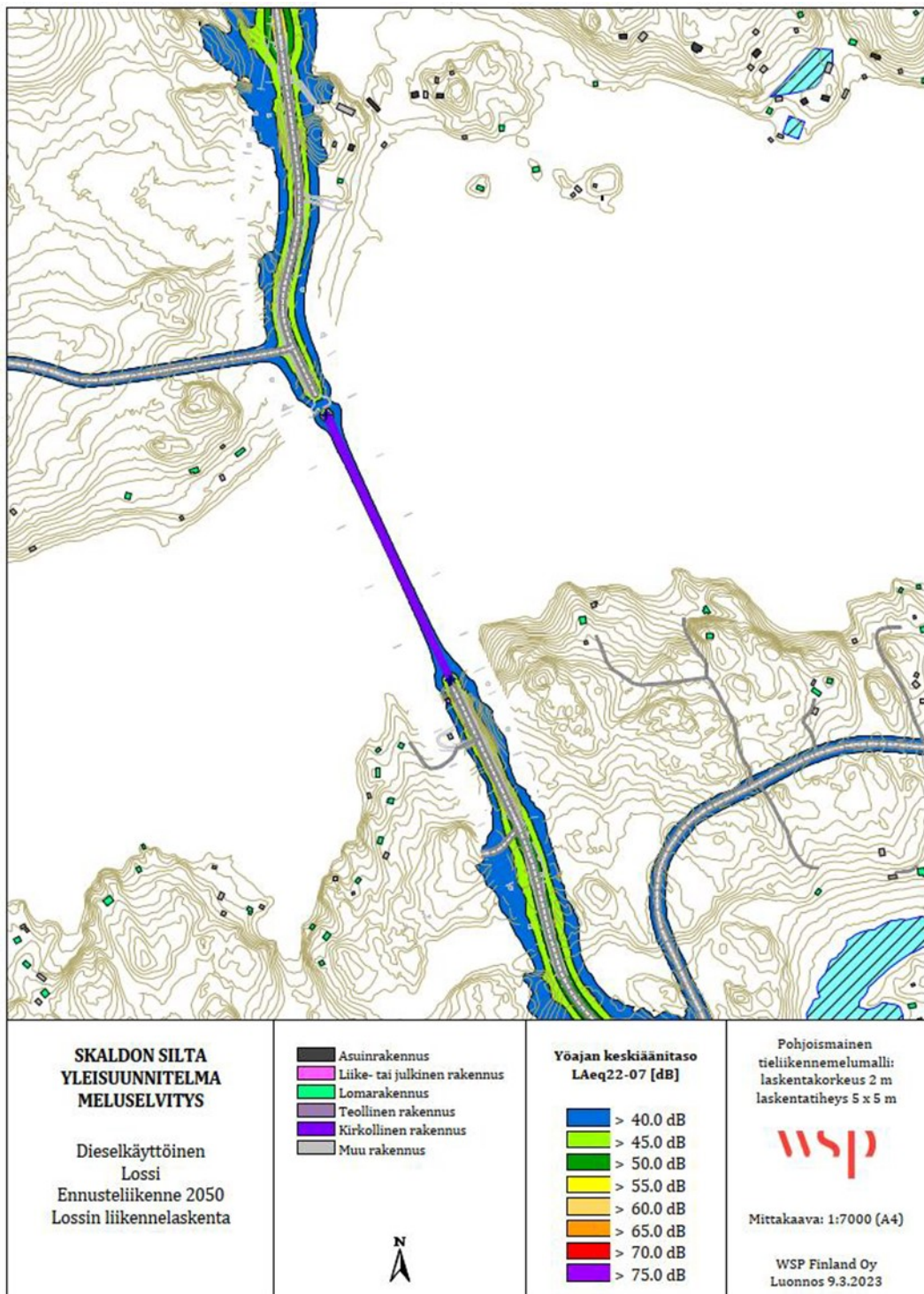
## Liite 2. Dieselkäyttöinen lossi. Nykytilanne LAeq 22-7



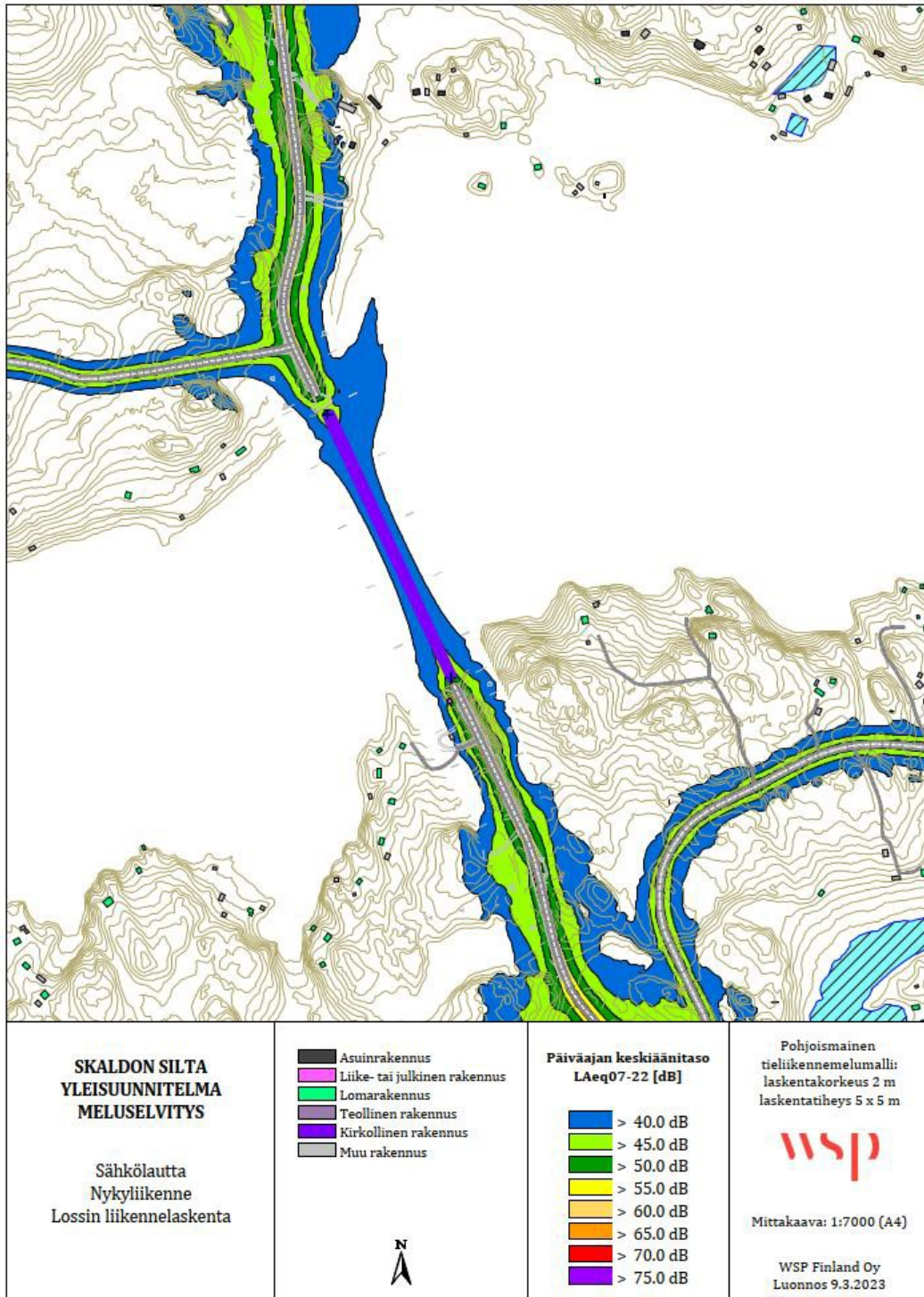
**Liite 3.** Dieselukäyttöinen lossi. Ennustetilanne 2050 LAeq 7–22



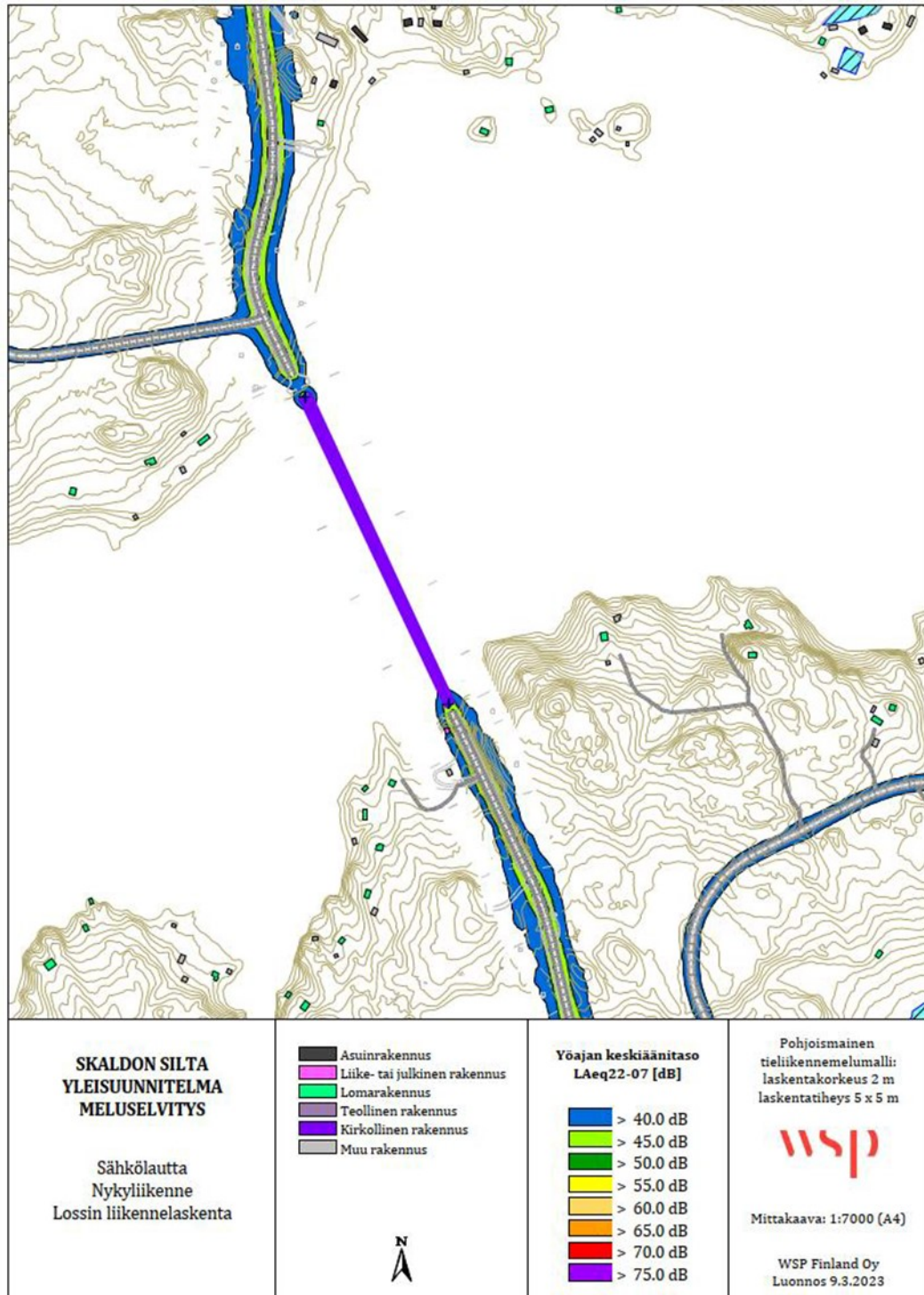
**Liite 4.** Dieselkäyttöinen lossi. Ennustetilanne 2050 LAeq 22–7



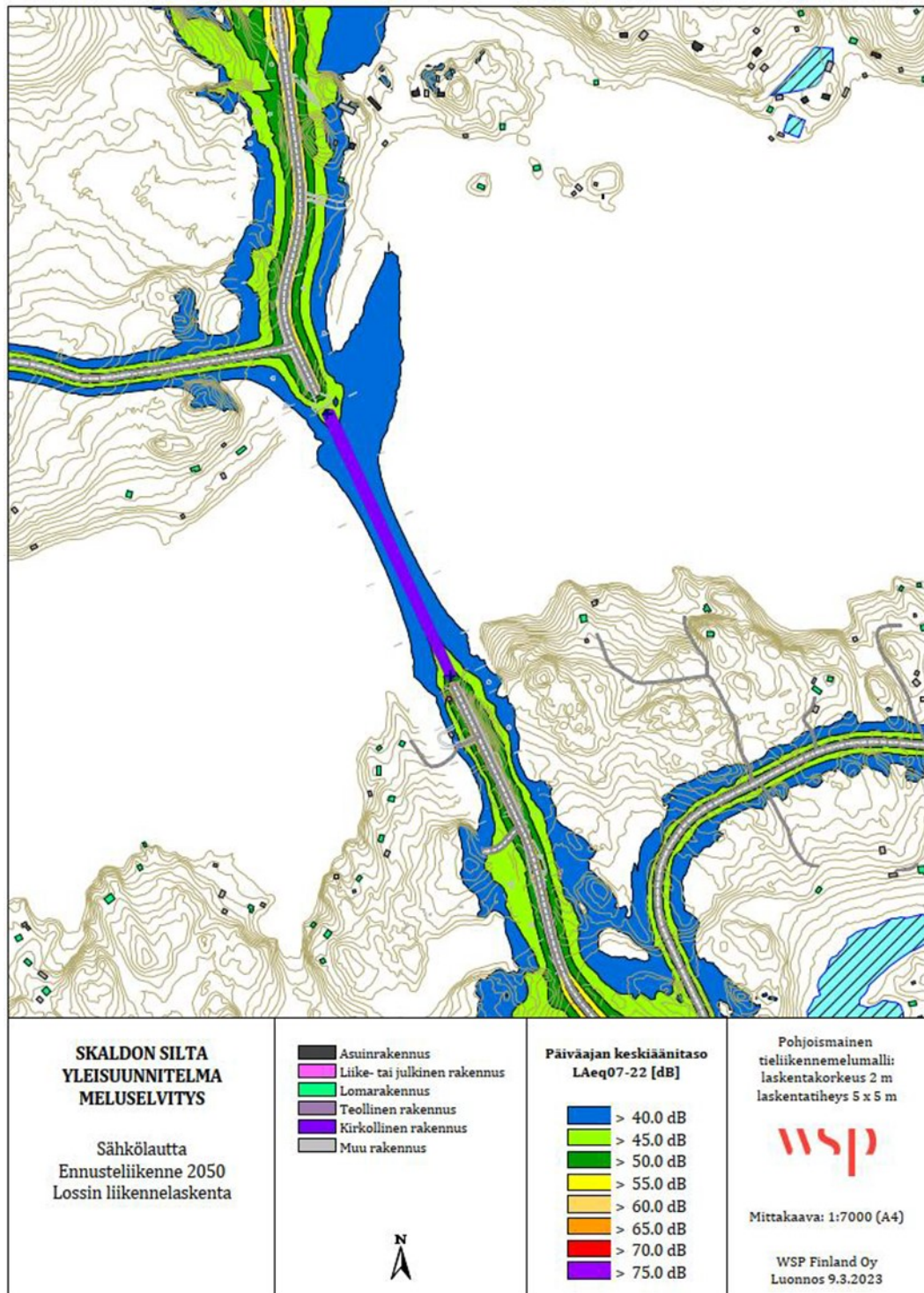
**Liite 5.** Sähkölautta. Nykytilanne LAeq 7–22



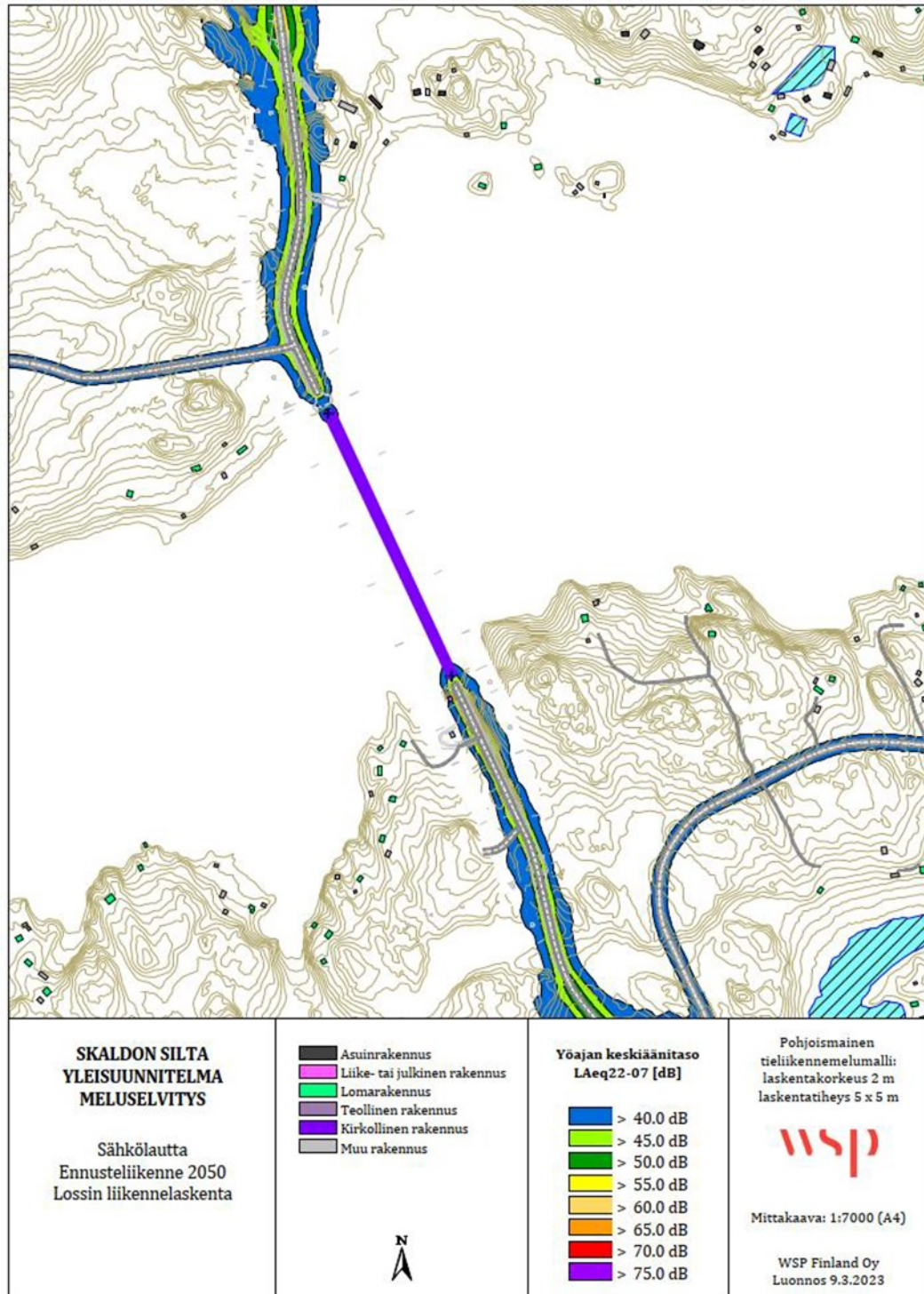
**Liite 6.** Sähkölautta. Nykytilanne LAeq 22–7



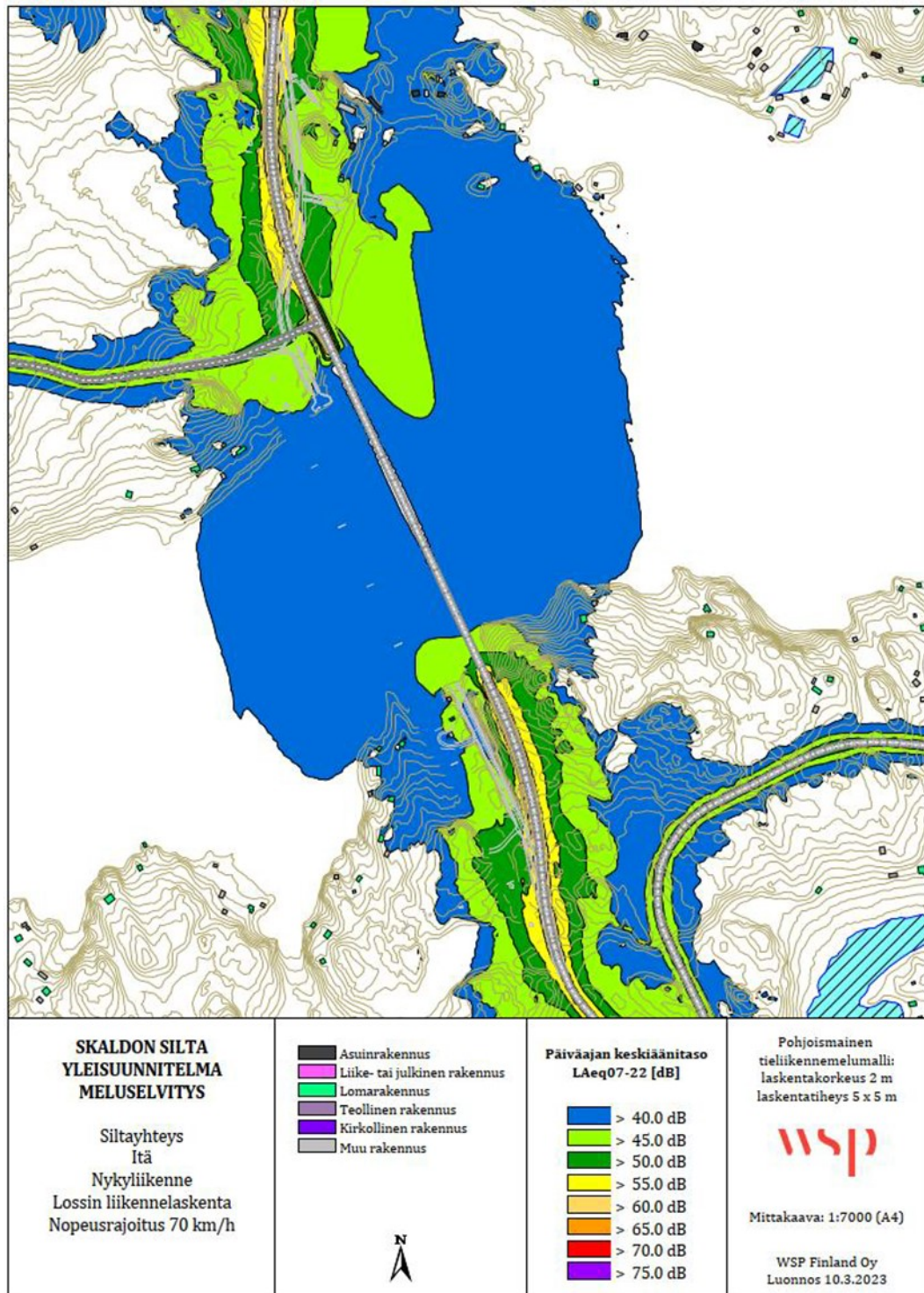
### Liite 7. Sähkölautta. Ennustetilanne 2050 LAeq 7–22



**Liite 8.** Sähkölautta. Ennustetilanne 2050 LAeq 22–7

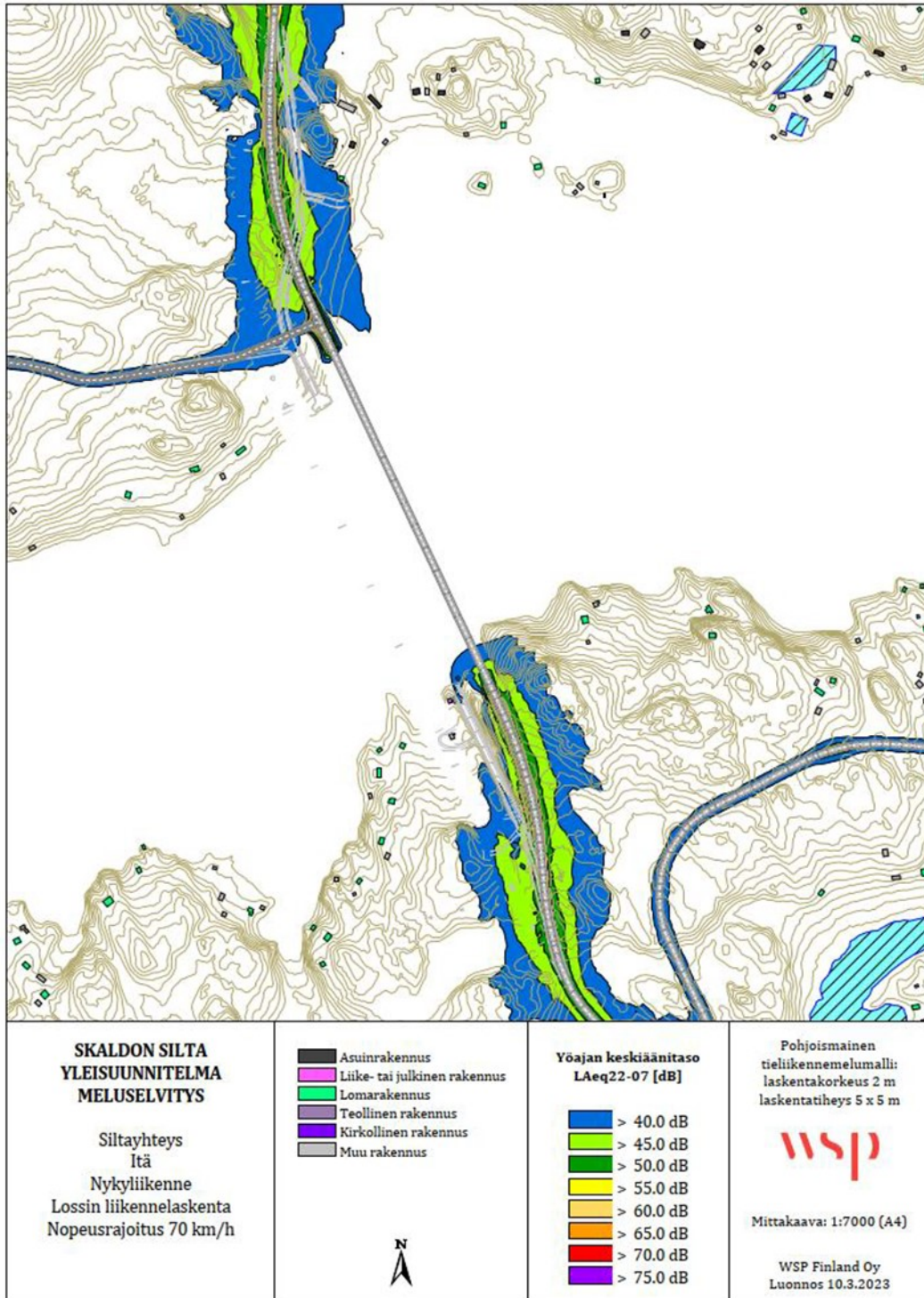


**Liite 9.** Itäinen siltalinjaus. Nykytilanne Laeq 7–22

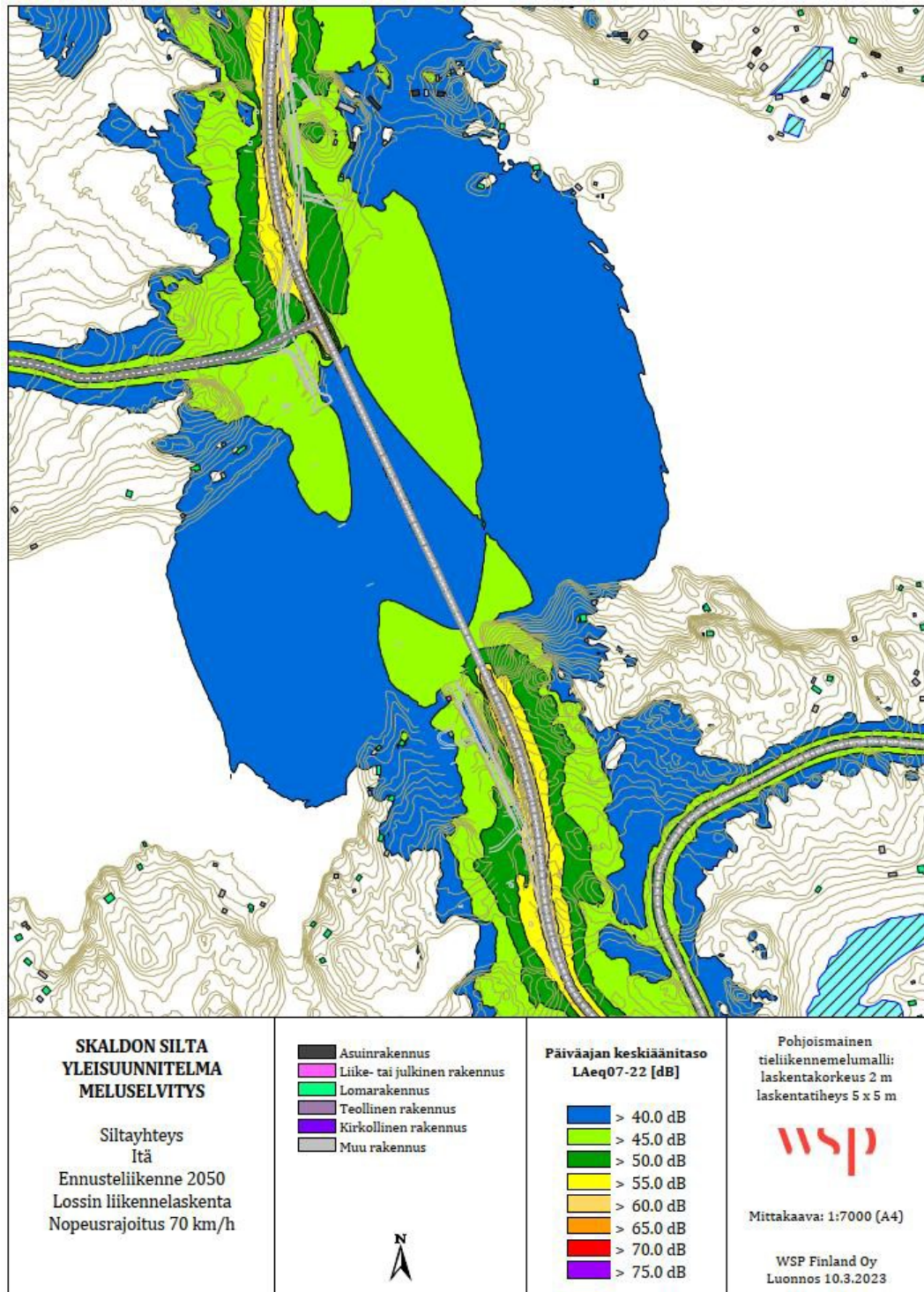




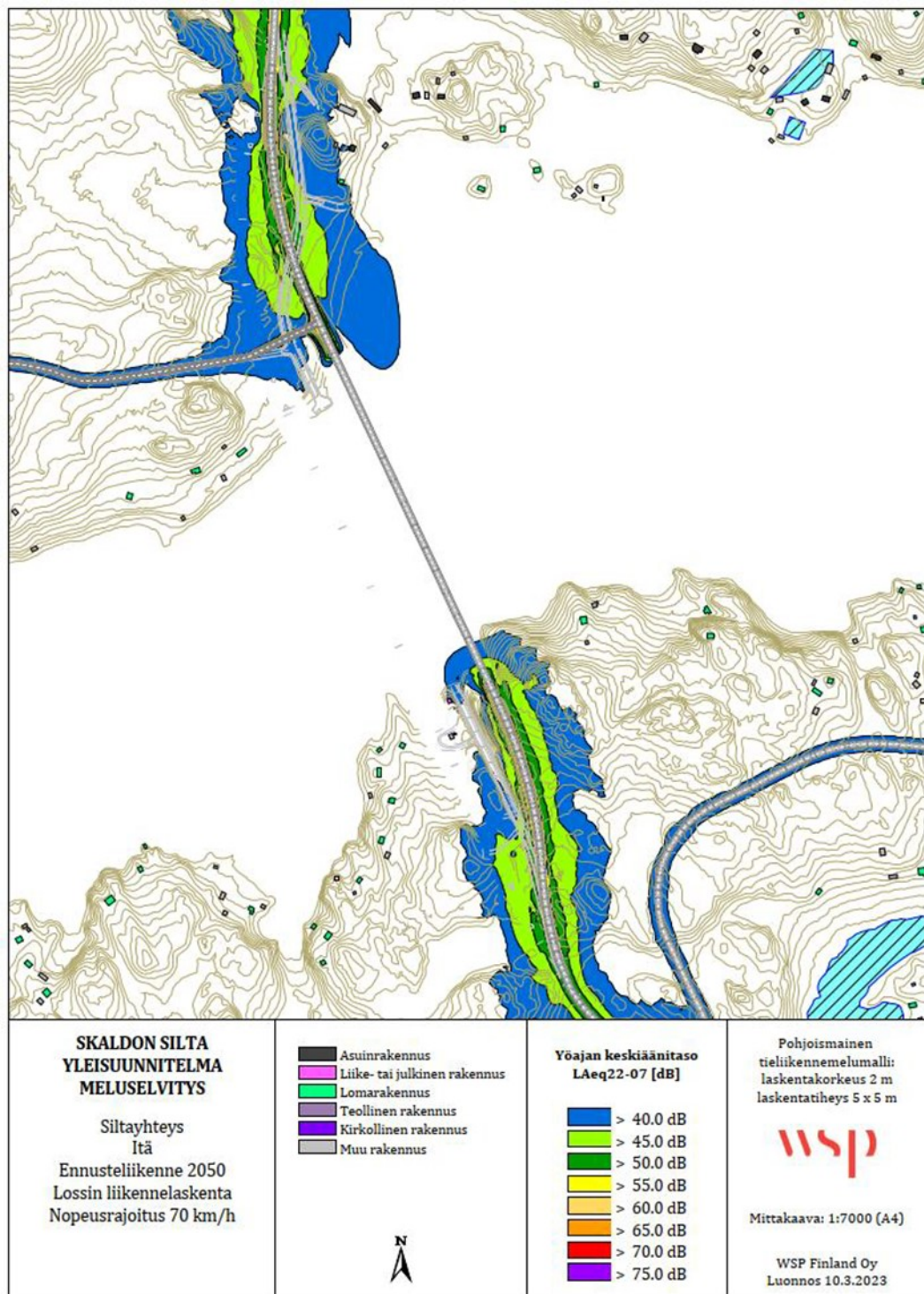
**Liite 10.** Itäinen siltalinjaus. Nykytilanne Laeq 22–7



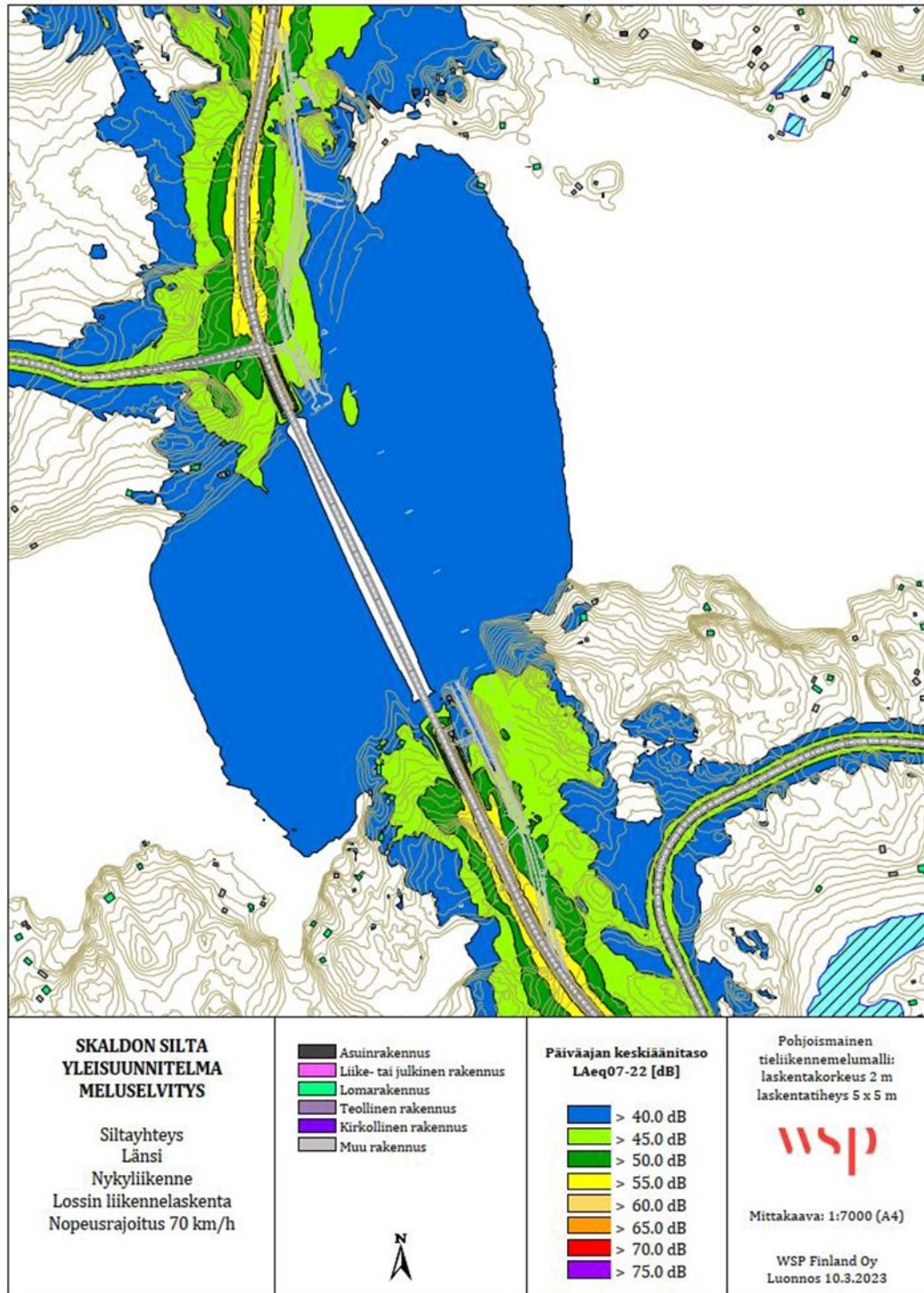
**Liite 11.** Itäinen siltalinjaus. Ennustetilanne 2050 Laeq 7–22



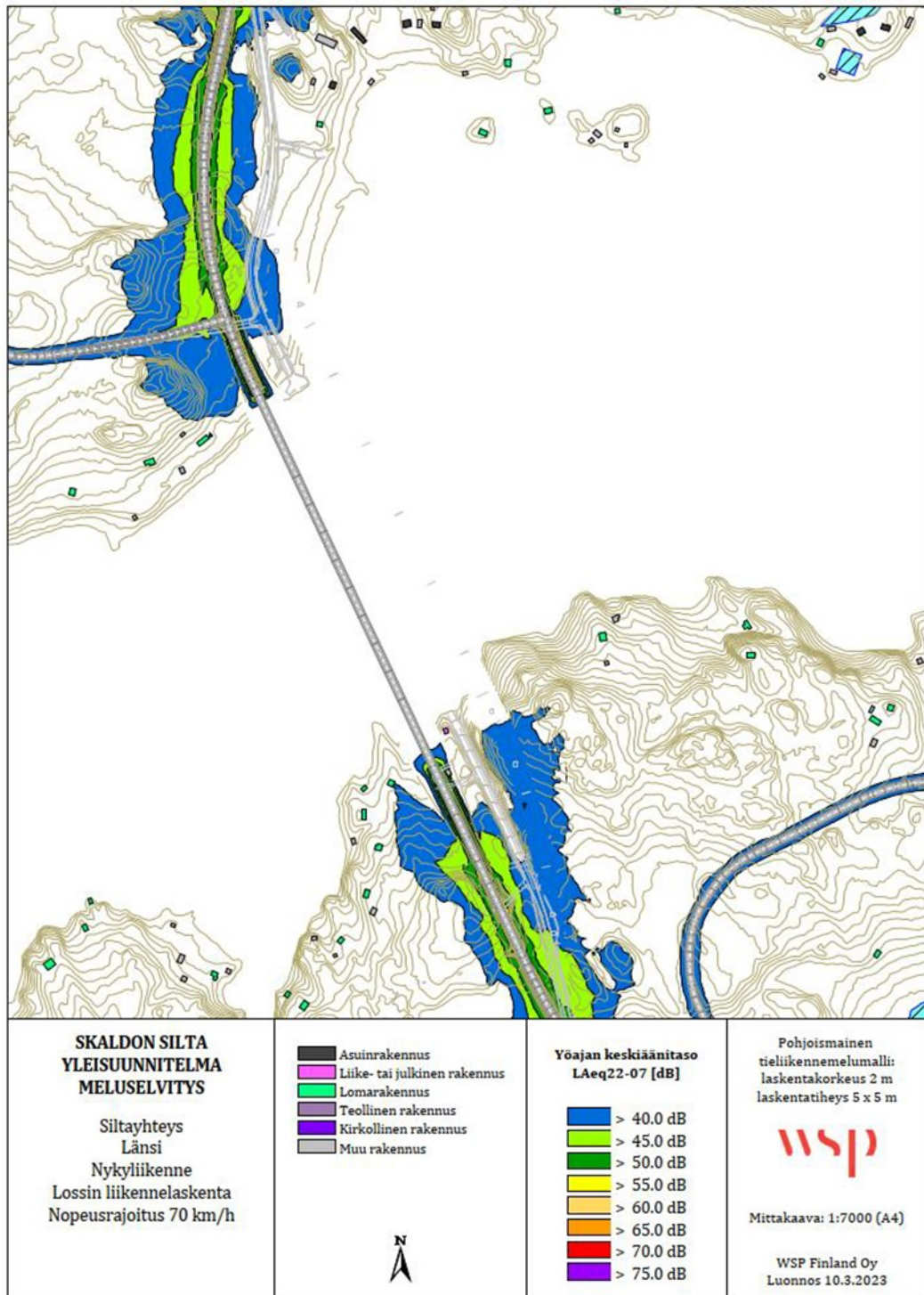
**Liite 12.** Itäinen siltalinjaus. Ennustetilanne 2050 Laeq 22–7



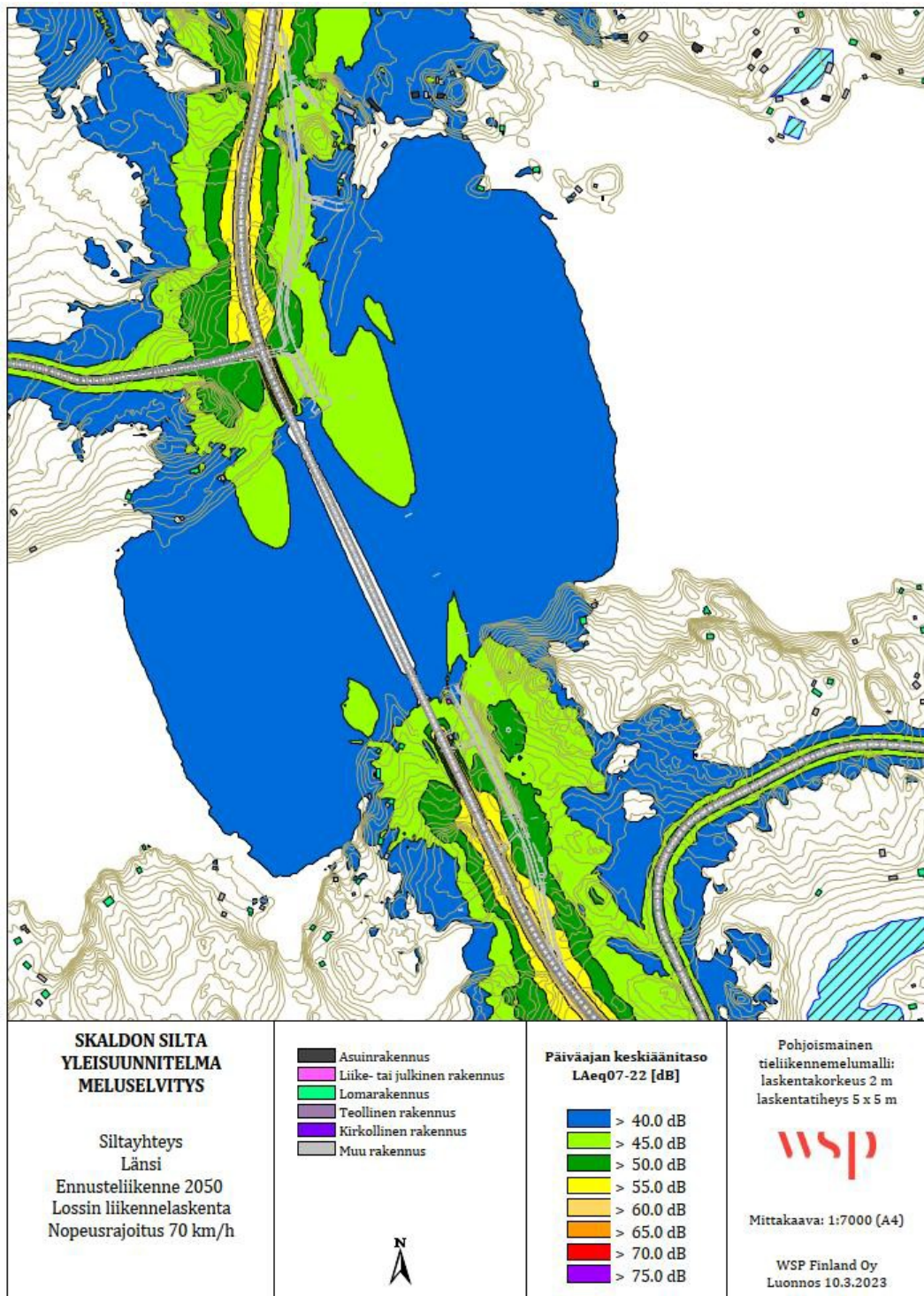
**Liite 13.** Läntinen siltalinjaus. Nykytilanne Laeq 7–22



**Liite 14.** Läntinen siltalinjaus. Nykytilanne Laeq 22–7



**Liite 15.** Läntinen siltalinjaus. Ennustetilanne 2050 Laeq 7–22



**Liite 16.** Läntinen siltalinjaus. Ennustetilanne 2050 Laeq 22–7

