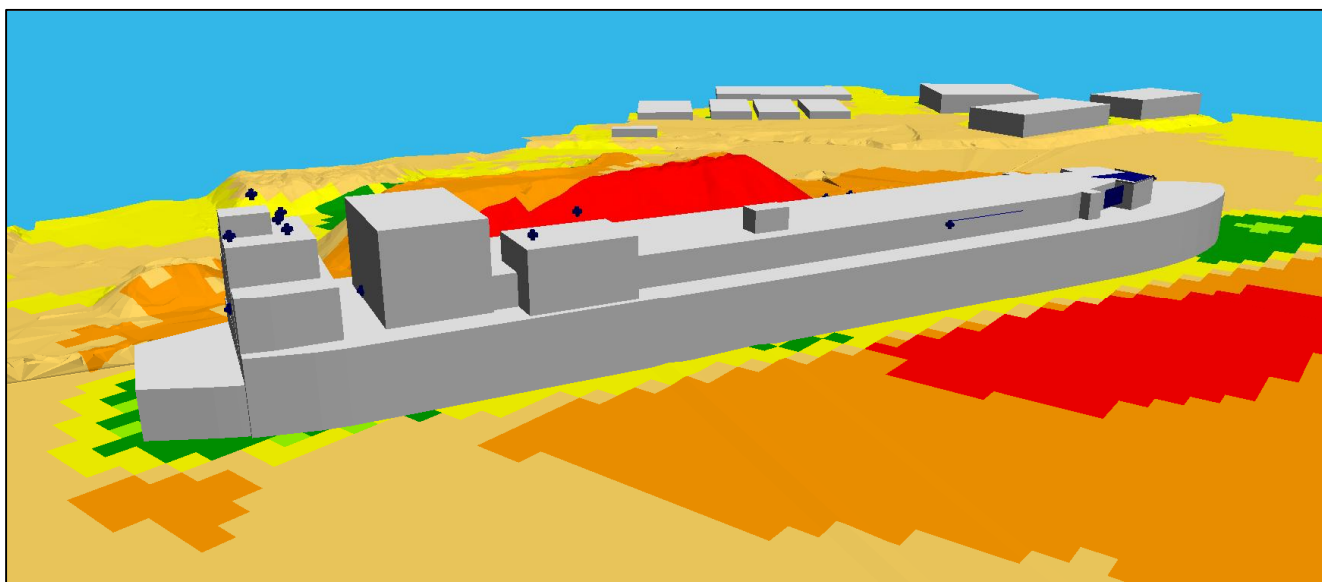


FSRU-aluksen melumallinnus



Päiväys	31.8.2023
Laatija	Johannes Oksanen
Tarkastaja	Sammy Roiha
Projektinumero	YKK68011

31.8.2023

Sisällysluettelo

1	Taustatiedot	3
1.1	Kohde	3
1.2	Selvityksen tarkoitus	4
1.3	Tilaaaja	4
1.4	Suunnittelu	4
2	Arviointimenetelmät ja lähtötiedot	5
2.1	Melun raja-arvot	5
2.2	Melulaskenta	5
2.3	Lähtötiedot	6
3	Tulokset	10
4	Mittaustulosten ja mallinnustulosten vertailu	13
5	Jatkotoimenpidesuositukset	16
6	Epävarmuustekijät	16
7	Liitteet	18
8	Viitteet	19

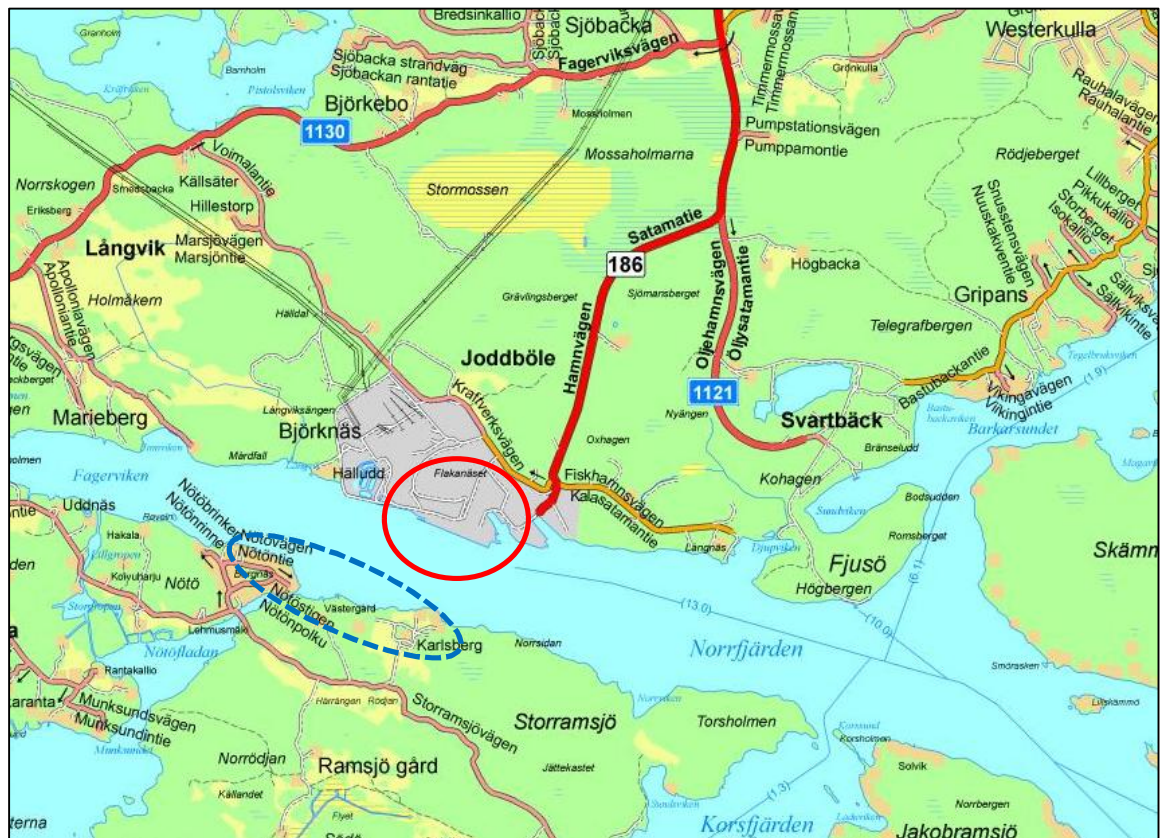


31.8.2023

1 Taustatiedot

1.1 Kohde

FSRU-aluksen (*Floating Storage Regasification Unit*) sijainti Inkoon satamassa on kuvassa 1 ympyröity punaisella. Lähimmät herkätkohteet sijaitsevat lahden toisella puolella Storransjössä, jonne matkaa on lyhintä reittiä noin 400 metriä.



Kuva 1 Kohteen sijainti Inkoon satamassa ympyröity punaisella. Lähimpien herkkien kohteiden likimäinen sijainti on osoitettu kuvassa sinisellä katkoviivalla. Kuva: <https://inkoo.kartta-tiimi.fi/>



31.8.2023

1.2 Selvityksen tarkoitus

Selvityksen tarkoituksena on selvittää FSRU-aluksen tuottama meluvaikutus lähimpien herkkien kohteiden luona sekä yhteisvaikutus alueen muun melua tuottavan toiminnan kanssa. Lisäksi selvityksen perusteella annetaan arvio meluntorjuntatarpeesta, jolla ympäristöluvassa [1] annetut raja-arvot 55 dB päiväaikaan ja 50 dB yöaikaan eivät ylity pysyvään asumiseen ja loma-asumiseen käytettyjen kiinteistöjen piha-alueilla.

Tämä selvitys on jatkoa vuonna 2022 laaditulle meluselvitykselle [2], jossa melumallinnus laadittiin käyttäen sen hetkisiä tietoja aluksen äänilähteistä. Tässä selvityksessä melumallinnus on laadittu *Exemplar* -aluksella tehdyillä lähtöarvomittauksilla, jotka on tehty aluksen ollessa normaalissa käytössä Inkoossa.

1.3 Tilaaja

Ramboll Finland Oy

1.4 Suunnittelu

Sitowise Oy
Linnoitustie 6 D, 02600 Espoo
+358 20 747 6000 | vaihde

Sammy Roiha, projektipäällikkö, laadunvarmistus

email sammy.roiha@sitowise.com, puh. +358 400 707 899

Johannes Oksanen, melumallinnus, raportointi

email johannes.oksanen@sitowise.com, puh. +358 44 427 9096



31.8.2023

2 Arviointimenetelmät ja lähtötiedot

2.1 Melun raja-arvot

Melulaskennan tuloksia on verrattu aluetta koskevassa ympäristöluvassa [1] annettuihin raja-arvoihin: Toiminnasta aiheutuva melu yhdessä alueella toimivien muiden melua aiheuttavien toimijoiden kanssa ei saa ylittää päivällä (klo 07–22) ekvivalenttimelutasoa L_{Aeq} 55 dB eikä yöllä (klo 22–07) ekvivalenttimelutasoa L_{Aeq} 50 dB pysyvään asumiseen tai loma-asumiseen käytettyjen kiinteistöjen piha-alueilla.

FSRU-aluksen melun on oletettu olevan normaalissa käytössä jatkuvaa ja samanlaista vuorokauden ajasta riippumatta. Näin ollen merkitsevä raja-arvo on FSRU-aluksen kannalta yöajan raja-arvo 50 dB ja FSRU-aluksen sekä satamassa tapahtuvan muun toiminnan yhteismelunkannalta päiväajan raja-arvo 55 dB. Sataman muut melua tuottavat toiminnot sijoittuvat päiväaikaan.

2.2 Melulaskenta

Melulaskenta perustuu melun leviämiseen 3D-maastomallissa, johon on mallinnettu melulähteet, rakennukset, meluesteet ja maastonmuodot sekä näiden akustiset ominaisuudet. Maastomalli ulottuu yli 2000 metrin etäisyydelle selvitysalueesta ja sisältää alueen merkittävät melulähteet.

Laajat asfalttialueet, vesialueet, laivat, kadut ja rakennusten katot on mallinnettu akustisesti kovina ($\sigma = 0$). Tieliikennettä ei ole huomioitu, sen verraten vähäisen meluvaikutuksen vuoksi.

Melulaskennat on suoritettu DataKustik CadnaA 2022 -melulaskentaohjelmalla käyttäen yleisesti Suomessa käytettävää pohjoismaisen teollisuusmelun laskentamallia *General Prediction Method* [3].

Selvityksessä on laskettu päiväajan keskiäänitasot ($L_{Aeq,7-22}$) eri tilanteissa, jolloin niitä voi verrata ympäristöluvassa annettuihin raja-arvoihin. Koska FSRU-aluksen tuottama melu on jatkuvaa ja tasaista päiväajan keskiäänitaso on verrannollinen myös yöajan raja-arvoon. Työssä on arvioitu alustavasti melun leviäminen läheisille asuin- ja



31.8.2023

loma-asumisalueille sekä esitetään suositukset alueen melunhallinnan ja torjunnan jatkosuunnittelulle.

Tärkeimmät laskenta-asetukset:

- Laskentaruudukon koko 5 x 5 metriä. Jokainen ruutu on laskettu ilman ruutujen interpolointia
- Meluvyöhykkeiden laskentakorkeus 2 metriä
- Laskentasäde 2000 metriä
- Laskennassa mukana 2. kertaluvun heijastukset
- Rakennukset heijastavia 1 dB heijastusvaimennuksella
- Heijastustason määrittelyssä suurin sallittu poikkeama on 1 metri

2.3 Lähtötiedot

Mallinnuksessa käytetyt äänilähteiden äänitehotasot on mitannut Ramboll Finland. Mittaukset suoritettiin aluksella 9.5.2023 ja paikalla oli myös Sitowisen edustajana Johannes Oksanen. Mittausten yhteydessä Ramboll ja Sitowise selvittivät merkittävien melulähteiden sijainnit laivalla. Äänilähteiden mallinnetut sijainnit perustuvat mittauspäivänä tehtyihin havaintoihin sekä Rambollin toimittamaan mittausraporttiin. Melumallinnuksen lähtötietona on ollut myös laivan mittatarkat piirustukset.

Tiedot sataman muista melua tuottavista toiminnoista on saatu aiemmin laaditusta selvityksestä satama-alueella [4]. Liikennemelua ei ole huomioitu, sillä sen melun arvioidaan olevan merkityksettömän pientä muuhun alueella tuotettuun meluun verrattuna. Kaikkien mallinnettujen melulähteiden äänitehotasot on esitetty taulukossa 1. Äänilähteiden sijoittuminen laivalla on esitetty liitteessä G [5].

Taulukko 1 Mallinnuksessa käytetyt melulähteiden äänitehotasot.

FSRU-aluksen äänilähteet	Äänilähteen paikka / tunniste	Äänilähteen tyyppi	Kokonaisääniteho, LwA, dB
L1 Suuri IV-poistotyyppinen melulähde	Engine room, #2	pistelähde	106
L2 Suuri IV-poistotyyppinen melulähde	Engineroom, exhaust fan 2	pistelähde	104
L3 Suuri IV-poistotyyppinen melulähde	Engine room, #3	pistelähde	98
L4 Suuri IV-poistotyyppinen melulähde	Engine room #5	pistelähde	100



31.8.2023

L5 pakokaasujen poistoputki (alus ei käynnissä).	On the Top of Fanel	pistelähde	93
L6 Laivan piippurakennuksen ilmastointiritilät suoraan perää kohti. Arvioidimensiot 2 m x 3 m, 2kpl.	Piipun ilmanvaihtoritilät	pistelähde	85
L7 Laivan konetilan / voimalaitososan poistot kohti aluksen perää.	-	pistelähde	101
L8 Laivan konetilan / voimalaitososan ja majoitustilojen välissä oleva ritilä.	LV06 Air Cont. Rm, fresh Air Intake	pistelähde	91
L9 Kompressoritilan katon poisto	Compressor Room Exhaust Fan #1	pistelähde	113
L10 Kompressoritilan katolla. Mittaustulos yhden poiston melupäästö. Vain yksi kolmesta oli käytössä mittaushetkellä.	Compressor Room, EMR, Fan #2	pistelähde	101
L11 korkeapainepumppu, laivan oikealla kyljellä	High Pressure Pump	pistelähde	108
L12 Putkilinja laivan kyljessä oikealla puolella	-	viivalähde	109
L13 Iso alue (putkisto, venttiilejä ym.) laivan keulassa oikealla puolella	-	aluelähde	110
L14 Tuuletin laivan keulassa vasemmalla puolella	Source Fan 1 and 2	pistelähde	107
L15 Putkikenttä laivan keulassa oikealla puolella	-	aluelähde	113,5
L16 Kaasuputki laivan vasemmalla kyljellä	-	viivalähde	111
L17 Kaasulinjan lähtö laivan vasemmalla kyljellä	-	pistelähde	112
Alueen muut äänilähteet		Äänilähteen tyyppi	Kokonaisääniteho, LwA, dB
Romun lastaus laivaan #1	Inkoo Shipping	aluelähde	112
Romun lastaus laivaan #2	Inkoo Shipping	aluelähde	110
Murskausasema	Rudus Oy	aluelähde	122

FSRU- aluksen melulähteet mallinnettiin piste-, viiva- ja aluelähteinä, ja melulähteille annettiin mittausraportissa [5] ilmoitetut äänitehotot.

FSRU-alusta tankkaavasta aluksesta ei ole melupäästötietoja saatavilla ja tankkaava alus voi vaihdella tankkauskertojen välillä. Mittausraportin [6] kuvien perusteella tankkaava alus on likimain samanlainen kuin *Exemplar* sillä erotuksella ettei siinä ole kaasuntuotantoon liittyviä laitteita. Kuvien ja varustamon edustajalta sähköpostitse saatujen tietojen perusteella tankkaava alus mallinnettiin käyttäen Exemplarilla mitattuja melupäästöjä L1-L10.



31.8.2023

FSRU-aluksen melu on mallinnettu jatkuvana (sama keskiäänitaso yöllä ja päivällä), samoin sen täyttö toisesta aluksesta. Muut satamassa tapahtuvat toiminnot sijoittuvat päiväaikaan klo 7–22 ja niiden toiminta-aikana on käytetty yhdeksää (9) tuntia. Romun lastausta ja murskausta ei kuitenkaan tehdä joka päivä, vaan toiminta on satunnaista. Yhteismelutasot jäävät siis mallinnettua alhaisemmiksi silloin, kun muut toiminnot eivät ole käynnissä. FSRU-alusta tankataan toisesta aluksesta noin 1–4 kertaa kuussa ja tankkauskerta kestää noin 30 tuntia.

Mallinnetut tilanteet

Melumallinnuksella tarkasteltiin viittä (5) erilaista melutilannetta. Tilanteet 1 ja 2 ovat verrannollisia tilanteeseen, jossa on mitattu äänialtistusta lähimmissä häiriintyvissä kohteissa [7]. Tilanteet 5 ja 6 ovat verrannollisia tankkaustilanteen aikana suoritettuihin altistusmittauksiin [6]. Äänialtistusmittausten aikaisesta taustamelusta (sataman muut toiminnot) ei ole tarkkaa tietoa, joten tuloksissa on vertailtu äänialtistusmittauksiin tilanteita, joissa sataman muut toiminnot ovat käynnissä ja eivät ole.

1. FSRU-alus normaalissa käyttötilanteessa.
2. FSRU-alus normaalissa käyttötilanteessa ja muut satama-alueen melua tuottavat toiminnot käynnissä.
3. FSRU-aluksen täyttö toisesta aluksesta. FSRU-alus normaalissa toiminnassa.
4. FSRU-aluksen täyttö toisesta aluksesta ja muut satama-alueen melua tuottavat toiminnot käynnissä. FSRU-alus normaalissa toiminnassa.
5. FSRU-aluksen täyttö toisesta aluksesta. FSRU-alus ei syötä kaasua verkkoon.
6. FSRU-aluksen täyttö toisesta aluksesta. FSRU-alus ei syötä kaasua verkkoon. Lisäksi muut satama-alueen melua tuottavat toiminnot käynnissä.

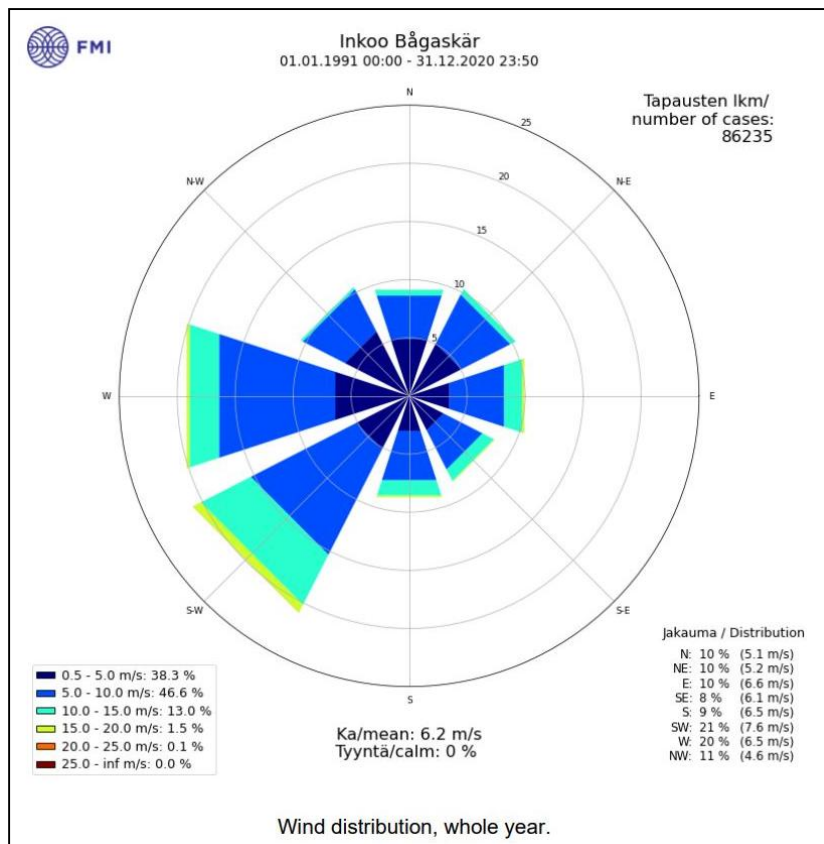


31.8.2023

Tuuliolosuhteet

Tuuliolosuhteilla on vaikutusta melun leviämiseen, niin että melu leviää tuulen suuntaan enemmän kuin sitä vastaan. Tuulen suuntaa ja voimakkuutta koko vuoden keskiarvona kuvaava tuuliruusu on esitetty kuvassa 2 [10]. Tuuliruusun perusteella tarkasteltavalla alueella yleisimmät tuulen suunnat ovat länsi ja lounas. Lähimmät häiriintyvät kohteet sijaitsevat FSRU-aluksesta katsottuna etelässä ja lounaassa. Yleisimmät tuulen suunnat ovat siis häiriintyvistä kohteista melulähteeseen päin, jolloin todellinen keskiäänitaso jää todennäköisesti mallinnettua keskiäänitasoa pienemmäksi näiden kohteiden ympäristössä.

Melumallinnuksessa pohjoismaalaisella laskentamallilla (GMP 1982) [3] tuuli on huomioitu heikkona myötätuulena kaikkiin ilmansuuntiin pois päin melulähteestä. Mallinnustulos voi siis yliarvioida melua etelän suunnassa sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten luona.



Kuva 2 Vuosien 1991–2020 keskimääräinen Inkoon Bågaskäärissä vallitseva tuulen suunta [10]. Yleisimmät tuulen suunnat ovat länsi ja lounas.



31.8.2023

3 Tulokset

Mitoittavaa yöajan keskiäänitasoa kuvaa liite A, jossa on esitetty FSRU-aluksen normaalin käytön tuottama keskiäänitaso ympäristöön. Yöajan raja-arvo 50 dB ylittyy noin 1–4 dB lähimpien kohteiden pihalueilla.

Päiväajan raja-arvo 55 dB ei ylity lukuun ottamatta yksittäisiä laskentapisteitä lähimmän häiriintyvän kohteen alueella Storramsjön rannassa, kun huomioidaan alueen kaikkien satama-alueen toimijoiden melulähteiden yhteisvaikutus. Yhteismelu on esitetty liitteessä B. Alueen muiden toimijoiden tuottama melu (Rudus Oy: murskausalue ja Inkoo Shippingin laivan lastaus) on mallinnustuloksen perusteella huomattavasti pienempää kuin FSRU-aluksen tuottama melu häiriintyvien kohteiden luona. Niiden tuottama melu nostaa keskiäänitaso lähimpien häiriintyvien kohteiden luona 1–2 dB verrattuna tilanteeseen, jossa huomioidaan vain FSRU-aluksen tuottama melu.

Suurin hetkellinen melu aiheutuu, kun FSRU-alusta tankataan toisella aluksella. Tankkaus kestää noin 30 h kerrallaan ja tankkauksen tarve vaihtelee kaasun kulutuksen mukaan. Arvioilta alusta tankataan noin 1–4 kertaa kuussa. Tankkauksen melun keskiäänitasot on esitetty pelkälle tankkaukselle ja FSRU-alukselle liitteessä C (verrannollinen yöajan raja-arvoon, kun alueen muut toimijat eivät tuota melua) ja yhdessä muiden sataman toimintojen kanssa liitteessä D (verrannollinen päiväajan raja-arvoon).

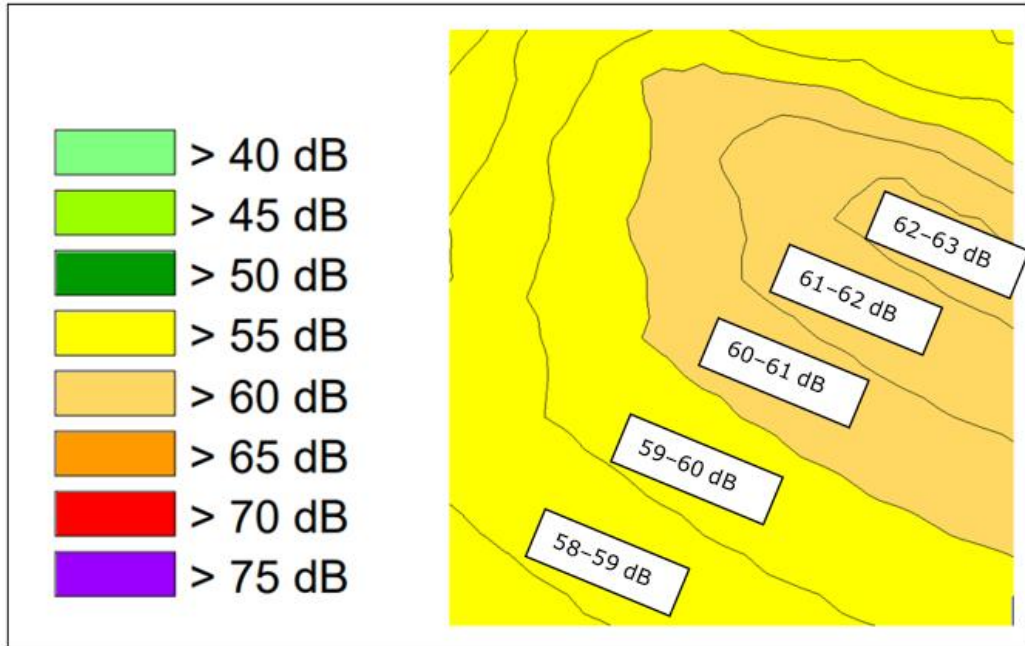
Tankkaustilanteessa päiväajan raja-arvo (liite D) 55 dB ylittyy pienellä kaistaleella lähimmän häiriintyvän kohteen tontilla. FSRU-aluksen ja sitä tankkaavan aluksen melu on mallinnustuloksen perusteella alueen muiden toimijoiden tuottamaa melua huomattavasti merkittävämpää. Yöajan raja-arvo 50 dB ylittyy tankkaustilanteessa osalla tonttia (melukartoilla esitetty mittauspiste 1 sijaitsee tällä tontilla) enimmillään kuudella (6) desibelillä (dB).



31.8.2023

Melukarttojen esitystapa

Liitteenä olevissa melukartoissa on käytetty kuvassa 3 vasemmalla esitettyä väriskaalaa kuvaamaan eri meluvyöhykkeitä ja lisäksi viivoja (kuvassa oikealla), jotka kuvaavat 1 dB suuruisia vyöhykkeitä.



Kuva 3 Melukartoissa käytetty väriskaala vasemmalla ja yhden desibelin suuruisia vyöhykkeitä kuvaavat viivat oikealla.

31.8.2023

Yksittäisten melulähteiden vaikutus

Melumallinnuksen tulosten perusteella on arvioitu mitkä laivalla sijaitsevat melulähteet ovat merkittävimpiä lähimpien altistuvien kohteiden kannalta. Mallin perusteella sijainnissa, jotka vastaavat Rambollin suorittamien altistusmittausten mittauspisteitä 1–4 merkittävin melulähde on L9 ("compressor room fan") toiseksi merkittävin keulan kaasulaitos L13 (iso alue putkia, venttiileitä ym.). Vähemmän merkittäviä ovat laivan oikealla kyljellä sijaitsevat äänilähteet L11 ("high pressure pump") ja L12 (putkilinja), joiden vaikutus on likimain yhtä suuri. Laivan keulan puolella etelässä mittauspistettä 4 vastaavassa sijainnissa äänilähteiden L9 ja L13 vaikutus on likimain yhtä suuri. Alueen muiden toimijoiden tuottama melu on pientä verrattuna FSRU-aluksen tuottamaan meluun tarkastelluissa pisteissä. Merkittävimpien melulähteiden mallinnettu yksittäisvaikutus mittauspistettä 1 vastaavassa sijainnissa on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2 Merkittävimpien melulähteiden osavaikutus mittauspistettä 1 vastaavassa sijainnissa.

Normaalitoiminnan merkittävimmät äänilähteet	A-äänitaso [dB] mittauspisteessä 1	Tankkaustilan-teen (FSRU-normaalissa toiminnassa) merkittävimmät äänilähteet	A-äänitaso [dB] mittauspisteessä 1
Kaikki yhteensä	55	Kaikki yhteensä	55
Exemplar L9	49	Tankkaava alus, L9	50
Exemplar L13	46	Exemplar L9	49
Exemplar L11	43	Exemplar L15	44
Exemplar L12	43	Tankkaava alus, L1	42
Inkoo Shipping, romun lastaus	42	Inkoo Shipping, romun lastaus	42
Exemplar L14	42	Tankkaava alus, L2	41
Exemplar L1	41	Tankkaava alus, L10	39



31.8.2023

4 Mittaustulosten ja mallinnustulosten vertailu

Vertailu ympäristömelumittauksiin

Melumallinnuksen luotettavuutta on arvioitu mallinnettuja tuloksia altistusmittaustuloksiin. Ramboll Oy on suorittanut ympäristömelumittauksia Storramsjön rannassa FSRU-aluksen ollessa normaalissa toiminnassa [7] sekä tilanteessa, jossa FSRU-alusta tankataan toisesta aluksesta, mutta FSRU-alus ei syötä kaasua kaasuverkkoon [6]. Vertailussa pyritty ottamaan huomioon sääolosuhteiden vastaavuus (laskentaoletus: heikko myötätuuli kaikista melulähteestä kaikkiin suuntiin ja altistusmittauksissa: melun eteneminen myötätuuleen mittaushetkellä).

Altistusmittausraportteja [7] ja [6] laadittaessa ei ole ollut käytössä olosuhdekuvausta satama-alueen kaikista melua tuottavista toiminnoista. Raporteista ei siis saatu täysin selville mitkä sataman alueen muut toiminnot olivat olleet mittaushetkellä käynnissä, joten taulukoissa vertailun vuoksi on esitetty mallinnustulokset tilanteista, joissa on pelkkä FSRU-alus, FSRU-alus ja tankkaus sekä yhteismelutilanteet. Yhteismelutilanteissa on huomioitu FSRU-aluksen ja tankkaavan aluksen lisäksi alueen muiden toimijoiden (Rudus Oy, Inkoo Shipping) tuottama melu. Mallinnettu yhteismelu on tarkastelluissa pisteissä 0–2 dB suurempi, kuin pelkkä FSRU-aluksen tai sen tankkauksen tuottama melu.

Mallinnustulosten epävarmuudeksi on arvioitu ± 3 dB, mittaustulosten epävarmuudet on esitetty taulukoissa 3 ja 4 mittaustulosten yhteydessä. Mittausten ja mallinnusten epävarmuudet huomioiden tulokset vastaavat hyvin toisiaan. Suuret epävarmuudet mittauksissa, johtuvat pääosin pitkistä etäisyyksistä äänilähteiden ja mittauspisteiden välillä. Tuloksia verratessa tulee huomioida, ettei mallinnuksessa ole mukana taustääniä, joita mittauksissa esiintyy (mm. eläimet ja liikenne).

Edustavampina mittauksena voidaan pitää mittauspisteiden 1 tulosta, josta on esteetön näkyvyys laivaan ja tutkittavan kohteen tuottama äänitaso on oletettavasti paljon taustamelutason yläpuolella. Mittaukset on suoritettu Ympäristöministeriön ympäristömelun mittaushetken [11] mukaisissa olosuhteissa, joissa on heikko myötätuuli äänilähteestä mittauspisteeseen päin. Melumallissa vallitsee teoreettinen tilanne, jossa on myötätuuli kaikista äänilähteistä pois päin. Tästä syystä



31.8.2023

mallinnustuloksen on syytä olettaa mallinnuksen tuottavan hieman isompia tuloksia mittaukseen verrattuna.

Taulukko 3 Mallinnus- ja mittaustulosten vertailu, FSRU-alus normaalissa toiminnassa. Mittaustulokset ovat raportista [7].

Mittauspiste	Mallinnustulos [dB] FSRU-alus (liite A)	Mallinnustulos [dB] Yhteismelu (liite B)	Mittaustulos, 28-29.6 päivä [dB]	Mittaustulos, 28-29.6 yö [dB]
1	54±3	55±3	52±6	53±6
2	42±3	44±3	40±7	40±7
3	42±3	43±3	44±7	46±7
4	48±3	50±3	46±7	48±7

Taulukko 4 Mallinnus- ja mittaustulosten vertailu, Tankkaustilanne, FSRU-alus ei syötä kaasua verkkoon. Mittaustulokset ovat raportista [6]. * kapeakaistaisuussakolla korjattu tulos.

Mittauspiste	Mallinnustulos [dB] tankkaus, ei tuotantoa (liite E)	Mallinnustulos [dB] tankkaus, ei tuotantoa, yhteismelu (liite F)	Mittaustulos, 2.4 päivä [dB]	Mittaustulos, 2-3.4 yö [dB]	Mittaustulos, 3.4, päivä [dB]
1	55±3	55±3	55±6	56±6	57±6
2	41±3	43±3	46±7	46±7 51±7*	50±7 55±7*
3	41±3	42±3	51±10	47±7	54±7
4	48±3	50±3	-	-	52±7



31.8.2023

Vertailu vuoden 2022 mallinnukseen

Edellisessä melumallinnuksessa [2] melulähteiden tehotasoina käytettiin 2022 tilaajalta saatuja mittaustuloksia, joissa oli ilmoitettu laivan äänitehotaso eteen, taakse ja molemmille sivuille. Äänilähteiden sijainnista ei ollut tarkempaa tietoa, joten ne oli sijoitettu melumalliin silloisen parhaan tietämyksen mukaan. Myöskään melupäästöjen edustavuuden arviointiin tarvittavaa tietoa ei ollut saatavissa. Melukarttoja vertaamalla (liite H) voidaan todeta, että tulokset kauempana laivasta, jossa laivan runko ei muodosta varjovaikutusta melulähteille, mallinnustulokset 2022 ja 2023 vastaavat hyvin toisiaan. Esimerkiksi vastarannalla lähimpien altistuvien rakennusten luona noin 400 metrin päässä laivasta melutaso on likimain sama molemmissa mallinuksissa. Laivan lähellä erot melukartoissa, johtuvat äänilähteiden erilaisesta sijoittelusta.



31.8.2023

5 Jatkokotoimenpidesuosituksset

Yksittäisten melulähteiden vaikutusten arvioinnin perusteella suositellaan, että mahdolliset meluntorjuntatoimet laivalla kohdistetaan melulähteeseen L9, jonka vaimennus lienee teknisesti helpointa toteuttaa.

6 Epävarmuustekijät

Koska melulähteen (FSRU) arvioidaan olevan käynnissä jatkuvasti ja toistaiseksi tuntemattoman ajanjakson on lähimpien häiriintyvien kohteiden melualtistusta tarkasteltu tässä myös viiteaikojen yli. Koska alueella vallitsevat yleisimmät tuulen suunnat poikkeavat todistettavasti melumallin oletuksesta (kuva 3), on syytä olettaa, että melumallinnus yliarvioi meluvaikutuksia etelässä ja lounaassa sijaitsevien asuin- ja loma-asuntojen alueilla. Tämä johtuu siitä, että laskentamallin olettaa aina myötätuulen vallitsevan kaikista melulähteistä kaikkiin suuntiin.

FSRU-aluksella tehtyjen melupäästömittausten epävarmuudeksi (äänitasomittarin ja mittaussmenettelyn yhteenlaskettu kokonaisuus) on ilmoitettu 3 dB [5].

Tankaavaan aluksen melupäästöjä ei ole mitattu, vaan sen melu on mallinnettu Exemplar-aluksella mitatuilla lähtöarvoilla. Tankkaavalta alukselta on mallinnuksessa jätetty pois varustamolta saatujen tietojen mukaan kaasuntuotantoon liittyvät äänilähteet L11-L17. Tankkaava alus voi vaihdella ja sen todellinen melupäästö siten poiketa tässä selvityksessä arvioidusta melupäästöstä.

Pohjoismaisen teollisuusmelun laskentamalli (General Prediction Method, Kragh ym. 1982) [3] on kehitetty siten, että laskentatulosta vastaa mittaustulosta, joka saataisiin hyvin pitkän mittausjakson aikana eri sääolosuhteissa. Laskentatulokselle ilmoitetaan seuraava keskiarvo:

- 5–10 dB yksittäiselle melulähteelle, joka sijaitsee lähellä maanpintaa ja säteilee kapeakaistaista melua taajuusalueella 250–500 Hz. Suuremmat arvot koskevat laskentapistettä maanpinnan läheisyydessä ja kaukana melulähteestä.



31.8.2023

- 1–3 dB ryhmälle laajakaistaista melua säteileviä melulähteitä laskentaetäisyydellä alle 500 m. Suuremmat arvot koskevat laskentapistettä noin 2 m korkeudella maanpinnasta ja pienemmät arvot laskentapistettä yli 5 m korkeudella maanpinnasta.
- alle 1 dB ryhmälle laajakaistaista melua säteileviä melulähteitä, jotka sijaitsevat suhteellisen korkealla maasta siten, että laskentapistet ovat yli 5 m korkeudella maanpinnasta ja lähellä melulähdettä.

Tässä selvityksessä toimintojen voidaan katsoa edustavan joukkoa laajakaistaista melua aiheuttavia äänilähteitä, jotka sijoittuvat pääasiassa selvästi maan pinnan yläpuolelle, mistä syystä arvioimme teollisuusmelun laskentamallin laskentatarkkuudeksi tässä tapauksessa 3 dB.

Mittaus- ja mallinnustuloksia vertaillessa tulee huomioida, ettei alueen muiden toimijoiden melua tuottava toiminta ole välttämättä ollut mit-taushetkellä samanlaista kuin mallinnuksessa on oletettu.



31.8.2023

7 Liitteet

Liite A FSRU-alus normaalissa toiminnassa.

Liite B FSRU-alus normaalissa käyttötilanteessa ja muu satamassa tapahtuva meluava toiminta.

Liite C FSRU-aluksen täyttö toisesta aluksesta. FSRU-alus normaalissa toiminnassa.

Liite D FSRU-aluksen täyttö toisesta aluksesta ja muu satamassa tapahtuva meluava toiminta. FSRU-alus normaalissa toiminnassa.

Liite E FSRU-aluksen täyttö toisesta aluksesta. FSRU-alus ei syötä kaasua kaasuverkkoon.

Liite F FSRU-aluksen täyttö toisesta aluksesta ja muu satamassa tapahtuva meluava toiminta. FSRU-alus ei syötä kaasua kaasuverkkoon.

Liite G Mitattujen melupäästölähteiden sijainti Exemplar-aluksella

Liite H vuoden 2022 ja 2023 tehtyjen melumallinnusten vertailu

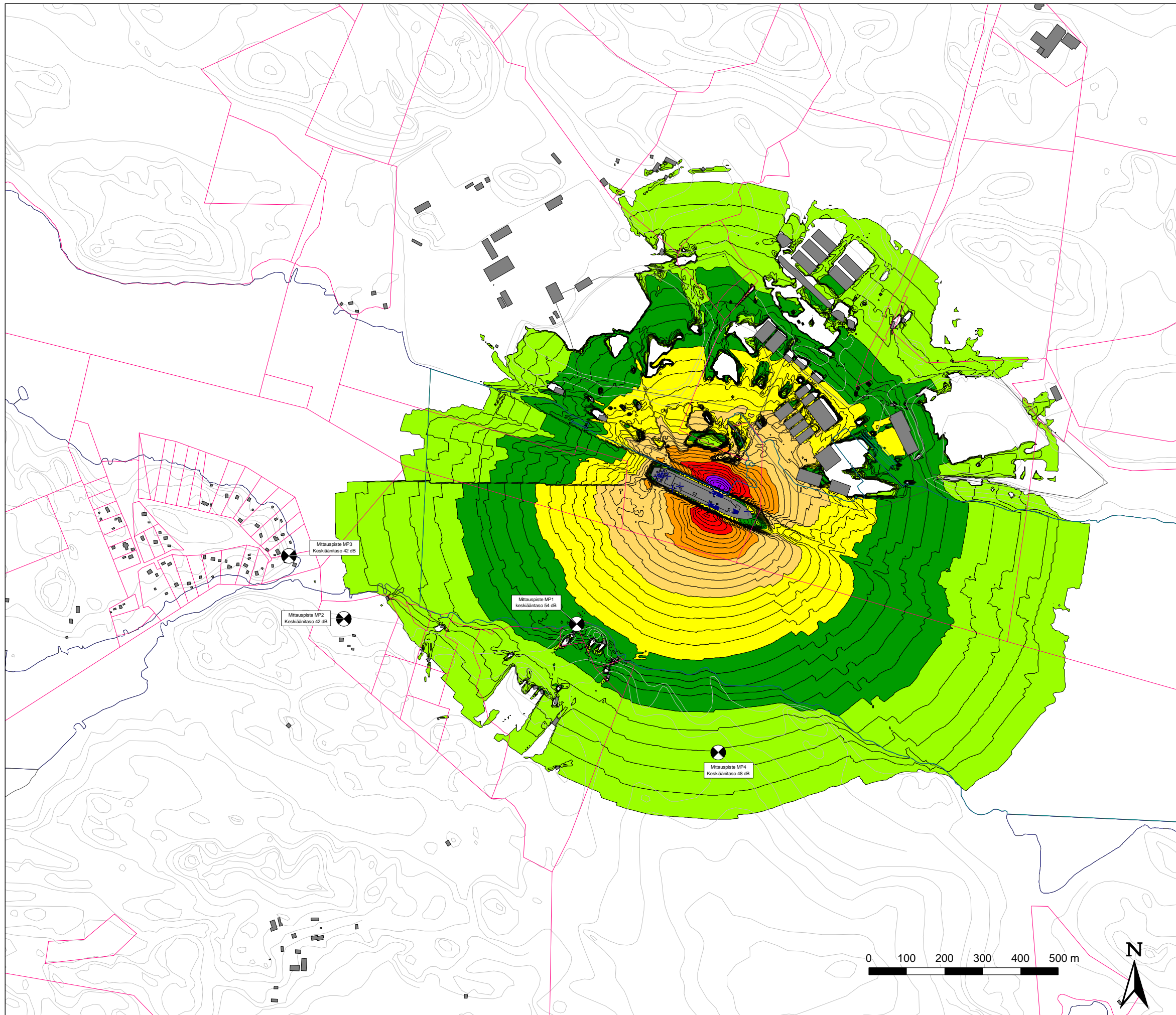


31.8.2023

8 Viitteet

- [1] Päätös Nro 49/2018/1 Dnro ESAVI/5968/2016, 27.3.2018, Aluehallintovirasto, Etelä-Suomi. Suunnitelman esittäjä: Fortum Power and Heat Oy.
- [2] FSRU-alus, Inkoo, Sitowise Oy 8/2022
- [3] General Prediction Method, Kragh et al. 1982.
- [4] Melupäästömittauksiin 11.6.2012, 9.6.2018 JA 13.-14.5.2019 perustuva melun leviämisen mallinnus Inkoossa Fortumin satamassa sekä lähimmissä häiriintyvissä kohteissa, yhteenvetoraportti, Envimetria Oy, 2019.
- [5] FSRU-aluksen melupäästömittaukset, Ramboll, 26.5.2023, päivitetty melupäästöjen osalta 18.8.2023.
- [6] FSRU-aluksen täydennystilanteen ympäristömelumittaukset, Ramboll, 1510070393–015, 23.5.2023
- [7] FSRU-aluksen normaalituotantotilanteen ympäristömelumittaukset, melumittausraportti, Ramboll Finland, 14.7.2023, projektinumero 1510070393–015
- [8] General Arrangement, Exmar 150,900m³ LNG Regasification Vessel, DSME basic ship design team, 2010.09.01, scale 1/300.
- [9] Pansion satama LNG-terminaalin ympäristömeluselvitys, TL Akustiikka 2013.
- [10] Met-Ocean Study for Inkoo Port, raportti, Ilmatieteenlaitos, rev 1.4.0 2022-07-26.
- [11] Ympäristömelun mittaaminen, Ympäristöministeriö, Ohje 1/1995.





Liite A
FSRU-alue,
normaalitoiminta

Melulaskentatilanne:

Toiminnan aikainen keskiäänitaso.
 FSRU-alue normaalissa toiminnassa.
 Ei toiminta-aikakorjausta.

Keskiäänitaso
 L_{Aeq}

- > 45 dB
- > 50 dB
- > 55 dB
- > 60 dB
- > 65 dB
- > 70 dB
- > 75 dB

SITOWISE

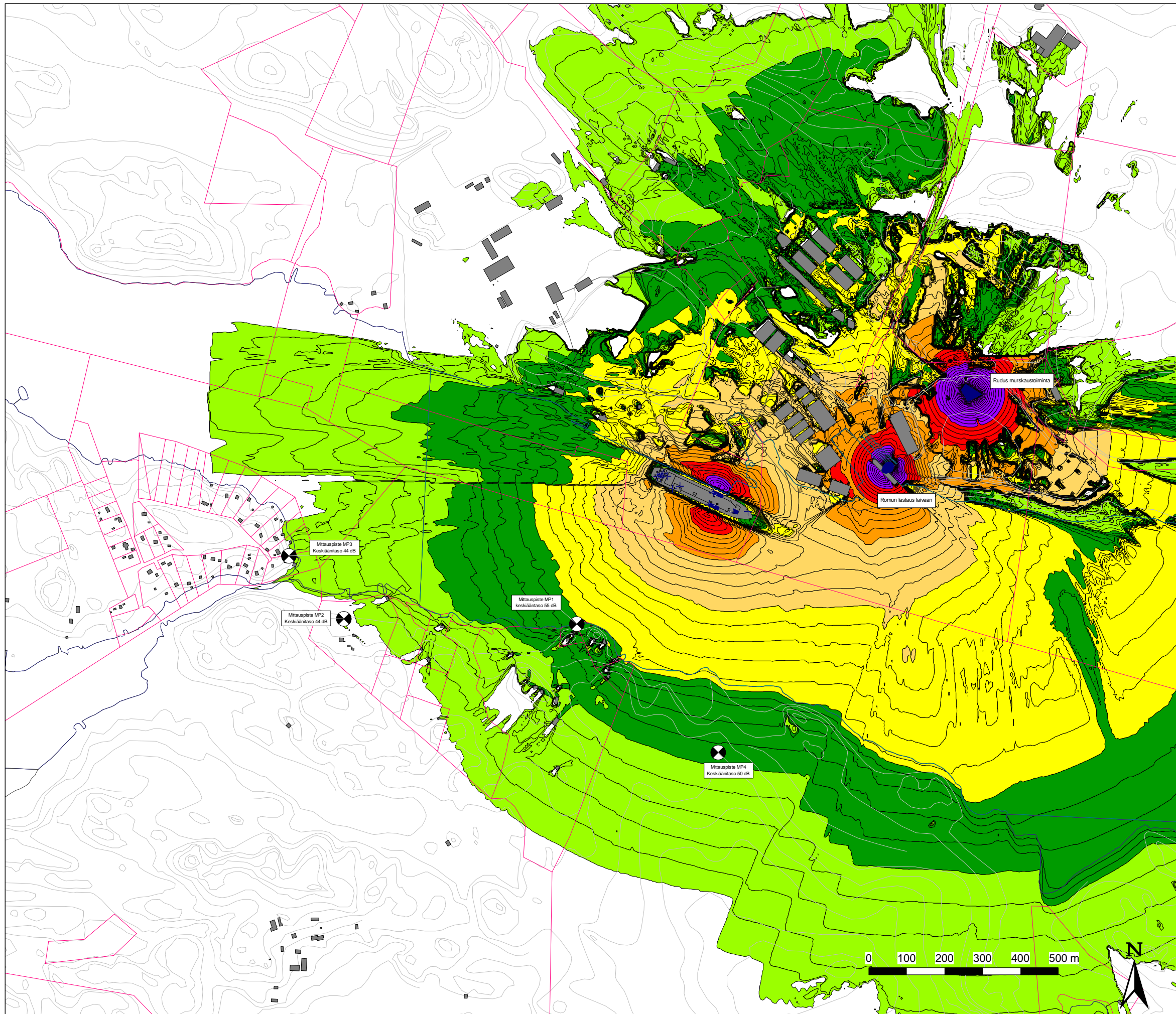
Mittakaava 1:10000 (A3)
 Päivämäärä: 30.08.23
 CadnaA 2023 -melulaskentaohjelma
 General/Nordic Prediction Method
 Laatinut: Johannes Oksanen / SW

Liite B
Yhteismelu
FSRU-alus normaalissa
toiminassa

Melulaskentatilanne:

Päiväajan keskiäänitaso klo 07-22

FSRU-alus, ei toiminta-aikakorjausta
Rudus murskausasema 9 h
Romun lastaus 9 h



Päiväajan keskiäänitaso

$L_{Aeq, 7-22}$

- > 45 dB
- > 50 dB
- > 55 dB
- > 60 dB
- > 65 dB
- > 70 dB
- > 75 dB

SITOWISE

Mittakaava 1:10000 (A3)
Päivämäärä: 30.08.23
CadnaA 2023 -melulaskentaohjelma
General/Nordic Prediction Method
Laatinut: Johannes Oksanen / SW

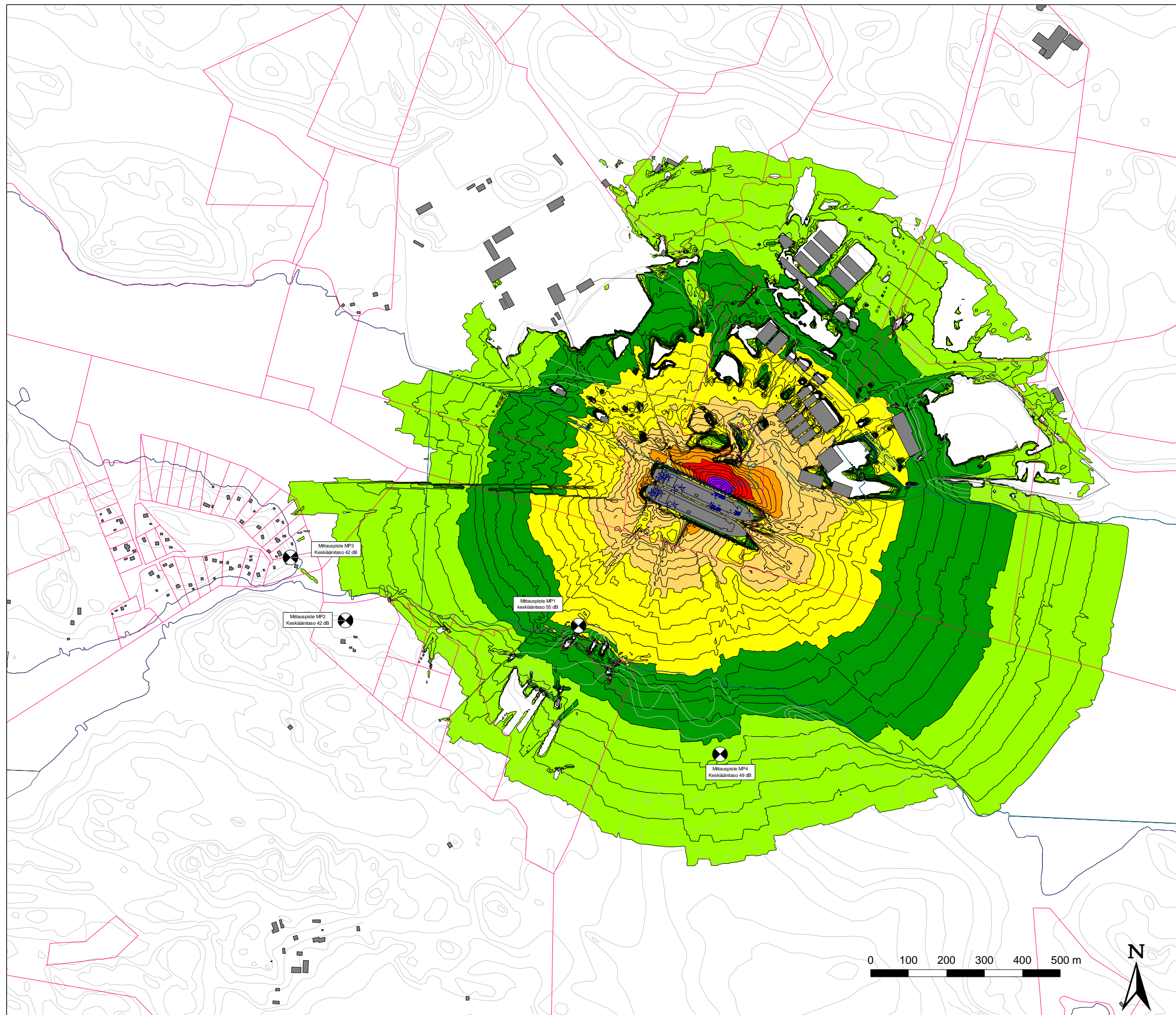
Liite C
Tankkaus,
FSRU-alus normaalissa
toiminnassa

Melulaskentatilanne:

Toiminnan aikainen keskiäänitaso.

FSRU-alus normaalissa toiminnassa.
FSRU-aluksen tankkaus toisella aluksella.

Ei toiminta-aikakorjausta.
Tankkaus kestää yhteensä noin 30 h.



Keskiäänitaso
 L_{Aeq}

- > 45 dB
- > 50 dB
- > 55 dB
- > 60 dB
- > 65 dB
- > 70 dB
- > 75 dB

SITOWISE

Mittakaava 1:10000 (A3)
Päivämäärä: 30.08.23
CadnaA 2023 -melulaskentaohjelma
General/Nordic Prediction Method
Laatinut: Johannes Oksanen / SW

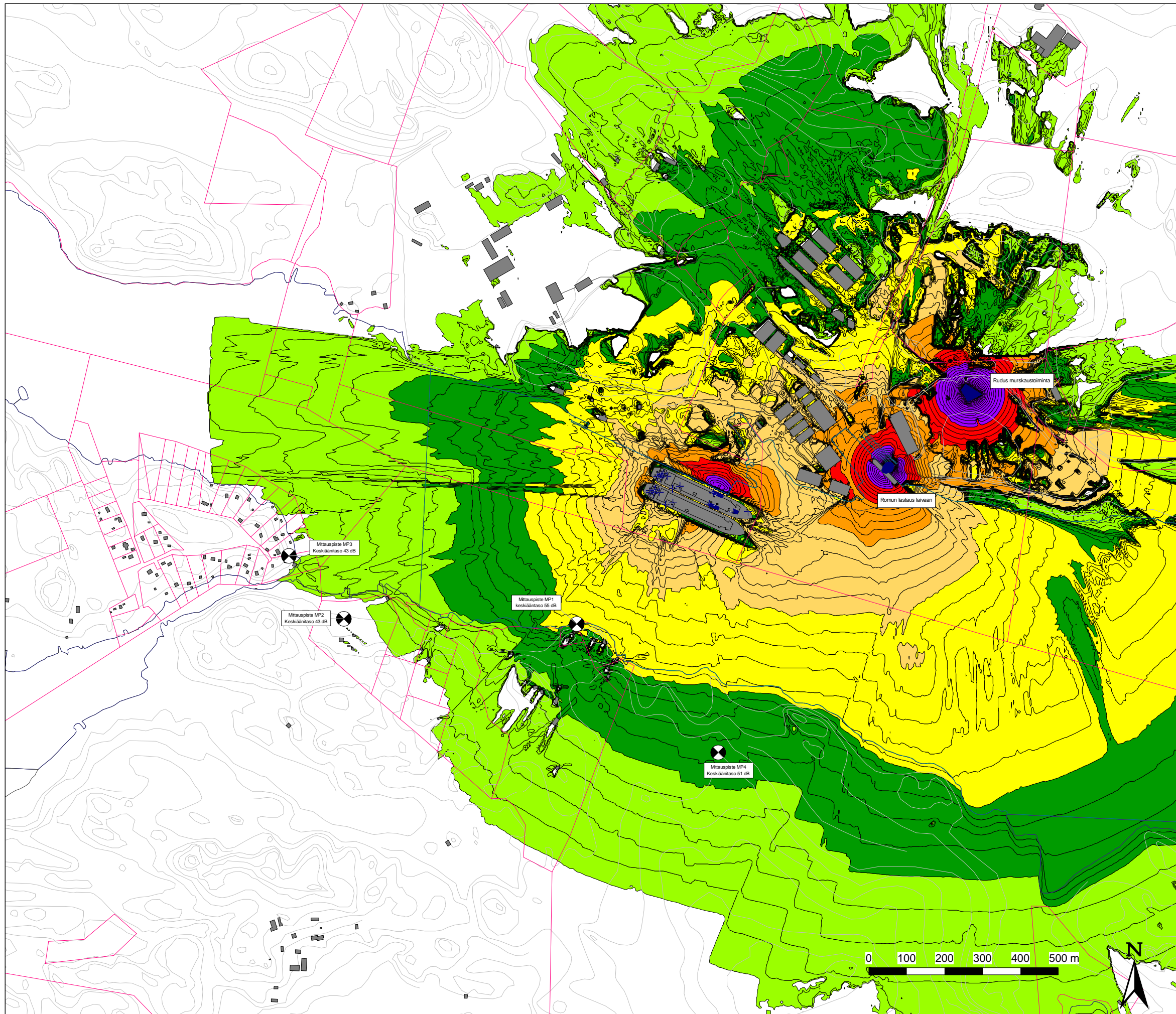
Liite D Yhteismelu, tankkaus ja FSRU-alus normaalissa toiminnassa

Melulaskentatilanne:

Päiväajan keskiäänitaso klo 07-22

FSRU-alus normaalissa toiminnassa.
FSRU-aluksen tankkaus toisella aluksella.
Ei toiminta-aikakorjausta.
Tankkaus kestää yhteensä noin 30 h.

Rudus murskausasema 9 h
Romun lastaus 9 h



Päiväajan keskiäänitaso $L_{Aeq, 7-22}$

- > 45 dB
- > 50 dB
- > 55 dB
- > 60 dB
- > 65 dB
- > 70 dB
- > 75 dB

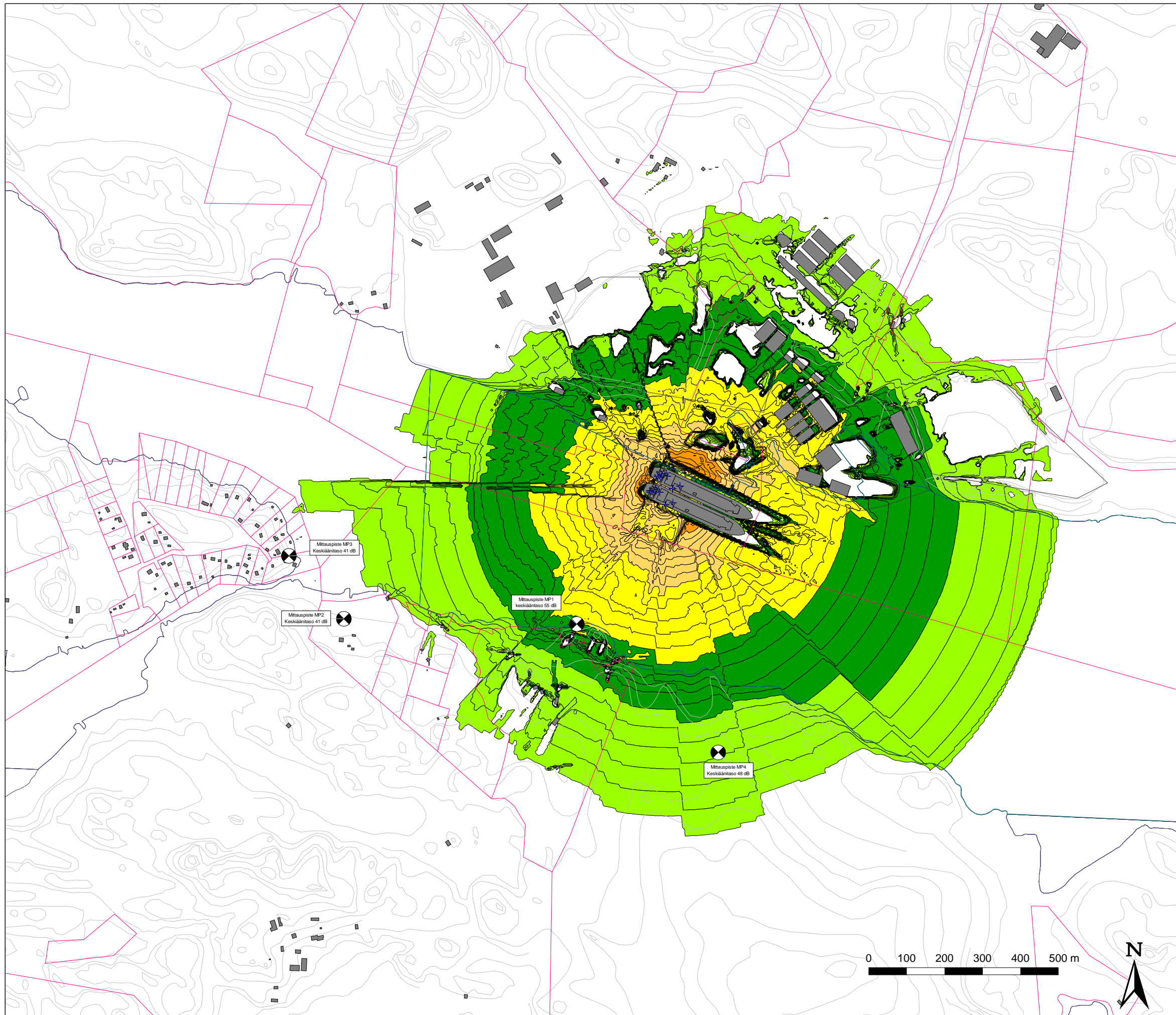
SITOWISE

Mittakaava 1:10000 (A3)
Päivämäärä: 30.08.23
CadnaA 2023 -melulaskentaohjelma
General/Nordic Prediction Method
Laatinut: Johannes Oksanen / SW

Liite E
Tankkaustilanne,
ei kaasun tuotantoa

Melulaskentatilanne:

FSRU-alusta tankataan
toisesta aluksesta.
FSRU-alus ei syötä
kaasua kaasuverkkoon.
Ei toiminta-aikakorjausta.



Keskiläntaso
 L_{Aeq}

> 45 dB
> 50 dB
> 55 dB
> 60 dB
> 65 dB
> 70 dB
> 75 dB

SITOWISE

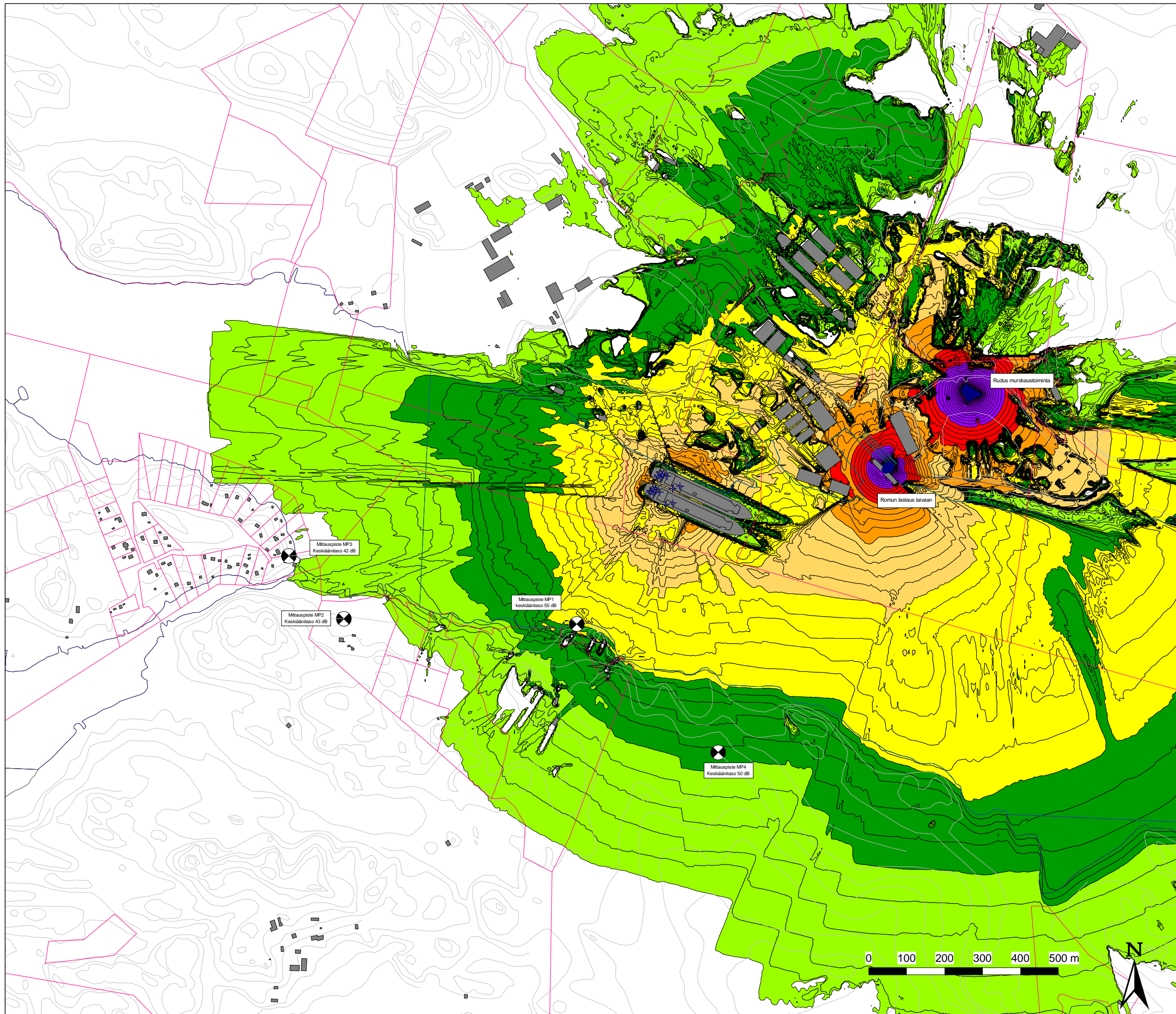
Mittakaava 1:10000 (A3)
Päivämäärä: 30.08.23
CadnaA 2023 -melulaskentaohjelma
General/Nordic Prediction Method
Laatinut: Johannes Oksanen / SW

Liite F Tankkaustilanne ilman kaasun tuotantoa, yhteismelu

Melulaskentatilanne:

FSRU-alusta tankataan toisesta aluksesta. FSRU-alus ei syötä kaasua kaasuverkkoon. Ei toiminta-aikakorjausta. Tankkaus kestää yhteensä noin 30 h.

Rudus murskausasema 9 h
Romun lastaus 9 h



Keskiäänitaso

L_{Aeq}

- > 45 dB
- > 50 dB
- > 55 dB
- > 60 dB
- > 65 dB
- > 70 dB
- > 75 dB

SITOWISE

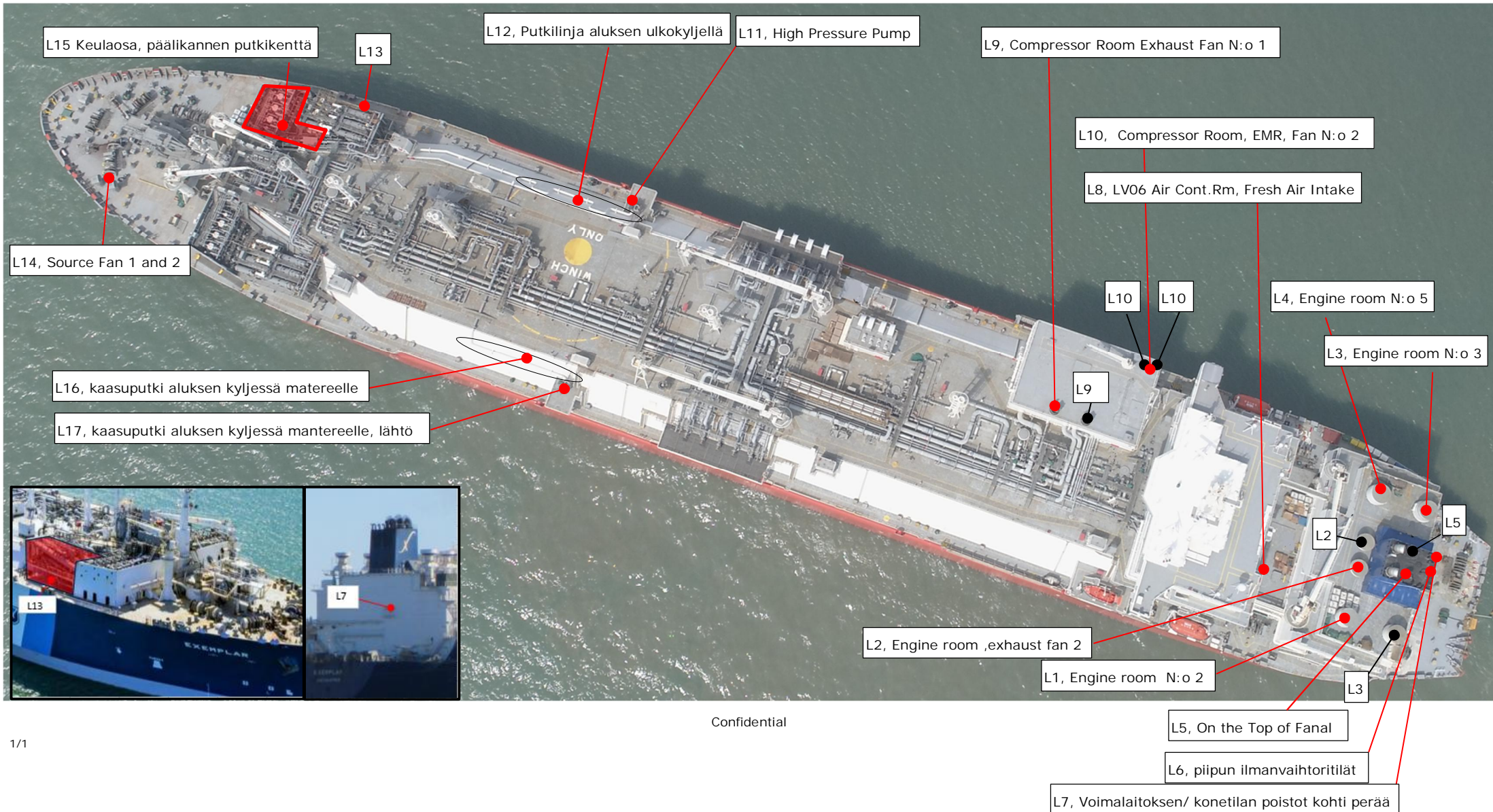
Mittakaava 1:10000 (A3)
Päivämäärä: 30.08.23
CadnaA 2023 -melulaskentaohjelma
General/Nordic Prediction Method
Laatinut: Johannes Oksanen / SW

0 100 200 300 400 500 m



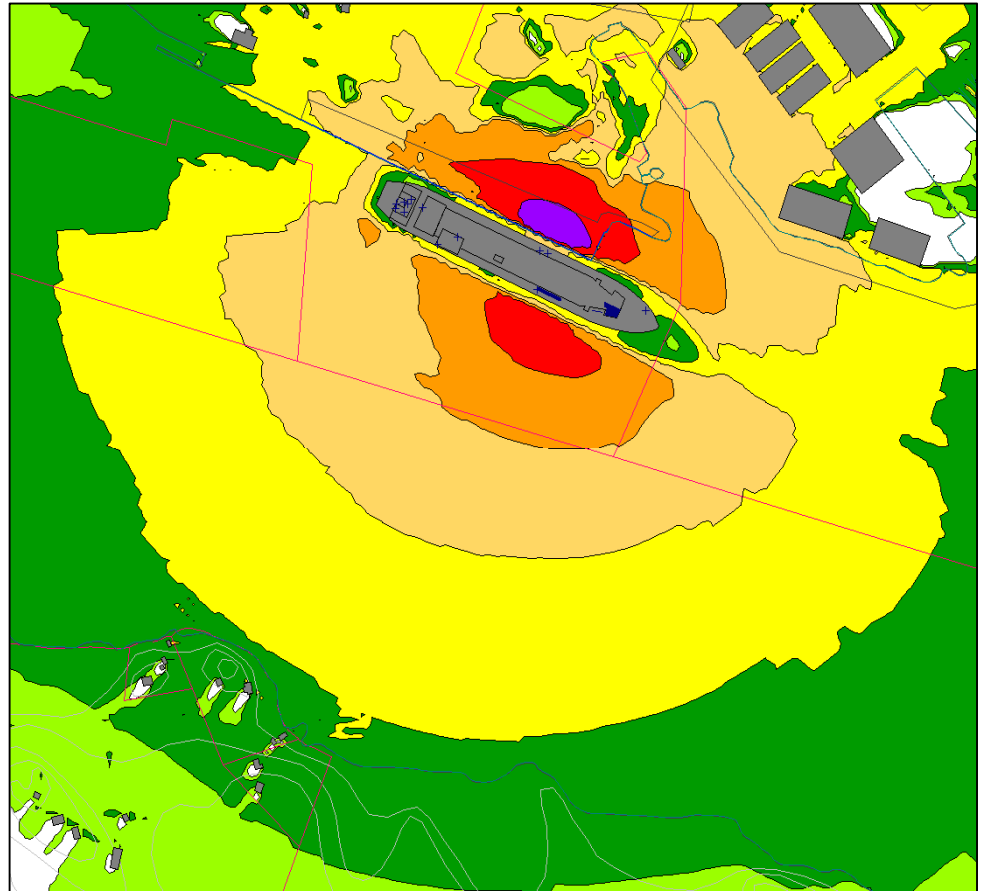
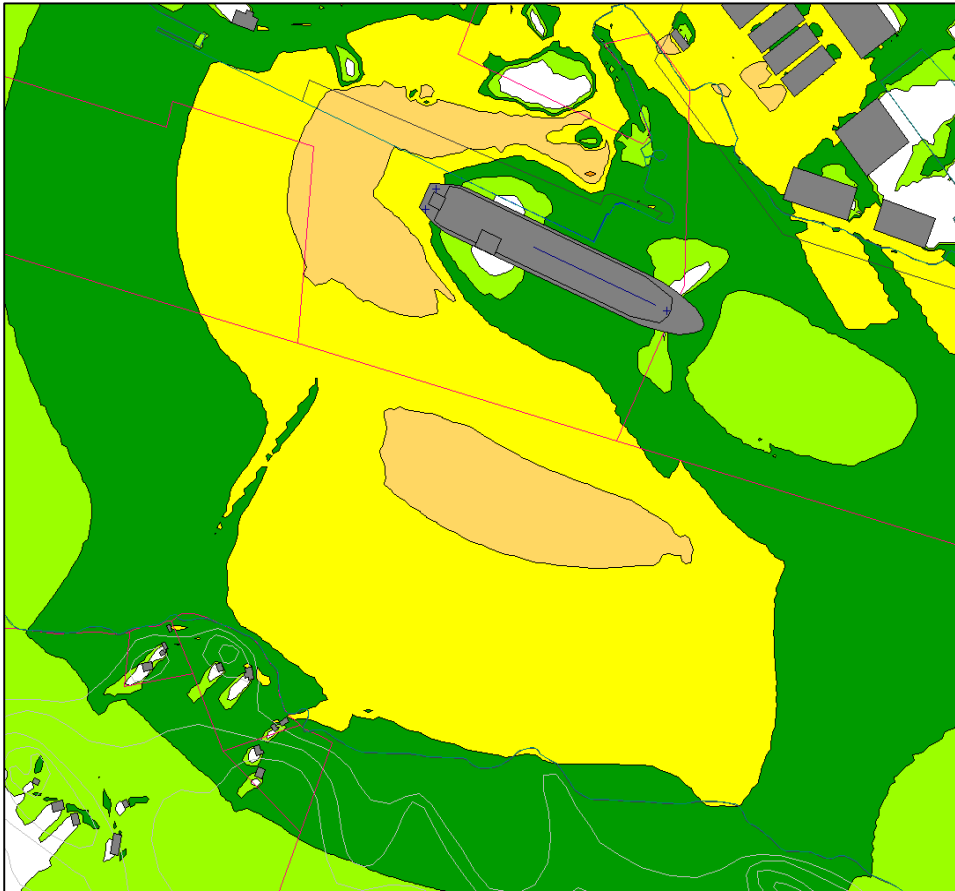
Mitattujen melupäästölähteiden sijainti

Kuva on ohjeellinen. Kuvassa sisäralus, missä eroavaisuuksia Exemplariin. Punaisella mitatut äänilähteet. Mustalla mittaamatta jääneet mahdolliset melulähteet ja arvio niihin mahdollisesti soveltuvasta melupäästöstä.



Confidential

Liite H
vuoden 2022 ja 2023 tehtyjen melumallinnusten vertailu



Oikeanpuoleisessa kuvassa on esitetty vuoden 2023 mallinnus, joka perustuu Exemplar -aluksella tehtyihin melupäästömittauksiin. Vasemmanpuoleisessa kuvassa on esitetty vuoden 2022 mallinnus, jota laadittaessa ei ollut saatavilla yksityiskohtaista tietoa aluksen äänilähteistä. Strorrämsjön rannassa molempien mallinnojen keskiäänitaso on likimain sama noin 55 dB. Aluksen lähellä erot johtuvat pääasiassa äänilähteiden erilaisista sijainneista.