



Sitowise Oy / Johannes Oksanen

# FSRU-alus, Inkoo

<b>Päiväys</b>	<b>4.8.2022</b>
<b>Laatija</b>	<b>Johannes Oksanen</b>
<b>Tarkastaja</b>	<b>Sammy Roiha</b>
<b>Projektinumero</b>	<b>YKK67262</b>

4.8.2022

## Sisällysluettelo

1	Taustatiedot .....	3
1.1	Kohde .....	3
1.2	Selvityksen tarkoitus .....	3
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 ja johtopäätökset.....	9
4	Jatkotoimenpidesuositukset .....	10
5	Epävarmuustekijät.....	11
6	Liitteet .....	12
7	Viitteet.....	12

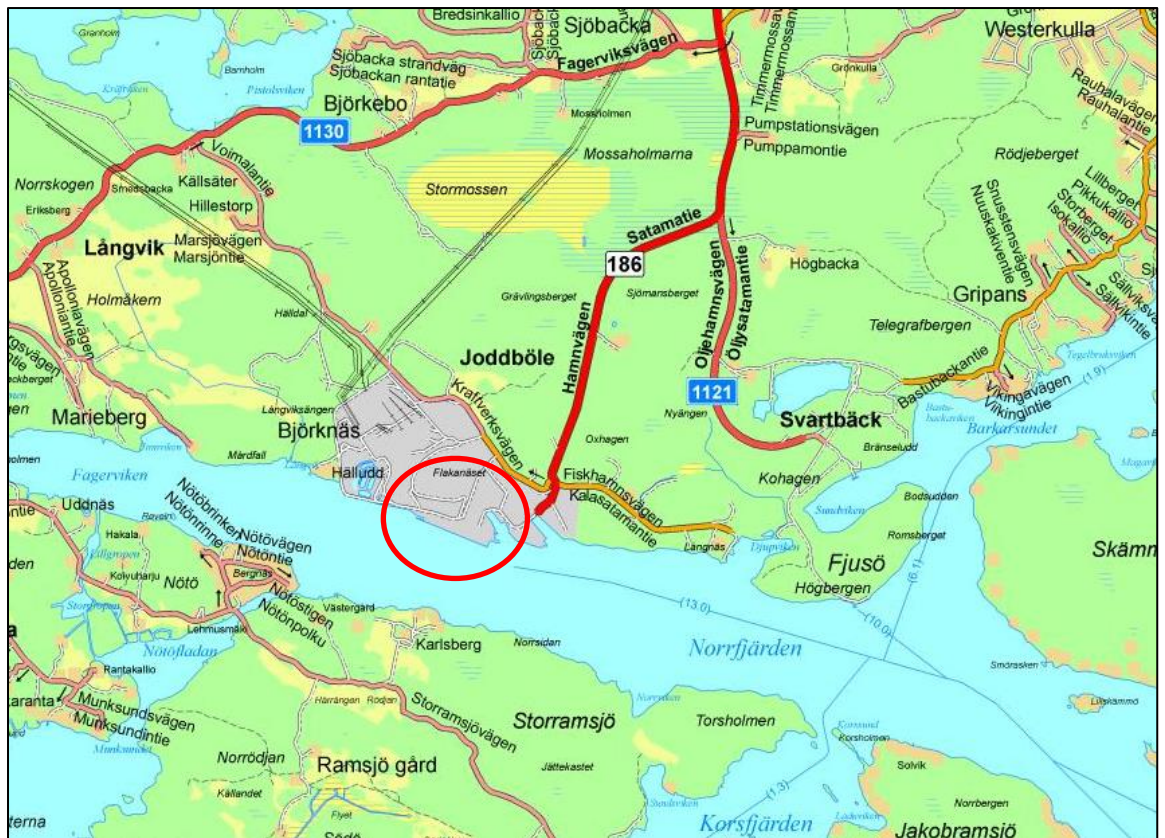


4.8.2022

# 1 Taustatiedot

## 1.1 Kohde

FSRU-aluksen (*Floating Storage Regasification Unit*) sijainti Inkoon satamassa on kuvassa 1 ympyröity punaisella. Lähimmät herkät kohteet sijaitsevat lahden toisella puolella Storramsjössä, jonne matkaa on lyhintä reittiä noin 500 metriä.



Kuva 1 Kohteen sijainti Inkoon satamassa ympyröity punaisella Kuva: <https://inkoo.kartta-tiimi.fi/>

## 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



4.8.2022

eivät ylity pysyvään asumiseen ja loma-asumiseen käytettyjen kiinteistöjen piha-alueilla.

### 1.3 Tilaaja

Ramboll Finland Oy

### 1.4 Suunnittelu

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

**Sammy Roiha**, projekti päällikkö, laadun varmistus

email [sammy.roiha@sitowise.com](mailto:sammy.roiha@sitowise.com), puh. +358 400 707 899

**Johannes Oksanen**, melumallinnus, raportointi

email [johannes.oksanen@sitowise.com](mailto:johannes.oksanen@sitowise.com), puh. +358 44 427 9096



4.8.2022

## 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 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 sijoituvat 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 ( $\alpha = 0$ ). Tieliikennettä ei ole huomioitu, sen verraten vähäisen meluvaikutuksen vuoksi.

Melulaskennat on suoritettu DataKustik CadnaA 2021 -melulaskentaohjelmalla käyttäen yleisesti Suomessa käytettävää pohjoismaisen teollisuusmelun laskentamallia *General Prediction Method* [2].

Selvityksessä on laskettu päivä- ja yöajan keskiäänitasot ( $L_{Aeq,7-22}$  ja  $L_{Aeq,22-7}$ ), jolloin niitä voi verrata ympäristöluvassa annettuihin raja-arvoihin. Työssä on arvioitu alustavasti melun leviäminen läheisille asuin- ja loma-asumisalueille sekä esitetään suositukset alueen melunhallinnan ja torjunnan jatkosuunnittelulle.



4.8.2022

**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**

FSRU-aluksen äänilähteiden äänitehotasot sisältävä mittausraportti saatiin [3] tilaajalta. Mitattu alus on sama, joka tulee sijoittumaan In-koon satamaan ja mittaukset on suoritettu laivan lastin purkutilanteessa. Mittausraportissa on esitetty neljä eri äänitehoa, jotka on sijoitettu laivan erioosiin; keulaan, perään ja molemmille sivuille. FSRU-aluksen mitat ja muun muassa ilmanvaihtokanavien sijoittuminen mallinnettiin lähtötietona saadun yleispiirustuksen perusteella [4].

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

Taulukko 1 Mallinnuksessa käytetyt melulähteiden äänitehotasot.

Hz	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	LwA
FSRU-alus, taakse	120	122	115	109	110	107	101	96	87	112
FSRU-alus, oikealle sivuille	119	116	110	110	111	114	112	108	96	118
FSRU-alus, vasemmalle sivulle	122	119	115	113	113	110	107	100	91	115
FSRU-alus, eteen	119	116	115	110	110	108	105	98	88	113
Romun lastaus 1	64,5	63,5	63,0	61,0	59,9	61,9	62,2	59,3	50,5	111,7
Romun lastaus 2	55,9	56,4	60,1	56,0	56,3	56,9	56,6	51,5	36,5	110,0



4.8.2022

Murskausasema	63,8	63,4	64,5	66,8	65,8	64,8	64,4	59,8	46,2	121,7
---------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

FSRU-alusta tankkaavasta aluksesta ei ole tietoja saatavilla. Pansion sataman LNG-terminaalia käsittelevässä selvityksessä [6] on mallinnettu vastaavanlainen alus, jonka mukaan tankkaava alus on tässä selvityksessä mallinnettu. Pansion sataman LNG-terminaalin ympäristömeluselvityksen [6] mukaan keskimääräinen säiliöaluksen ääniteho on 107 dB ja melu aiheutuu pääasiassa apukoneista, joiden tuottaman melu leviää ympäristöön aluksen perässä sijaitsevasta pakoputkesta.

FSRU- aluksen melulähteet mallinnettiin piste- ja viivalähteinä, ja melulähteille annettiin raportissa [3] ilmoitetut äänitehotasot. Aluksen takaosassa on raportin kuvien perusteella symmetrisesti sijoittuvat puhaltimet, joiden kohdille perän melulähteet on sijoitettu. Näiden melulähteiden oletettiin olevan isotrooppisia, pistemäisiä melulähteitä. Laivan keskelle sijoitettiin viivalähde, joka säteilee molemmille sivuille raportissa [3] annetuilla äänitehotasoilla. Laivan keulaan sijoitettiin eteenpäin suunnattu pistelähde. Sataman muut toiminnot on mallinnettu aluelähteinä.

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.

### Mallinnetut tilanteet

1. FSRU-alus normaalissa käyttötilanteessa.
2. FSRU-alus normaalissa käyttötilanteessa ja muu satamassa tapahtuvat meluava toiminta.
3. FSRU-aluksen täyttö toisesta aluksesta. FSRU-alus normaalissa toiminnassa.
4. FSRU-aluksen täyttö toisesta aluksesta ja muu satamassa tapahtuvat meluava toiminta. FSRU-alus normaalissa toiminnassa.



4.8.2022

5. Vaimennettu FSRU-alus. Tarvittava vaimennus aluksen melulähteissä, jolla ohjearvot eivät ylity.

6. Vaimennettu FSRU-alus ja muu satamassa tapahtuva toiminta. Tarvittava vaimennus aluksen melulähteissä, jolla ohjearvot eivät ylity.

FSRU-alusta tankataan toisesta aluksesta noin 1–4 kertaa kuussa ja tankkauskerta kestää noin 30 tuntia. Tankkaava alus on mallinnettu FSRU-aluksen perän äänitehon spektrillä, jota on skaalattu vastamaan Pansion sataman meluselvityksessä [6] tankkaavalle alukselle esitettyä useiden alusten keskiarvona määritettyä äänitehoa  $L_w$  107 dB. Tankkaavan aluksen melulähde on sijoitettu selvityksen [6] kuvauksen perusteella aluksen perässä sijaitsevaan savupiippuun.

### Tuuliolosuhteet

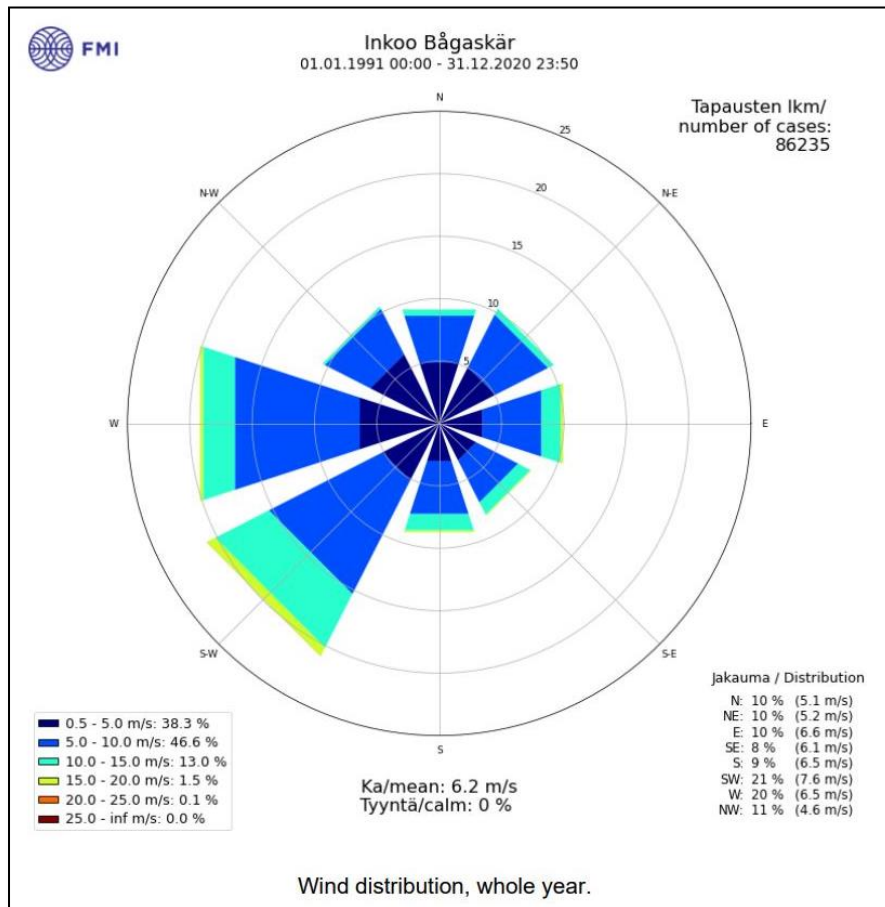
Tuuliolosuhteilla on vaikutusta melun leviämiseen, niin että melu leviää tuulen suuntaan enemmän kuin sitä vastaan. Tuulen suuntaa ja voimakkuutta koko vuoden keskiarvona kuvaava tuuliruusu on esitetty kuvassa 2 [7]. Tuuliruusun perusteella tarkasteltavalla alueella yleisimmät tuulen suunnat ovat länsi 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 luona.

Melumallinnuksessa pohjoismaalaisella laskentamallilla (GMP 1982) [2] tuuli on huomioitu kevyenä myötätuulena kaikkiin ilmansuuntiin pois päin melulähteestä. Mallinnustulos voi siis yliarvioida melua etelän suunnassa sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten luona.





4.8.2022



Kuva 2 Vuosien 1991–2020 keskimääräinen Inkoon Bågaskäärissä vallitseva tuulen suunta [7]. Yleisimmät tuulen suunnat ovat länsi ja lounas.

### 3 Tulokset

Mitoittavaa yöajan keskiäänitasoa kuvaa liite A, jossa on esitetty FSRU-aluksen normaalin käytön tuottama keskiäänitaso. Yöajan raja-arvo 50 dB ylittyy noin 1–4 dB lähimpien kohteiden piha-alueilla. Päiväajan raja-arvo 55 dB ylittyy pienellä kaistaleella Storramsön rantaan, kun huomioidaan muiden melulähteiden yhteisvaikutus (liite B). Päiväajan raja-arvon 55 dB ylittävä alue ei kuitenkaan kata lähimpien rakennusten piha-alueita kokonaan.

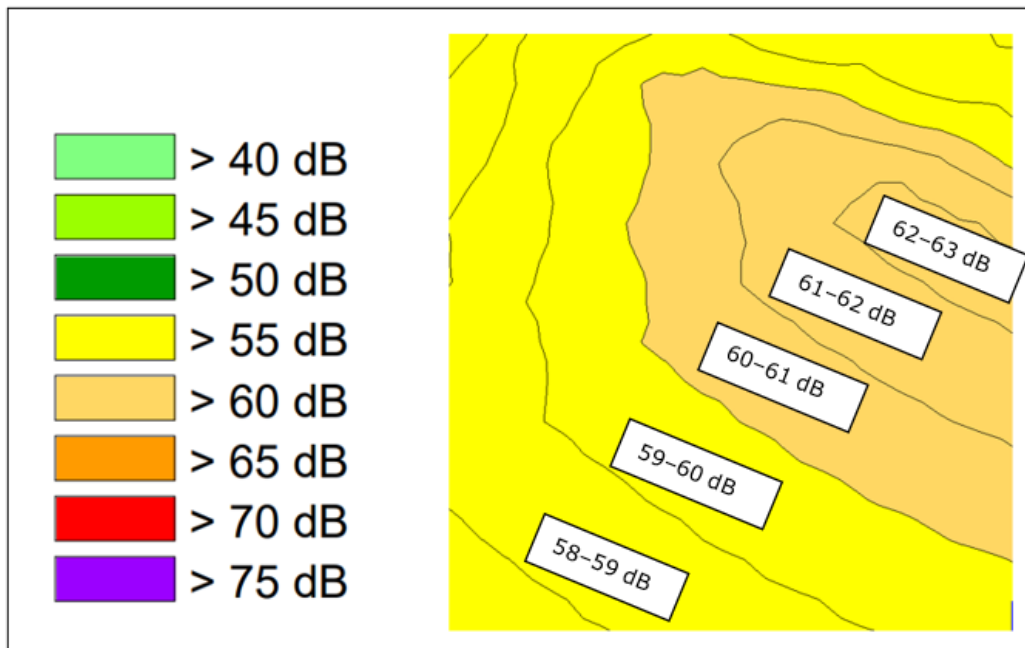
Suurin hetkellinen melu aiheutuu, kun FSRU-alusta tankataan toisella aluksella. Tankkaus kestää noin 30 h kerrallaan ja tapahtuu noin 3 kertaa kuussa. Tankkauksen melun keskiäänitasot on esitetty pelkälle tankkaukselle ja FSRU-alukselle liitteessä C ja yhdessä muiden sataman toimintojen kanssa liitteessä D. Tankkaavan aluksen melupäästö



4.8.2022

on kuitenkin pieni verrattuna FSRU-alukseen ja lisäksi tankkaava alus estää FSRU-aluksen melun kulkeutumista Storransjön rantaan päin, näin ollen tankkaustilanteen melu ei eroa merkittävästi FSRU-aluksen normaalista käyttötilanteesta.

Liitekartoissa 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.

## 4 Jatkotoimenpidesuosituksset

FSRU-laivan aiheuttama melu ylittää ympäristöluvassa [1] annetun yöajan raja-arvon 50 dB lähimpien lomarakennusten luona, joten alukselle tulee suunnitella meluntorjuntatoimenpiteitä. Mallinnuksen perusteella yöajan raja-arvo ei ylity, jos FSRU-aluksen perässä olevia ja kyljessä oikealle sivulle säteilevää melulähdettä vaimennetaan 5 dB. Vaimennetun FSRU-aluksen melu yksinään ja yhteismelutilanteessa on esitetty liitteissä E ja F.

Suositellaan tutkittavaksi, mitkä ovat aluksen voimakkaimmat melulähteet ja missä ne sijaitsevat, jotta voidaan suunnitella tehokasta ja aluksen turvallisuusvaatimukset täyttävää meluntorjuntaa.



4.8.2022

Suosittelaa n mittauksia suorittavaksi aluksen ollessa käytössä, jotta voidaan todentaa mallinnuksessa käytettyjen lähtöarvojen oikeellisuus sekä mahdollisesti toteutettujen meluntorjuntatoimien vaikutus.

## 5 Epävarmuustekijät

Melulähteiden suuntakuviot ja melulähteiden sijoittuminen arvioitiin mallinnuksen tarpeisiin valokuvien, piirustusten ja yleistiedon perusteella, sillä niitä ei ole yksityiskohtaisesti kerrottu lähtöaineistona saadussa mittausraportissa [3].

Alueella vallitsevat yleisimmät tuulen suunnat poikkeavat melumallin oletuksesta, että tuuli on aina myötäinen melulähteen suhteen. Tämän vuoksi melumallinnus yliarvioi tulosta etelässä ja lounaassa sijaitsevien asuin- ja lomarakennusten suhteen.

Pohjoismaisen teollisuusmelun laskentamalli (General Prediction Method, Kragh ym. 1982) on kehitetty siten, että laskentatulost vastaa mittaus tulosta, joka saataisiin hyvin pitkän mittausjakson aikana eri sääolosuhteissa. Laskentatulokselle ilmoitetaan seuraava keskiarvointa:

- 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.
- 1–3 dB ryhmälle laajakaistaista melua säteileviä melulähteitä laskentatäisyydellä 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



4.8.2022

teollisuusmelun laskentamallin laskentatarkkuudeksi tässä tapauksessa 1–3 dB.

## 6 Liitteet

**Liite A** FSRU-alus normaalissa toiminnassa.

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

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

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

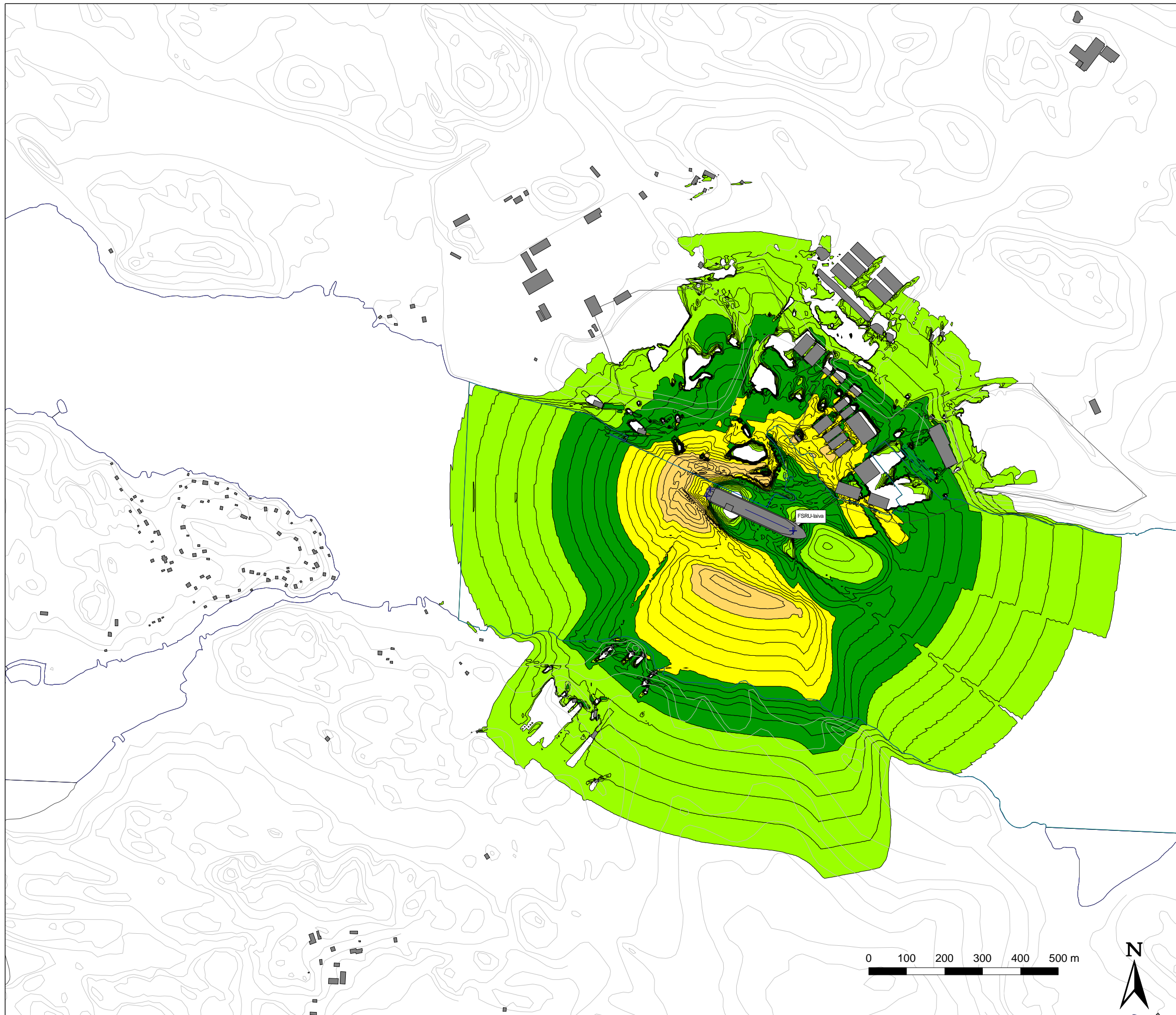
**Liite E** Vaimennettu FSRU-alus normaalissa toiminnassa.

**Liite F** Vaimennettu FSRU-alus normaalissa toiminnassa ja muu satamassa tapahtuvat meluava toiminta.

## 7 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] General Prediction Method, Kragh et al. 1982.
- [3] Gulf Gateway - Energy Bridge System, Underwater and In-Air Sound Measurements and Data Analysis, Tech Environmental, Inc. 1601 Trapelo Road, Waltham, MA 02451, USA
- [4] General Arrangement, Exmar 150,900m<sup>3</sup> LNG Regasification Vessel, DSME basic ship design team, 2010.09.01, scale 1/300.
- [5] 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.
- [6] Pansion satama LNG-terminaalien ympäristömeluselvitys, TL Akustiikka 2013.
- [7] Met-Ocean Study for Inkoo Port, raportti, Ilmatieteenlaitos, rev 1.4.0 2022-07-26.
- [8] Ympäristömelun mittaaminen, Ympäristöministeriö, Ohje 1/1995.





**Liite A FSRU-alus**

**Melulaskentatilanne:**

Toiminnan aikainen keskiäänitaso.

FSRU-alus 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: 03.08.22  
CadnaA 2021 -melulaskentaohjelma  
General/Nordic Prediction Method  
Laatinut: JO



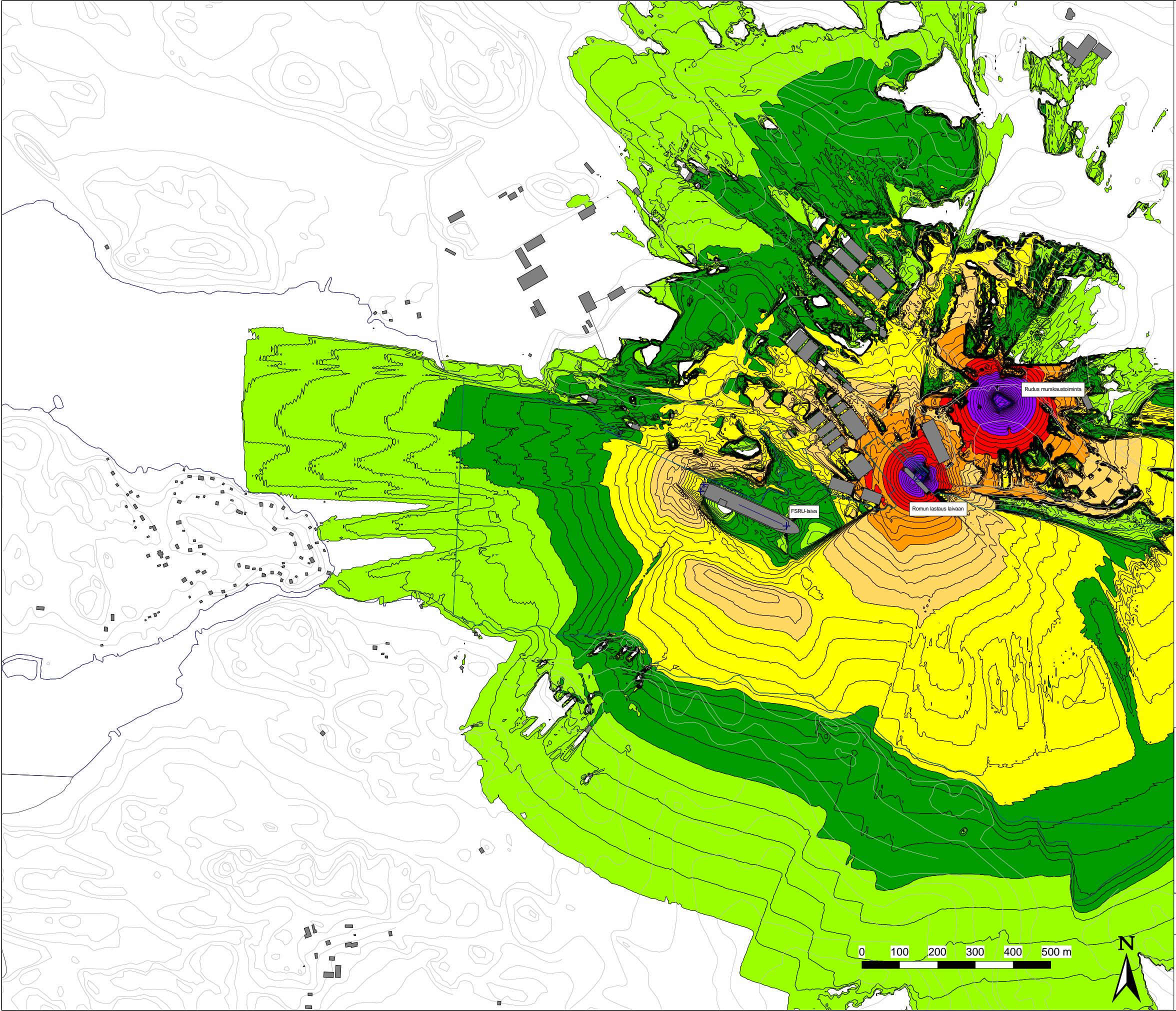


## Liite B Yhteismelu

### 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: 03.08.22  
CadnaA 2021 -melulaskentaohjelma  
General/Nordic Prediction Method  
Laatinut: JO



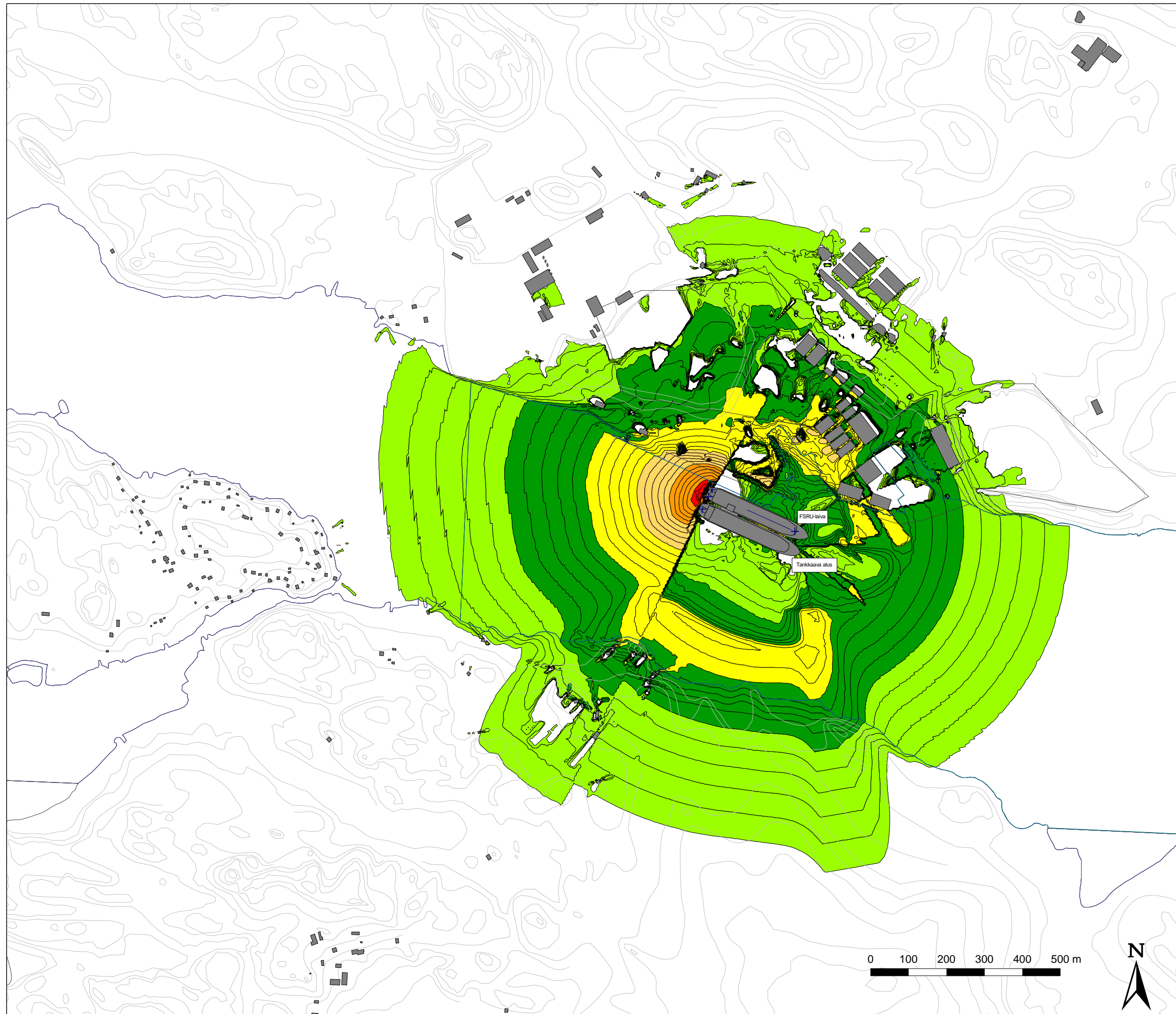
## Liite C Tankkaus

### 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: 03.08.22  
CadnaA 2021 -melulaskentaohjelma  
General/Nordic Prediction Method  
Laatinut: JO



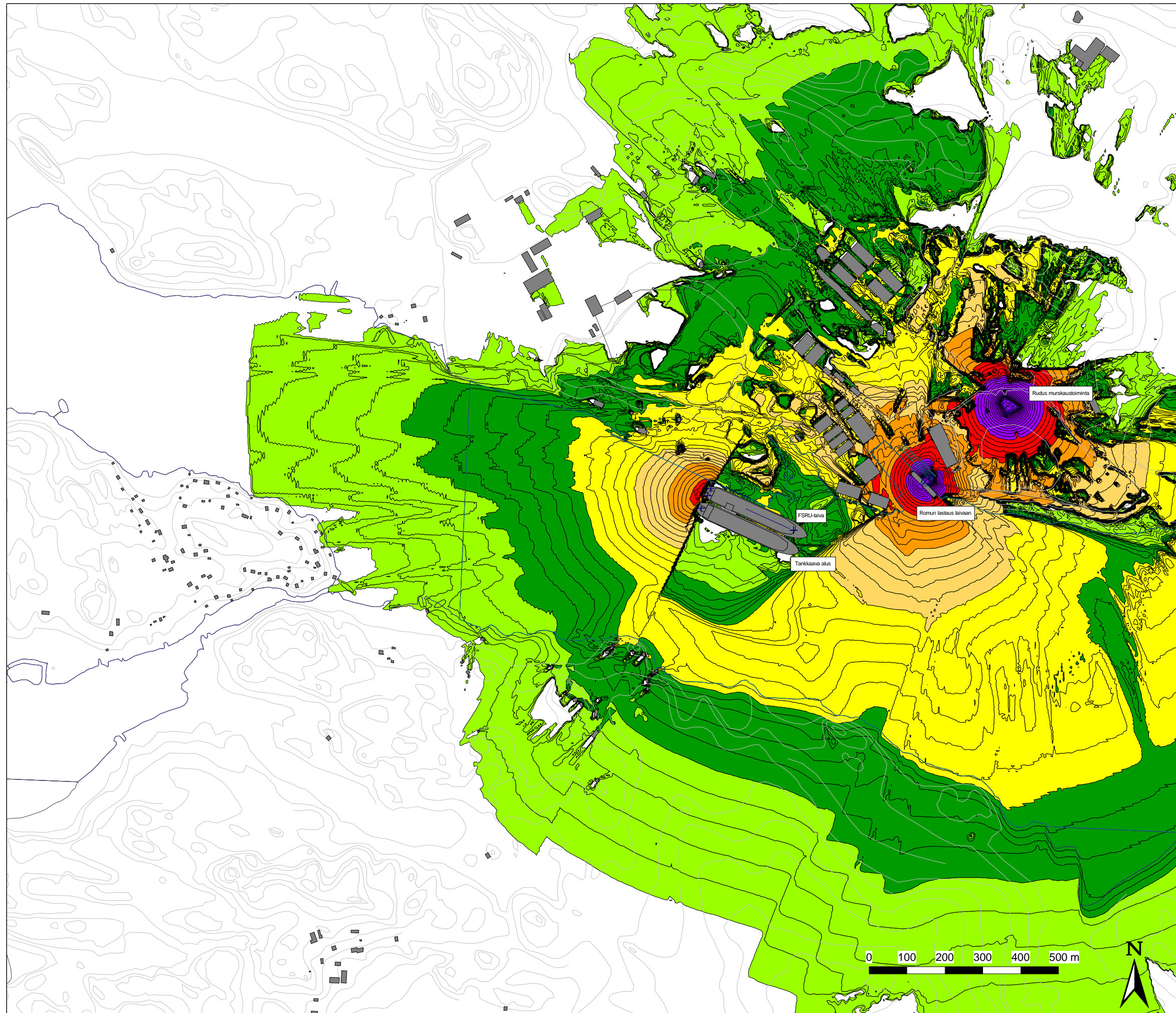
## Liite D Tankkaus, yhteismelu

### Melulaskentatilanne:

Päiväajan keskiäänitaso klo 07-22

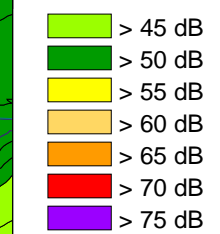
FSRU-alus normaalissa toiminnassa.  
FSRU-aluksen tankkaus toisella aluksella.  
Ei toiminta-aikakorjausta.  
Tankkaus kestää yhteensä noin 30 h.

Rudus murskausasema 9 h  
Romun lastaus 9 h



### Päiväajan keskiäänitaso

$L_{Aeq, 7-22}$



# SITOWISE

Mittakaava 1:10000 (A3)  
Päivämäärä: 03.08.22  
CadnaA 2021 -melulaskentaohjelma  
General/Nordic Prediction Method  
Laatinut: JO



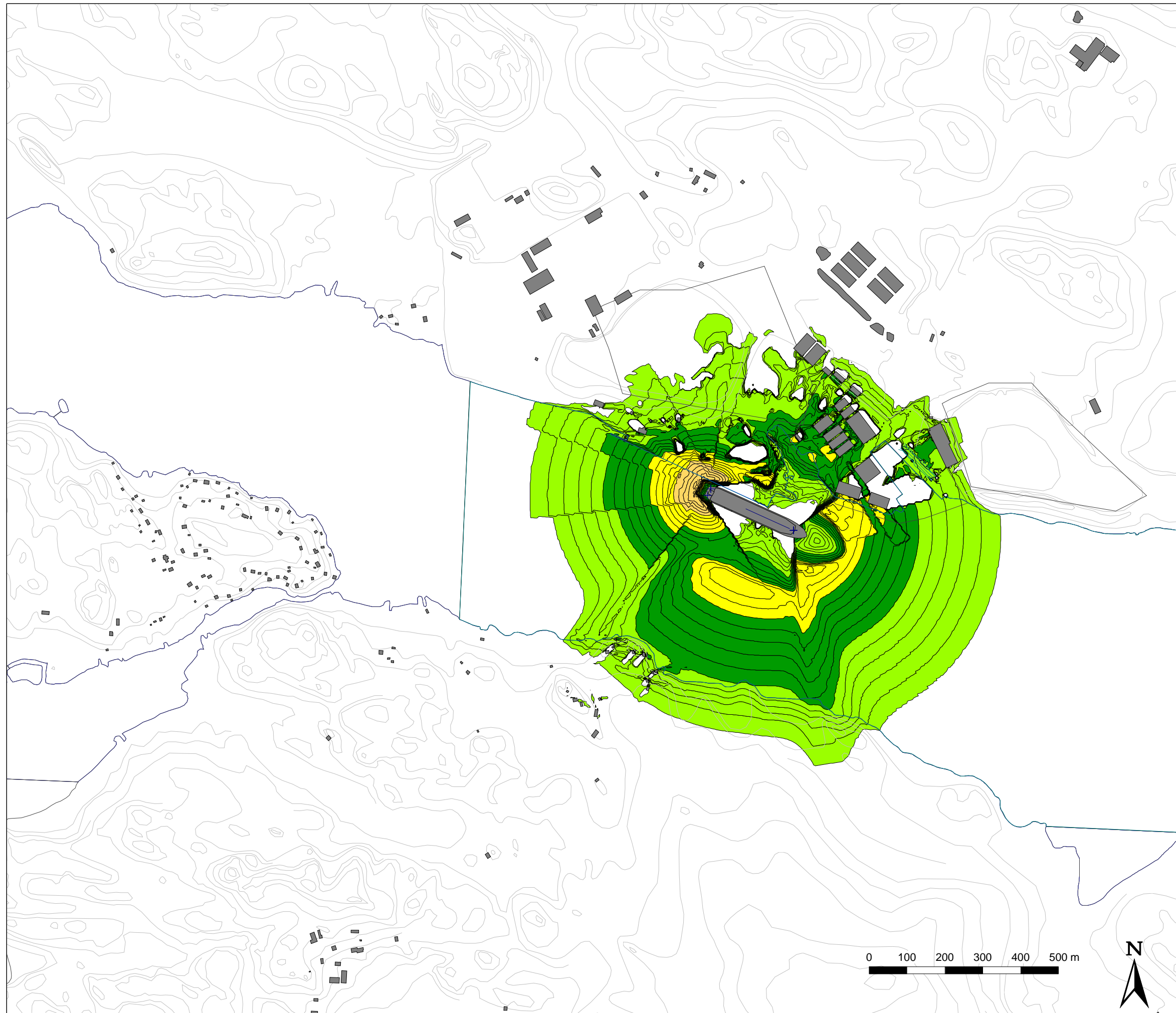
## Liite E FSRU-alue, meluntorjunta

### Melulaskentatilanne:

Toiminnan aikainen keskiäänitaso.

FSRU-alue normaalissa toiminnassa. Aluksen taakse ja sivuille suuntautuvia melulähteitä on vaimennettu 5 dB\*. Ei toiminta-aikakorjausta.

\*5 dB vaimennus ei ole todellinen, vaan kuvaa vaimennustarvetta, jolla raja-arvot eivät ylity.



### Keskiäänitaso

$L_{Aeq}$

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

# SITOWISE

Mittakaava 1:10000 (A3)  
Päivämäärä: 03.08.22  
CadnaA 2021 -melulaskentaohjelma  
General/Nordic Prediction Method  
Laatinut: JO

## Liite F Yhteismelu, meluntorjunta

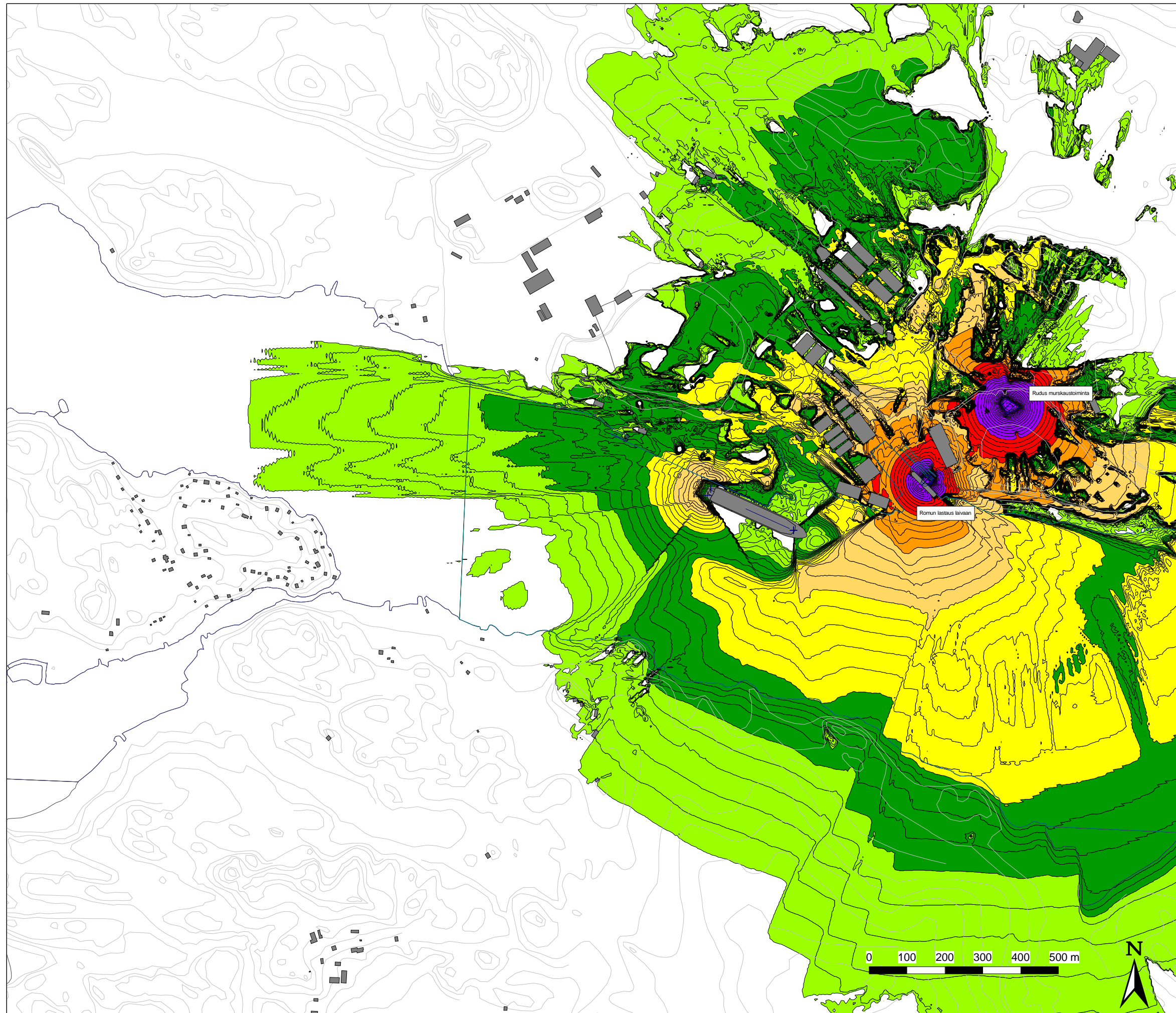
### Melulaskentatilanne:

Päiväajan keskiäänitaso klo 07-22

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

FSRU-alue normaalissa toiminnassa.  
Aluksen taakse ja sivuille suuntautuvia  
melulähteitä on vaimennettu 5 dB\*.  
Ei toiminta-aikakorjausta.

\*5 dB vaimennus ei ole todellinen, vaan  
kuvaa vaimennustarvetta, jolla raja-arvot eivät ylity.



### 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: 03.08.22  
CadnaA 2021 -melulaskentaohjelma  
General/Nordic Prediction Method  
Laatinut: JO