



## EstKONSULT OÜ

Registrikood 10410360  
Sõpruse pst 151A, 13417 Tallinn  
telefon: 664 6730  
e-post admin@estkonsult.ee



|                     |            |                                    |
|---------------------|------------|------------------------------------|
| MTR EP10410360-0001 | 20.02.2003 | Projekteerimine                    |
| MTR EK10410360-0001 | 20.02.2003 | Ehitusekspertiis                   |
| MTR TGP000251       | 21.10.2011 | Gaasipaigaldise ehitamine          |
| MTR EEP003323       | 29.06.2015 | Sildade ja teede projekteerimine   |
| MTR ELK000025       | 05.08.2015 | Liikluskorralduse projekteerimine  |
| MTR EPE001031       | 29.06.2015 | Silla- ja teeprojektide ekspertiis |
| MTR EMU0000295      | 19.09.2017 | Muinsuskaitse                      |

## Töö nr 20-026

Projekti tellija:  
Ehitise aadress:

Viimsi Vallavalitsus  
Leppneeme sadam, Leppneeme küla, Viimsi vald,  
Harju maakond

# LEPPNEEME SADAMA HÜDRODÜNAAMILISE MODELLEERIMISE TÄIENDUSED 2

Heiki Meos  
Juhataja

Rain Männikus  
Projektijuht



Tallinn  
märts 2020

# ÜLDANDMED

## TELLIJA

### Viimsi Vallavalitsus

Registrikood: 75021250

Nelgi tee 1, 74001, Viimsi alevik, Viimsi vald, Harju maakond

Tel: 606 6800

E-post: info@viimsivv.ee

## KONSULTANT

### OÜ EstKONSULT

Registrikood: 10410360

Sõpruse pst 151A, 13417 Tallinn

Tel: 6646 730

E-post: admin@estkonsult.ee

Projektijuht

Rain Männikus

diplomeeritud ehitusinsener, tase 7 Kutsetunnistus nr 106088

## ALLTÖÖVÕTJA

### Lainetuse analüüs

### OÜ Lainemudel

Registrikood 14075763

Pärnu mnt 131b, Tallinn

Tel: 58 400 274

E-post: lainemudel@gmail.com

Projektijuht

Rain Männikus

**OÜ Lainemudel**

Registrikood: 14075763

e-post: lainemudel@gmail.com

**Töö nr 2010**

Töö tellija: OÜ Estkonsult

Registrikood: 10410360

e-post: admin@estkonsult.ee

# **LEPPNEEME SADAMA HÜDRODÜNAAMILISE MODELLEERIMISE TÄIENDUSED 2**

Töö autor:

**RAIN MÄNNIKUS**

Tallinn

Märts 2020

# 1. LÄHTEÜLESANNE

## 1.1. Eesmärk

OÜ Lainemudel on viinud läbi oma töös nr 1706 kavandatud Leppneeme sadama hüdrodünaamilise modelleerimise ning täiendanud seda tööga nr 1805. Pärast nende valmimist on Viimsi vald koostöös sadama projekteerijaga täiendanud plaanilahendust. Käesoleva töö eesmärk on hinnata neid muutusi.

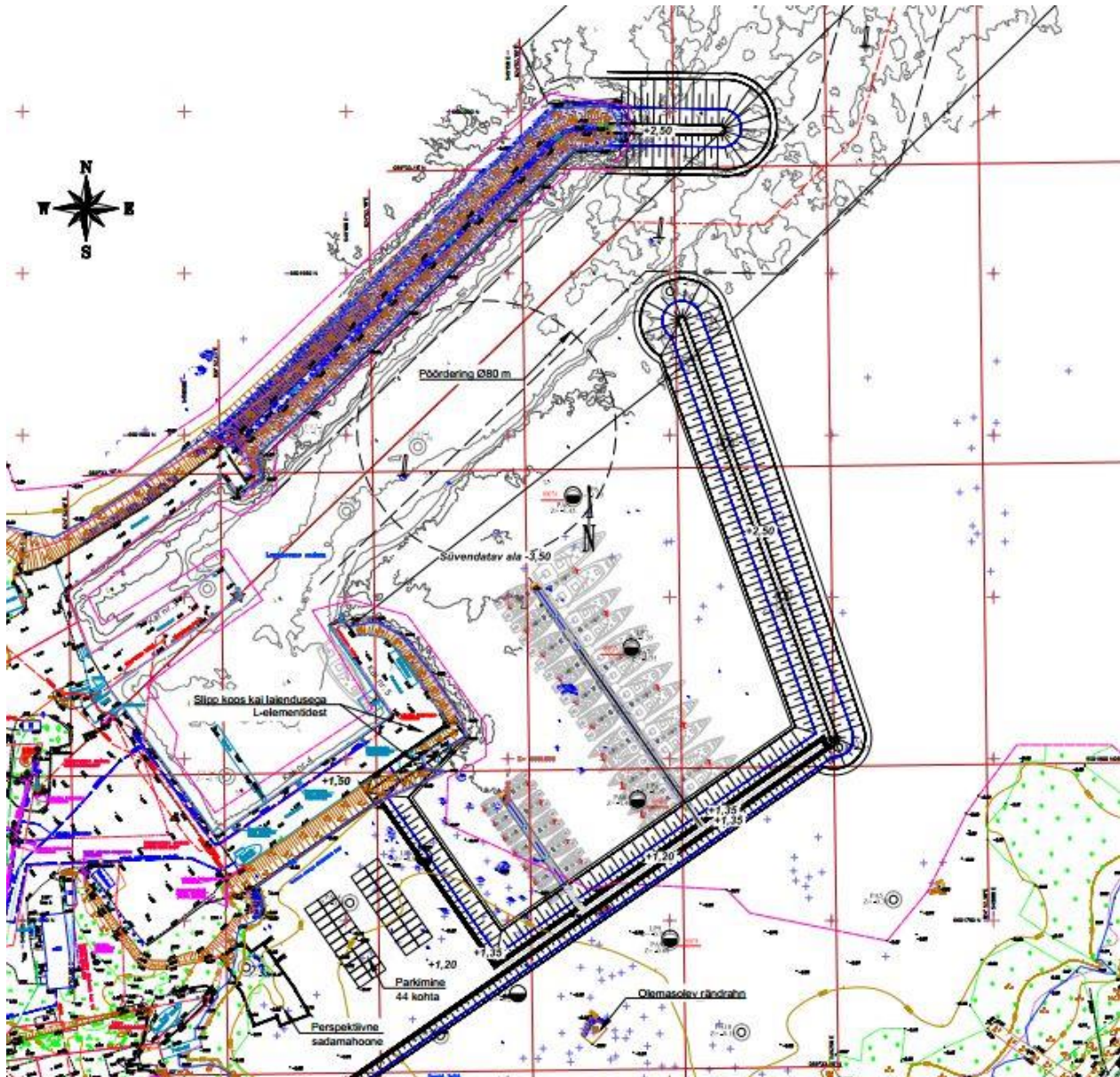
## 1.2. Lähtematerjalid

1. OÜ Lainemudel. 2018. Töö nr 1706. Leppneeme sadama hüdrodünaamiline modelleerimine.
2. OÜ Lainemudel. 2018. Töö nr 1805. Leppneeme sadama hüdrodünaamilise modelleerimise täiendused.
3. OÜ Corson. 2020. Leppneeme sadama asendiplaan. (1713\_ES\_AS-3-01\_asendiplaan.dwg).
4. OÜ GEO S.T. Töö nr 21M7111. Leppneeme sadama ja lähiümbruse maa-ala geodeetilised uurimistööd.
5. OÜ REI Geotehnika. 2005. Töö nr 1423-05. Leppneeme sadam. Ehitusgeoloogilise uuringu aruanne.
6. OÜ IPT Projektijuhtimine. 2017. Töö nr 17-09-1361. Leppneeme sadama geoloogilised ja geotehnilised uuringud (EH2000 kõrgussüsteemis).
7. Veeteede Ameti andmed merepõhja sügavuste kohta.
8. OÜ Estkonsulti tööd nr E1400 ja E1401. Leppneeme ja Kelnase sadamate vee erikasutuslubade KMH.

## 2. PLANEERITAV MUUDATUS JA SELLE MÕJU

### 2.1. Sadama planeeritav muudatus

Viimsi Vallavalitsus võttis pärast OÜ Corsoni esitatud Leppneeme sadama laienduse eskiislahendust arvesse märkuseid sadama kohta. Selle tulemusena vähendas projekteerija OÜ Corson akvatooriumi pikkust ligikaudu 62 m võrra (Joonis 2.1).

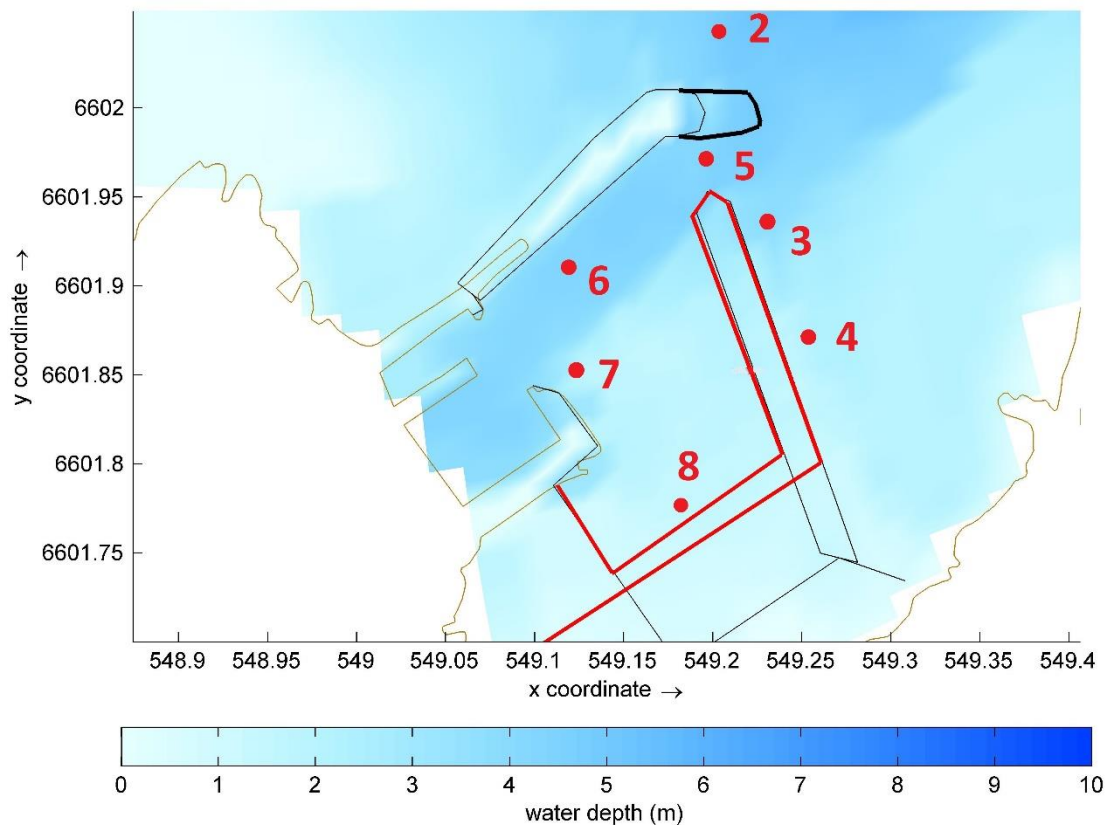


**Joonis 2.1.** OÜ Corsoni poolt täiendatud versioon, kus idamuuli pikkust on vähendatud ning akvatoorium on piiratud lõunast lõunamuuliga, mis tekitab mandri ja muuli vahele madala veega ala.

## 2.2. Lainekõrgused akvatooriumis ja üksiklaine levik

OÜ Lainemudel arvutas töös nr 1706 lainemudeliga SWAN lainetuse parameetrid sadamast väljas ja sees (Joonis 2.2). Punktides 1–4 arvutatud parameetrid jäävad samaks põhjamuuli pikenduse ning akvatooriumi pikkuse muutuse korral. Põhjakaartest ja kirdest pärit (üksik)lainete levik on pikenduse tõttu akvatooriumisse piiratud. Seega võib lainete energia levida sadamasse järelejäänud puhtast avast ning difraktsiooni tulemusena. Nii vähenevad punktides 5–8 lainekõrgused, mis on põhjustatud põhja- ja põhjasuunalt puhuvatest tuultest, tänu pikenduse mõjule ligikaudu 50%. Kagusuunast puhuvate tuulte poolt tekitatud lainetele on pikenduse mõju väiksem, kuid kuna sellelt suunalt on tuule mõjuala veekogu kohal lühike, on need lainekõrgused madalamad kui põhja- ja kirdesuunalised lained.

Käesolevas töös oli loobutud lainetuse modelleerimisest, kuna (i) sadama laienduse eelmise konfiguratsiooni korral (vt Lainemudeli töö nr 1706) olid olulised lainekõrgused alla 0,5 m, mis on piisav jahisadama rajamiseks, (ii) põhjamuuli pikendamisel on ilmselge mõju lainekõrguse vähendamisele akvatooriumis ning (iii) akvatooriumis olevad lainekõrgused muutuvad akvatooriumi laiuse vähendamisel rööplükkega vähe.



**Joonis 2.2.** Mudeli mõõtepunktid Leppneeme sadamas ja selle lähistel. Olemasolev rannajoon on tähistatud peene pruuni joonega ning musta joonega algselt (töö nr 1706) planeeritud laienduse piirjooned. Jämeda musta joonega on näidatud Põhjamuuli lisatav pikendus (töö nr 1805) ning jämeda punasega käesoleva töö aluseks olnud muudatus.

### 2.3. Sadama resonantsile ja lainekõrguste kasv konstruktsioonidelt peegeldumise tulemusena

Lainekõrguste kasv jääb töös nr 1706 kirjeldatuga samaks, sest muudatused on minimaalsed (väiksemad kui eeldatavad lainepikkused).

Pakutav muudatus muudab töös nr 1706 saadud tulemusi suures basseinis (kuid mitte olemasolevas) ning seetõttu arvutati omavõnke sagedused Meriani valemiga (Rabinovich, 2009):

$$T_n = \frac{2L}{n\sqrt{gH}}$$

kus  $n$  on järk,  $T_n$   $n$ -järku omavõnkesagedus,  $L$  basseini pikkus/laius,  $g=9,81 \text{ m/s}^2$  ning  $h$  vee sügavus.

**Tabel 2.1.** Omavõnkesagedused erinevate pikkuste ja sügavuste korral

|                    | Suur bassein pikisuunas |     |     |     | Suur bassein laiusuunas |     |     |     | Olemasolev |     |
|--------------------|-------------------------|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|-----|------------|-----|
| L, m               | 170                     | 180 | 170 | 180 | 120                     | 100 | 120 | 100 | 67         | 80  |
| h, m               | 3,2                     | 3,2 | 3,7 | 3,7 | 3,2                     | 3,2 | 3,7 | 3,7 | 3,7        | 3,7 |
| T <sub>1</sub> , s | 61                      | 64  | 56  | 60  | 43                      | 36  | 40  | 33  | 22         | 27  |
| T <sub>2</sub> , s | 30                      | 32  | 28  | 30  | 21                      | 18  | 20  | 17  | 11         | 13  |
| T <sub>3</sub> , s | 20                      | 21  | 19  | 20  | 14                      | 12  | 13  | 11  | 7          | 9   |

Tulemustest nähtub, et projekteeritava suure basseini jaoks on omavõnkesagedused võrreldes Soome lahes levivate lainete (Soomere, 2005) ja töö nr 1706 peatükis 3 leitud perioodidega piisavalt suured ning sadama resonantsi ei ole karta.

### 2.4. Setete liikumine muuli otste vahel

OÜ Corson ei ole muutnud sissesõidukanali asukohta, laiust ega muulide plaanide plaanilisi mõõtmeid sissesõiduava vahetus läheduses. Seega jäävad kehtima OÜ Lainemudeli töodes nr 1706 ning 1805 toodud järeldused.

### 2.5. Uue täiteala rajamisel tekkiva heljumi levik

OÜ Corsoni poolt uuendatud projektis asub täiteala muulidega piiratud akvatooriumis ning sellel puudub kagusuunas ühendus maismaaga (Joonis 2.1). Vanemas variandis oli täitealal kagusuunas ühendus olemas, kuid asus siiski muulidega piiratud alal. Käesolevas töös on eeldatud, et täiteala hakatakse rajama pärast muulide rajamist, sest nii on võimalik teostada töid akvatooriumis sõltumata merelainetest ning vältida selle käigus tekkiva heljumi laiemat levikut. Vastasel korral tuleb vaadata järgmist peatükki, kus on analüüsitud muulide rajamisel tekkiva heljumi levikut.

Täiteala rajamisel tekkiva heljumi leviala on muulide tõttu vaid rajatava laienduse akvatooriumis. Kuigi uue variandi akvatoorium on kitsam kui vanemas variandis, on tingimused

heljumi levikuks sarnased. Seega saab öelda, et heljum võib levida täitmise asukohast maksimaalselt 50 m kaugusele ning see ei põhjusta keskkonnale ohtu (täide ei sisalda reostust).

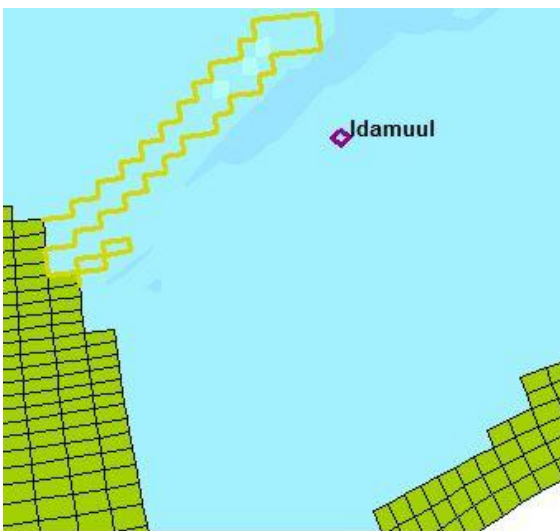
## 2.6. Muulide rajamisel tekkiva heljumi levik

OÜ Corsoni poolt uuendatud projektis on idamuuli asukoht sama, mis projekti varasemas versioonis, kuid see on lühendatud (ots on samas kohas, kuid alguspunkt on lõunas kaldast kaugemal). Nii algse (töö nr 1706) kui ka täiendatud variandi (käesolev töö) on täitmisel tekkiva heljumi ala suurim, kui see on võimalikult avamere pool ehk muuli otsas. Muus osas on täitmise asukoht varjatud ning heljumi levik on lokaalsem.

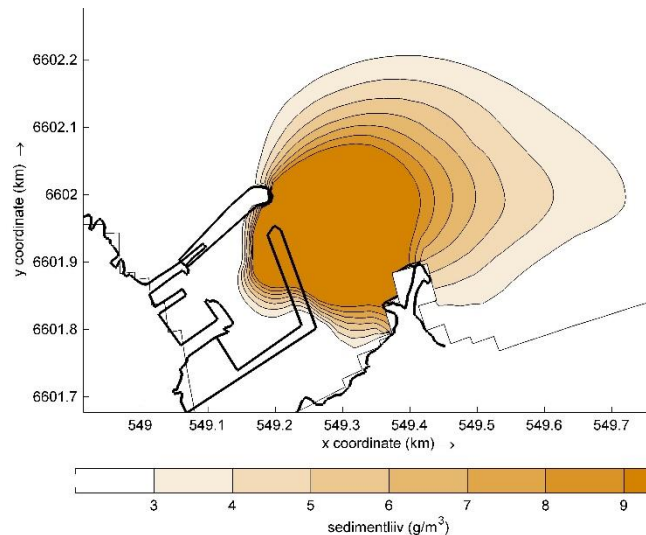
Muulide kehandi ehitamiseks kasutatakse eeldatavasti mineraalset täidet, mille suurus jääb enamjaolt 20 kuni 300 mm vahele. Täitmise ajal puhuvate tuulte ja levivate lainete mõjul kanduvad enim eemale väiksemad fraktsioonid. Konservatiivse hinnangu saamiseks on analüüsitud 0,1 mm liivaterade levikut veesambas. Peenete setete voog (10 kg/s) on valitud oletuslikult, sest ei ole teada peenosise hulk kasutatavas täites. Simulatsioonides kasutatud tuulte kiirused on toodud tabelis 2.2.

**Tabel 2.2.** Tuule kiirused erinevate suundade jaoks

|                          | 315° | 345° | 15° | 45° |
|--------------------------|------|------|-----|-----|
| <b>90%-line kvantiil</b> | 13   | 12   | 12  | 13  |



**Joonis 2.3.** Setete allika asukoht idamuuli rajamisel (Idamuul). Rohelisega on näidatud kuiv maapind, kollase ja pruuni joonega vastavalt põhjamuuli ja sadama kontuurid.

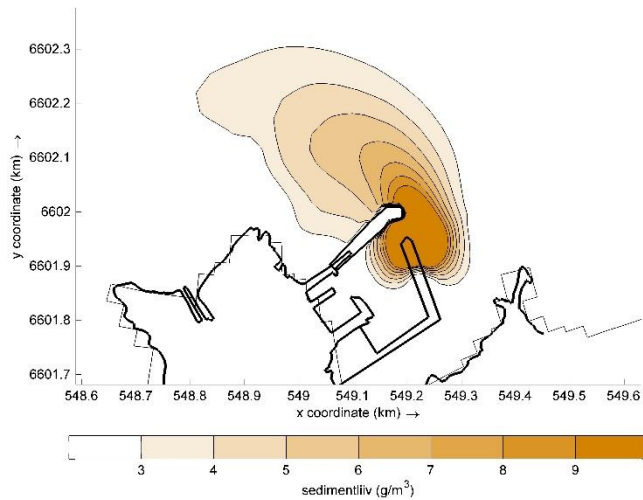


**Joonis 2.4.** Heljumi levik idamuuli täitmise ajal 2 tundi pärast tööde algust. Tuule suund on 345°.

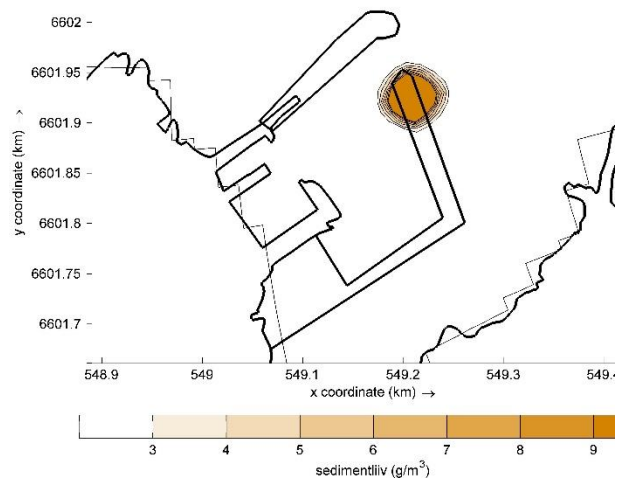
Idamuuli rajamisel tekkiva heljumi leviala on Lainemudeli töös nr 1706 esitatuga sarnane (vt Joonis 2.4 ja Joonis 2.5), kui põhjamuuli pikendust pole veel rajatud. Kui põhjamuuli pikendus

rajatakse enne idamuuli täitmist, siis on heljumi levik väiksem, sest põhjamuuli pikendus varjab idamuuli täiendavalt lainete eest.

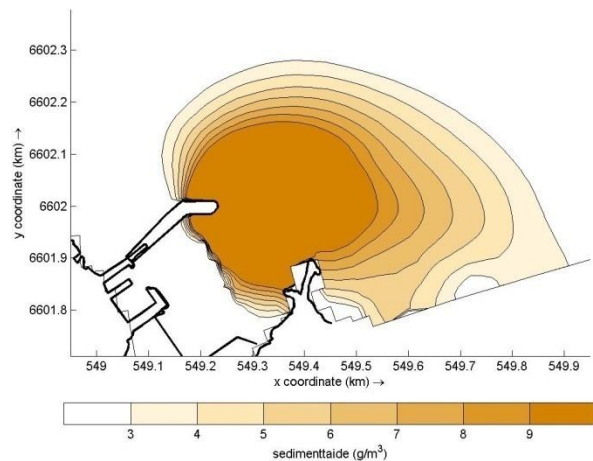
Põhjamuuli pikendamisel on heljumi leviku ala veidi suurem kui idamuuli otsa rajamisel. Joonis 2.7 ja Joonis 2.8 esitavad heljumi leviku kahe erineva suunaga tuule korral ning Tabel 2.3 esitab arväärtusi.



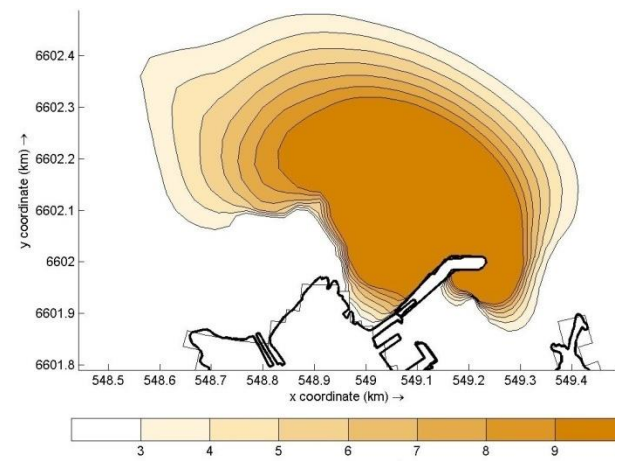
**Joonis 2.5.** Heljumi levik idamuuli täitmise ajal 2 tundi pärast tööde algust. Tuule suund on 45°.



**Joonis 2.6.** Heljumi levik idamuuli täitmise ajal 2 tundi pärast tööde algust. Tuule suund on 210°.



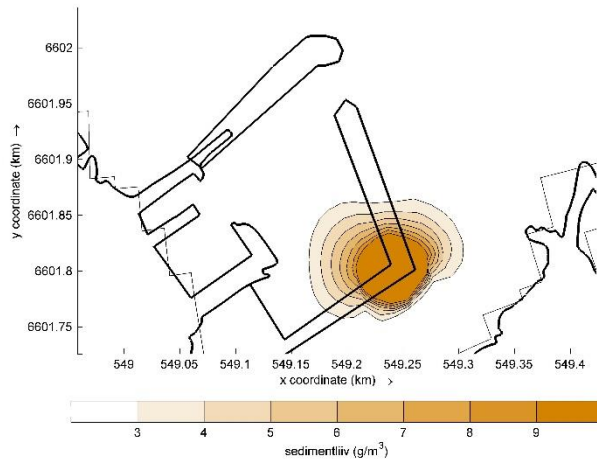
**Joonis 2.7.** Heljumi levik põhjamuuli otsa ehitamise ajal 2 tundi pärast tööde algust. Tuule suund on 345°.



**Joonis 2.8.** Heljumi levik põhjamuuli otsa ehitamise ajal 2 tundi pärast tööde algust. Tuule suund on 45°.

Uues variandis oleva lõunamuuli rajamine, mis paikneb varasema variandi puhul täiteala kohal, tekitab heljumi, mis jääb lokaalseks (Joonis 2.9 ja Joonis 2.10), kuna sügavused on väga madalad (alla poole meetri). Lõunamuuli ehitamisel kallatakse täitematerjal sisuliselt maismaale ning täitematerjalis olevad väiksed osakesed ei saa tööde asukohast kaugemale levida. Kui vesi tõuseb ligikaudu pool meetrit, siis võib peenete osakeste levik olla hinnanguliselt 200 m, mis on

väiksem kui idamuuli rajamisel (kuni 450 m). Keskkonnale see levik ohtu ei kujuta, kuna täide ei sisalda reostust.



**Joonis 2.9.** Heljumi levik lõunamuuli täitmise ajal 2 tundi pärast tööde algust. Tuule suund on 345°. Enne täiteala täitmist on rajatud idamuul, mis tagab madalad vee liikumise kiirused akvatooriumis.



**Joonis 2.10.** Heljumi levik lõunamuuli täitmise ajal 2 tundi pärast tööde algust. Tuule suund on 45°.

**Tabel 2.3.** Heljumi kontsentratsiooni leviku piiri ligikaudne kaugus meetrites allikast keskmise veetaseme korral

|                            | 315° | 345° | 15° | 45° |
|----------------------------|------|------|-----|-----|
| <b>Idamuul</b>             | 300  | 450  | 350 | 300 |
| <b>Lõunamuul</b>           | 100  | 100  | 50  | 50  |
| <b>Põhjamuuli pikendus</b> | 550  | 600  | 600 | 700 |
| <b>Süvendamine</b>         | 450  | 450  | 400 | 450 |
| <b>Täiteala</b>            | 50   | 50   | 50  | 50  |