**TARTU ÜLIKOOL**
**EESTI MEREINSTITUUT**

Akrediteeritud L179

# NAISSAARE LIIVAKAEVANDAMISE MEREKESKKONNA SEIRE 2008 - 2011

Aruanne 2009

Vastutav täitja

Robert Aps
TÜ Eesti Mereinstituudi
meresüsteemide osakonna juhataja

**TALLINN 2009**

## Sisukord


Sissejuhatus 3

1. Heljumi levik 4
1.2. Välitööd 5
1.3. Heljumi kontsentratsioon, veealuse valgusvälja ja *albedo* mõõtmised 5
1.4. Vee optiliste parameetrite mõõtmised veealuse hüperspektromeetriga 10
1.5. Satelliitkaugseire tulemused 14
1.6 Heljumi leviku modelleerimise tulemused 15
2. Naissaare liivamaardla setete dünaamika 23
2.1. Sissejuhatus 23
2.2. Naissaare liivamaardla plokk 1 ja 2 piirkond 24
2.3. Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 1 29
2.4. Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 2 34
3. Rannaprotsessid 40
3.1. Sissejuhatus 40
3.2. Rannaprotsessid Naissaare kaguosas 43
3.3. Varasemad tulemused 43
3.4. 2009 aasta uuringu tulemused 44
4. Põhjataimestik 57
4.1. Sissejuhatus 57
4.2. Metoodika 57
4.3. Tulemused 58
5. Põhjaloomastik 60
5.1. Sissejuhatus 60
5.2. Metoodika 61
5.3. Naissaare rannikkumere keskkonnatingimuste ülevaade 62
5.4. Liivaammutustööde mõjust põhjaloomastikule 63
5.5. Põhjaloomastiku kooslused Naissaare liivamaardlal ja referentsalal 2009 aastal 64
5.6. Naissaare rannikumere veekvaliteet 66
6. Kalastik 69

Kokkuvõte 75

Lisa 1 79

Lisa 2 83

Lisa 3 129

## Sissejuhatus

Liiva kaevandamisega Naissaare liivamaardlatest seotud merekeskkonna seire teostatakse vastavalt Keskkonnaministeeriumi poolt kinnitatud seireprogrammile (KM kiri 19.03.2007 nr 18-7-31/934) ja vee-erikasutuslubadele L.VT.EE-17252, L.VT.EE-136475 ja L.VT.EE-140279. On võetud arvesse Tallinna Sadama hanketeates (kiri 18.09.2008 nr 18-7-31/2005) esitatud infot, mille kohaselt tuleb arvestada eelnevate aastate seire programme ja tulemusi Naissare liivamaardla ja Muuga lahe osas. Merekeskkonna seire eesmärgiks aastatel 2008-2011 on täita eelpoolnimetatod vee-erikasutuslubades esitatud tingimusi ning teostada heljumi leviku, veealuse valgusvälja, põhjataimestiku- ja loomastiku-, kalastiku ning rannaprotsesside seiret. Eesmärgiks on hinnata liiva kaevandamise võimalikku mõju põhjataimestikule ja -loomastikule, samuti piirkonna kalastikule ning rannaprotsessidele**.** Käesolevas aruandes on esitatud nimetatud seiretööde tulemused 2009 aastal. Aruandes on käsitletud setete dünaamika uurimise tulemusi Naissaare liivamaardlate merealal, liiva ammutamisega kaasneva heljumi leviku seire tulemusi k.a numbrilise modelleerimise tulemused, veealuse välja seire tulemusi tööde piirkonnas, põhjataimestiku ja -loomastiku ning kalastiku koosluste seisundit. Merebioloogia-alaste proovide kogumine toimus atesteeritud proovivõtjate poolt. Proovide analüüs toimus TÜ Eesti Mereinstituudi akrediteeritud katselaboris veekeemia ja merebioloogia valdkonnas (akkrediteerimistunnistus L179).

Vastutavad täitjad:

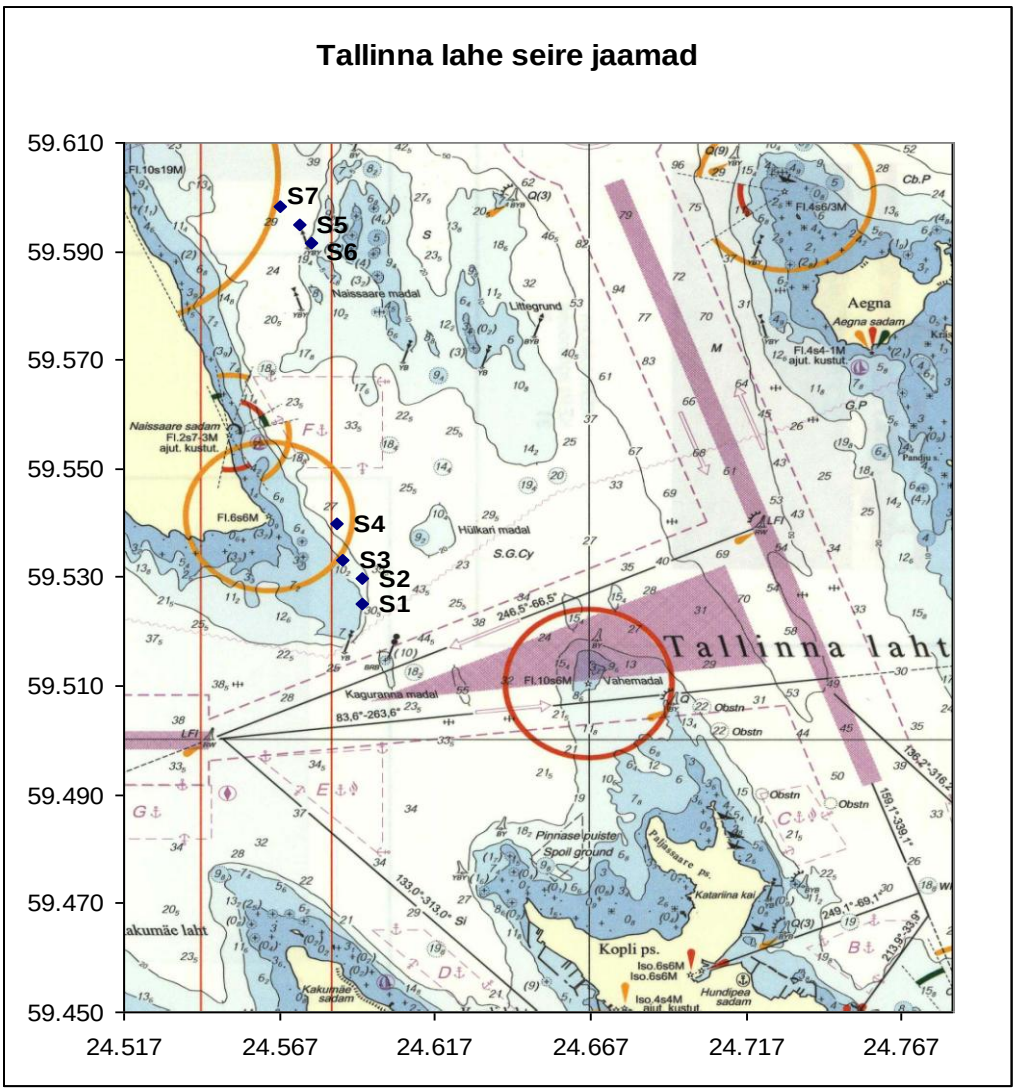
| | | |
|---|---|---|
| Robert Aps, | PhD, TÜ MEI meresüsteemide osakonna juhataja | – seire juht |
| Jonne Kotta, | PhD, TÜ MEI vanemteadur | – põhjaloomastik |
| Georg Martin | PhD, TÜ MEI asedirektor | - põhjataimestik |
| Toomas Saat, | Prof., TÜ MEI direktor | |
| Ahto Järvik. | Prof., TÜ MEI KMH juht | - kalastik |

Tellitud töö

| | |
|---|---|
| Urmas Raudsepp, PhD, Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituudi ökohüdrodünaamika sektori juhataja | - heljumi levik, |
| | - setete dünaamika |
| | - rannaprotsessid |

## 1. Heljumi levik

Heljumi leviku seire läbiviimiseks kasutatati numbrilist modelleerimist. Kogu seire perioodi jooksul oli kaks pilvevaba päeva, 05.01.2009 ja 19.03.2009. Nendel päevadel oli võimalik jälgida heljumi olemasolu veepinnal, mis võib olla põhjustatud liiva kaevandamisest võrdluses suurema mereosaga. Seiretööde käigus teostati ühel päeval, 21.02.2009, välitööd, mille käigus võeti veeproovid ja teostati mõõtmisi hüperspektromeetriga AC-SPECTRA. Veealust spektraalset valgusvälja mõõdeti radiomeetritega Ramses-ACC-VIS (TriOS Gmbh)). Jaamade skeem on esitatud joonisel 1.




Joonis 1. Seirejaamade skeem.

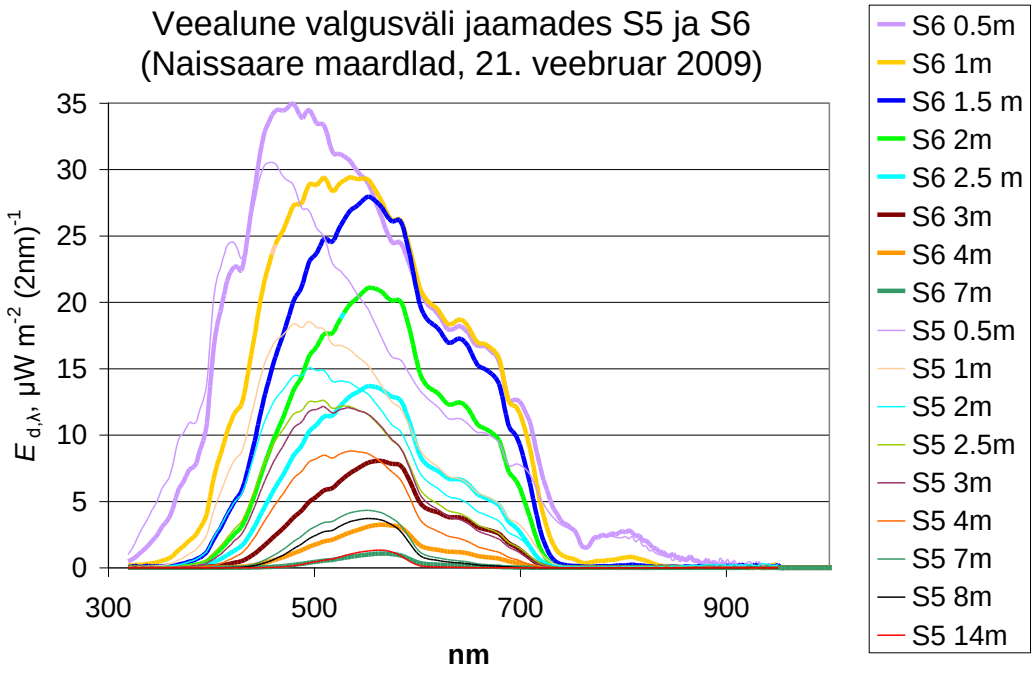
## 1.2. Välitööd

Projekti täitmise käigus tehti 21.02. 2009 ekspeditsioon Naissaarest kagusse, kus asub kaevandusala 1 (jaamad S1 – S4) ning kaevandusalale II, süvendaja reaalsesse tööpirkonda (jaamad S5-S7). *In situ* mõõdeti veealust valgusvälja ja *albedot* radiomeetriga Ramses-ACC-VIS (TriOS Gmbh) ning valguse neeldumist ja hajumist veealuse hüperspektromeetriga AC Spectra $^{+}$ (Wetlab). Kaevandamispiirkonnas teostati mõõtmisi süvendajast allatuult (tuul SE, 5 m/s) eemaldudes (ca 500 m sammuga).

## 1.3. Heljumi kontsentratsioon, veealuse valgusvälja ja *albedo* mõõtmised.

Laboratoorselt määratud heljumi kontsentratsioon jäi pinnakihis alla 1.4 g/m$^3$, mis on Tallinna lahe kohta väga madal tase (Tabel 1). Ainult jaamas S6, milline asus süvendajale kõige lähemal oli heljumi kontsentratsioon 3.4 g/m$^3$. Ka põhjalähedases veekihis oli heljuni kontsentratsioon kõrge jaamas S6 - 7.2 g/m$^3$. Klorofülli kontsentratsioonid jäid kõigis jaamades alla määramispiirkonna väärtust, mis on iseloomulik talvistele tingimustele.

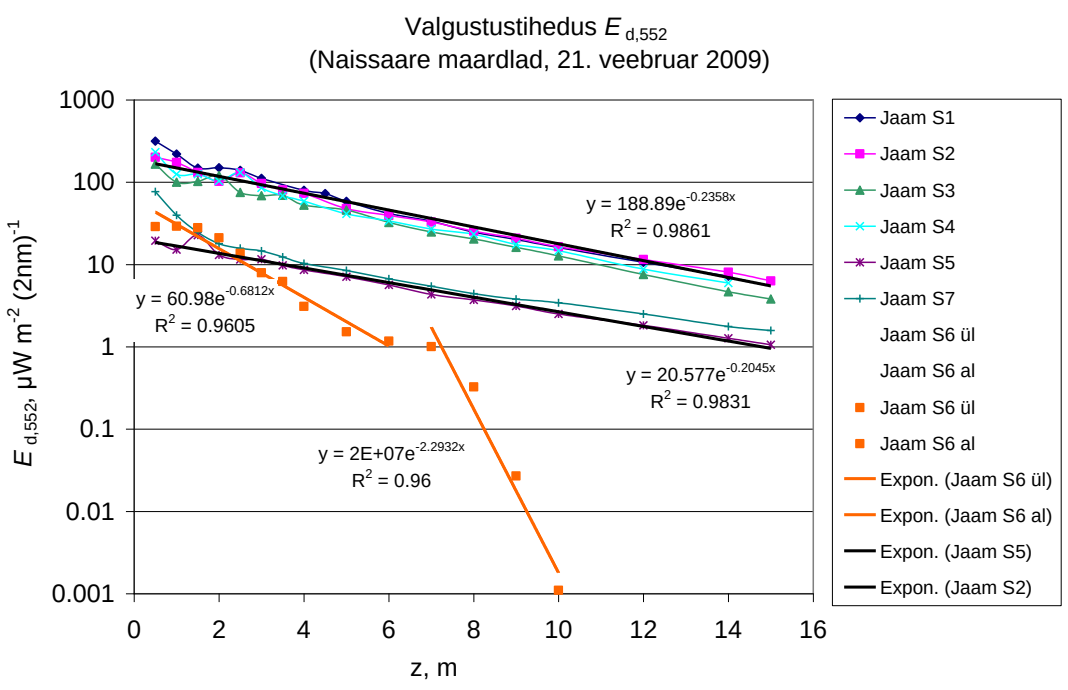
Veealuse valgusvälja mõõtmiseks kasutati süsteemi kahest üheagselt töötavast veealusest radiomeetrist, millistest üks oli suunatud ülespoole ja teine allapoole. Selline süsteem võimaldas mõõta pealelangevat valgustustihedust $E_{d,\lambda}(z)$ ning tagasihajuvat kiirgust $E_{BS,\lambda}(z)$ erinevatel sügavustel üheaegselt ning määrata sedasi nii $E_{d,\lambda}$ kui tagasihajumis koefitsiendi *BS* sügavusprofiili spektraalvahemikus 318 – 950 nm, samuti *albedot* (õhus mõõtes). Olulisemad tulemused on esitatud Joonistel 2 -5.




Joonis 2. Radiomeetriga Ramses UV mõõdetud valgustustiheduse $E_{d,\lambda}$ spektrid jaamades S5 ja S6. Jaama S6 spektrid on rasvase joonega.

Veealune valgusväli nõrgeneb sügavuse kasvamisel ning spektri maksimum nihkub tänu lahustunud orgaanilisele ainele (LOA e. ”kollane aine” – neelab valgust tugevalt spektri sinises ja ultravioletses osas) pikematele lainepikkustele.

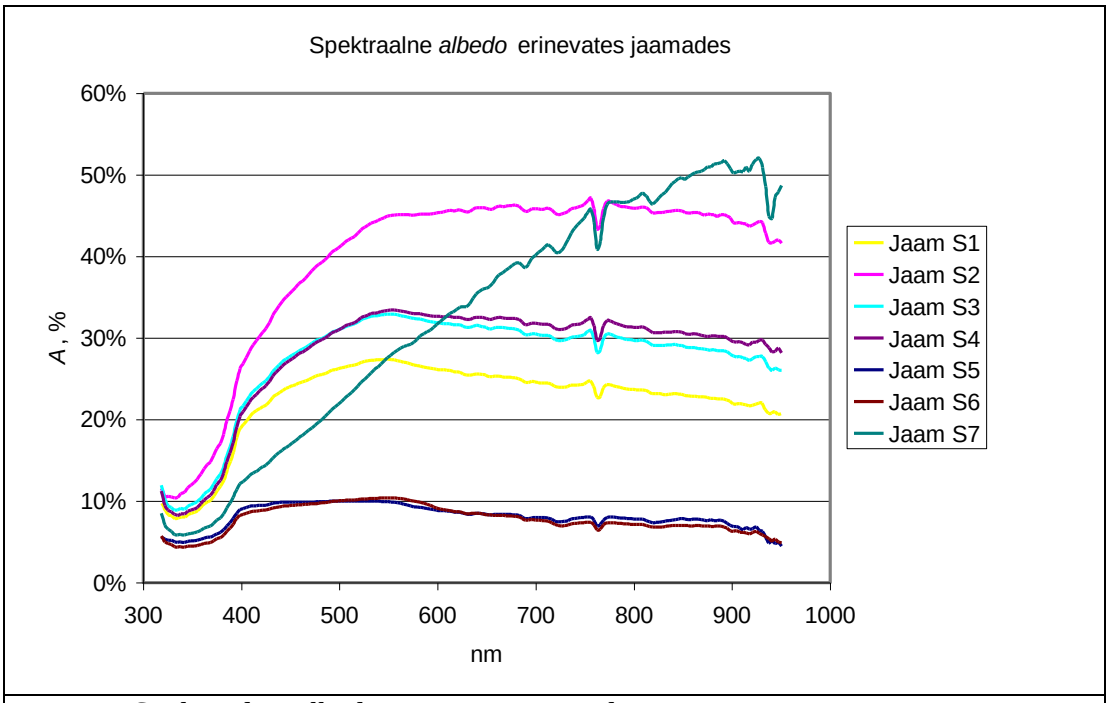
Joonisel 2 ilmneb veel üks omapärane nihe – kõigi jaama S6 (kõige suurem heljumi kontsentratsioon, vaata tabel 1) spektrite maksimumid on nihutatud oluliselt punasemasse osasse, mis viitab kollase aine suuremale sisaldusele jaamas S6. Kuna setetesse kogunenud poorivees on kollase aine sisaldus alati suurem kui pealasuvas veesambas, siis kaevandamise käigus liigutatakse see vesi ka ülemistess kihtidesse.




Joonis 3. Vagustustiheduse $E_{d,552}$ vertikaalprofiil erinevates jaamades.

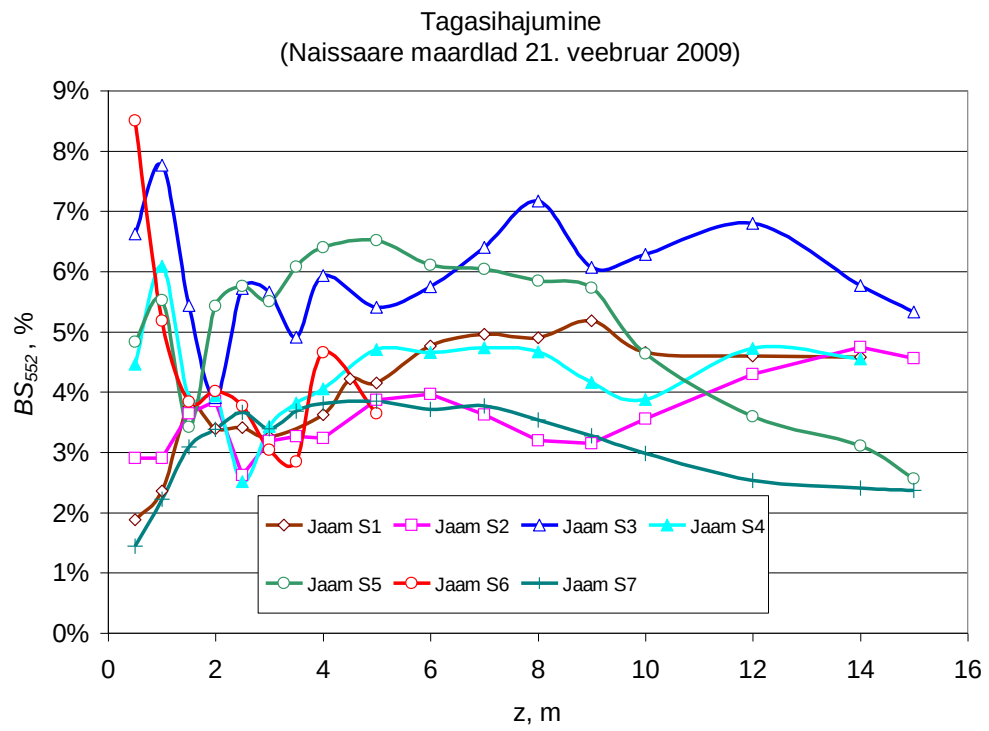
Kõverate $E_{d,552}$ ($z$) kalded (poollogaritmilises mastaabis, joonis 3) on kõigis jaamades v.a. jaam S6 väga sarnased. Veesamaba keskmine nõrgenemiskoefitsient $K_{d,552}$ (ehk optiline tihedus) oli jaamas S6 oluliselt suurem kui ülejäänud jaamades. Seejuures oli veesammas jaamas S6 ka optiliselt ebahomogeenne: 0 - 7 m tihedam kui ülejäänud jaamades ($K_{d,552}$ = 0.69 m$^{-1}$ vs. 0.2 – 0.24 m$^{-1}$), kuid ikkagi veel üsna selge, 7 -10 m aga juba oluliselt tihedam (2.3 m$^{-1}$).

Selline käitumine on kooskõlas ka AC Spectra-ga mõõdetud nõrgenemis- ja neeldumisspektritega, kus ülemine optiliselt tihedam kiht jääb 8 m piirkonda (joonis 11). Erinevused jaamade S1-S4 ja S5-S7 üldises valgustustiheduses on tingitud pealelangeva valguse intensiivsuse (päike) muutustest.




Joonis 4 Spektraalne *albedo* erinevates jaamades.

*Albedo* spektrid (joonis 4) on kujult sarnased kõikides jaamades v.a S7, kus lühemalaineline osa (kuni lähedase infrapunaseni) on tugevalt ära lõigatud - see on mõnevõrra üllatav tulemus, pigem oleks oodanud suurt erinevust jaamas S6. Samas jaamade S5 ja S6 (samuti süvendaja tööpiirkonnas nagu ka S7) *albedo* on kuni viis korda madalam, kui jaamades S1-S3 ,kus süvendamist mõõtmiste ajal ei toimunud.




Joonis 5. Tagasihajumise vertikaalprofiilid 552 nm juures.

Tagasihajumise profiilid on küllaltki erinevad (joonis 5). Mõned ühised jooned ja olulised erisused võib siiski ka siin välja tuua. Suhteliselt samal tasemel on jaamad S3 ja S5, S1ja S4 ning S2 ja S7. Jaama S6 põhjallähedaste sügavuste kohta ei ole võimalik midagi öelda, kuna valgustustihedus kukkus seal alates 5 meetrist juba sedavõrd, et edasi ei olnud tagasihajuvat valgust võimalik registreerida. Arvestades ülalmainitud kõrget heljumi kontsentratsiooni (kuni 7,2 g/m$^3$ ) ja sellele vastavat optilist tihedust ($K_{d,552}$ >2 m$^{-1}$ ) on selline tulemus ootuspärane – kogu registreeritav kiirgus neeldus juba ülemises 5-meetrises veekihis.

**Tabel 1.**

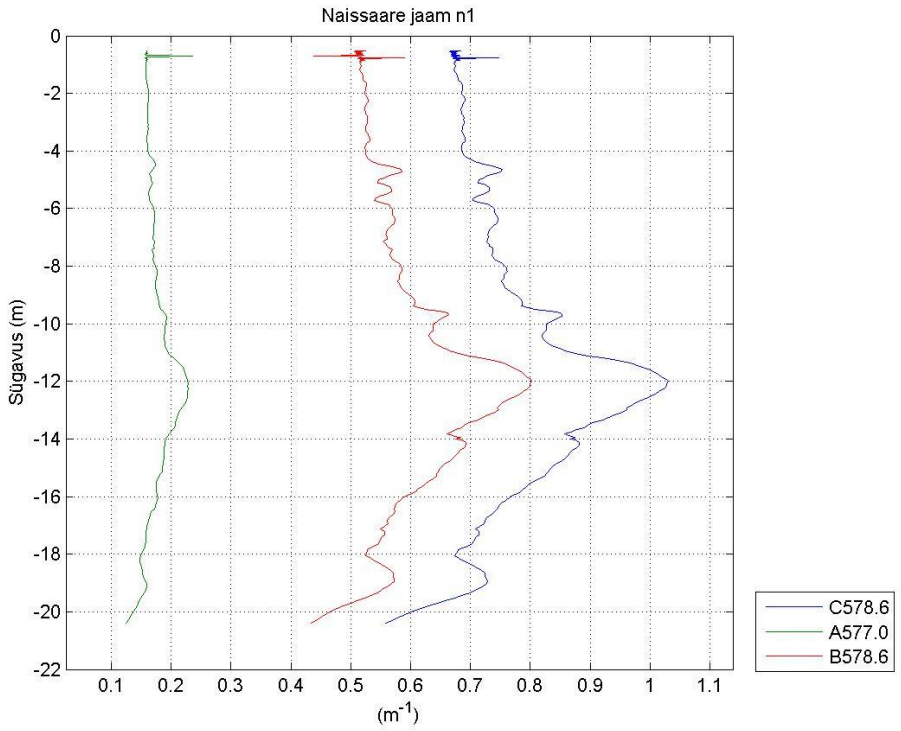
Mõningad valgusvälja mõõtmistest arvutatud vee optilised parameetrid vs. heljumi kontesntratsioon ($C_s$),. $K_d$-nõrgenemisskoefitsient, *A- albedo, BS* – tagasihajumine (*backscattering*).

| | | ***S1*** | ***S2*** | ***S3*** | ***S4*** | ***S5*** | ***S6*** | ***S7*** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Kd 402*** | $m^{-1}$ | 0.85 | 0.73 | 0.80 | 0.67 | 0.72 | 1.77 | 0.57 |
| ***Kd 552*** | $m^{-1}$ | 0.27 | 0.24 | 0.25 | 0.26 | 0.20 | 0.90 | 0.23 |
| ***Kd 665*** | $m^{-1}$ | 0.65 | 0.55 | 0.55 | 0.56 | 0.54 | 0.96 | 0.53 |
| ***A 402*** | % | 19 | 27 | 22 | 27 | 9 | 8 | 12 |
| ***A 552*** | % | 27 | 45 | 33 | 33 | 10 | 10 | 28 |
| ***A 665*** | % | 25 | 46 | 31 | 32 | 8 | 8 | 38 |
| ***BS 0.5m*** | % | 2 | 3 | 7 | 5 | 5 | 9 | 2 |
| ***BS 1m*** | % | 4 | 3 | 6 | 4 | 7 | 5 | 4 |
| ***BS 10m*** | % | 5 | 4 | 6 | 4 | 5 | 2 | 3 |
| ***Cs,pind*** | $g\ m^{-3}$ | **1.0** | **0.8** | **0.8** | **1.0** | **1.2** | **3.4** | **1.4** |
| ***Cs,põhi*** | $g\ m^{-3}$ | **1.0** | **0.8** | **1.2** | **1.0** | **1.0** | **7.2** | **2.0** |

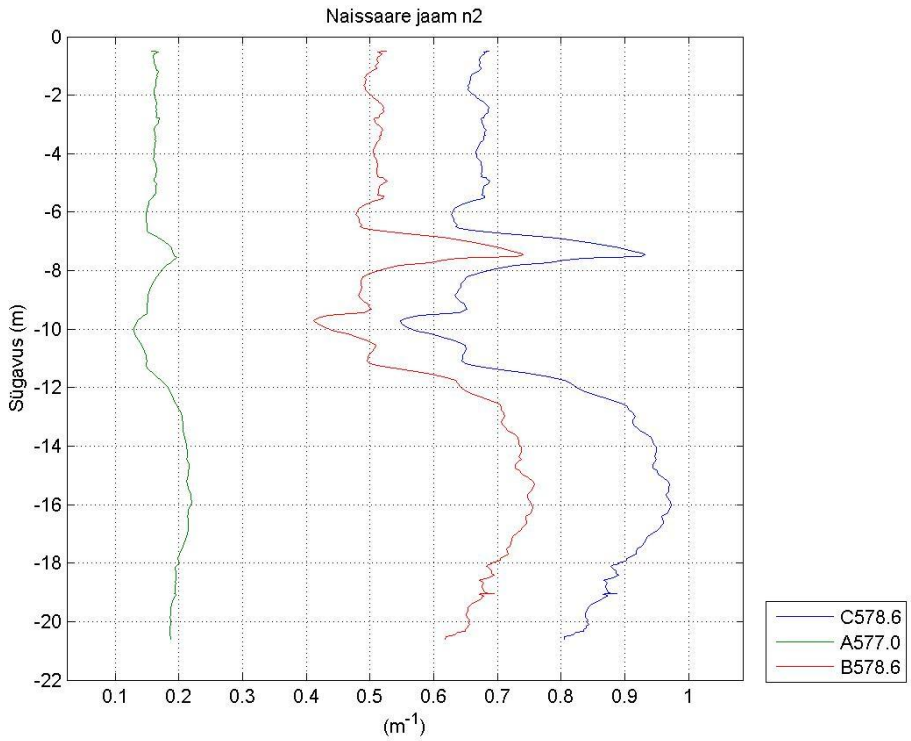
## 1.4. Vee optiliste parameetrite mõõtmised veealuse hüperspektromeetriga.

Kasutatud hüperspektromeeter võimaldab *in situ* mõõta vee optilisi parameetreid – nõrgenemis, hajumis- ja neeldumiskoefitsiente - sõltumata välistest valgustustingimustest, s.t. tal on oma sisemine valgusallikas ja mõõdetakse läbivoolumeetodil. Sügavuse registreerimine toimub automaatselt sisseehitatud rõhuanduriga. Hajumine lainepikkusel 550nm korrelleerub heljumi kontsentratsiooniga ja lainepikkusel 400 nm lahustunud orgaanilise ehk nn. kollase aine kontsentratsiooniga.

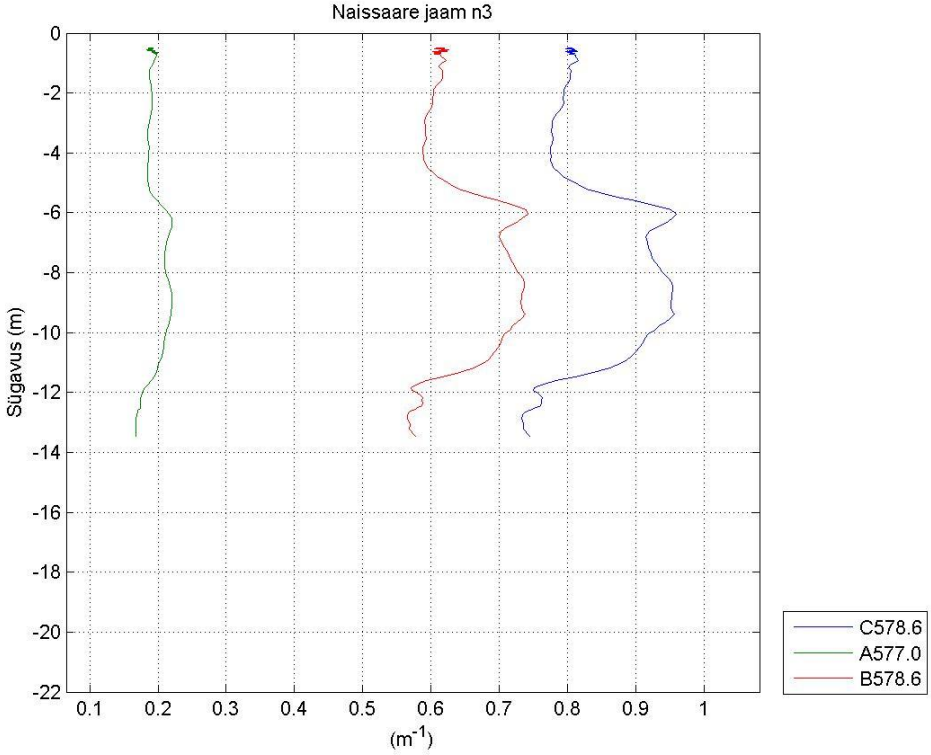
Nõrgenemis, hajumis- ja neeldumiskoefitsiente profiilid on toodud joonistel 6 - 12. Oluline erinevus foonist registreeriti jaama S6 5-m paksuses põhjakihis. See jaam oli vahetult töötava süvendaja juures. Juba järgmises jaamas süvendajast allatuult oli vee nõrgenemiskoefitsent fooni tasemel. Kuna tuul oli suhteliselt nõrk 5 m/s, siis ei kandunud resuspendeeritud setted süvendaja juurest eemale.



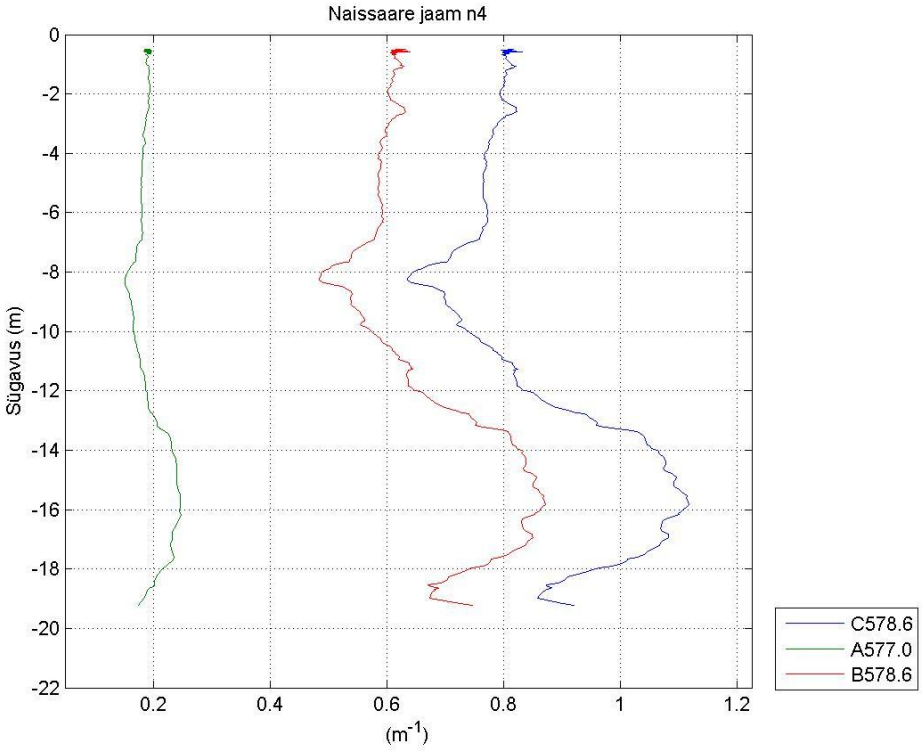

Joonis 6. Nõrgenemis- (sinine), neeldumis- (roheline) ja hajumiskoefitsendi (punane) profiilid jaamas S1.



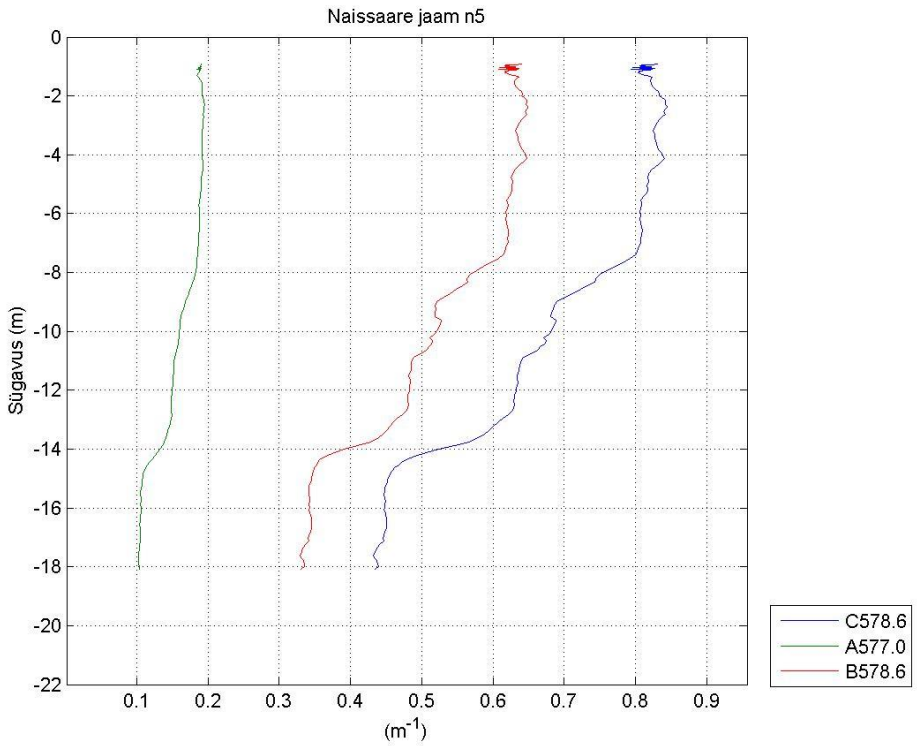

Joonis 7. Nõrgenemis- (sinine), neeldumis- (roheline) ja hajumiskoefitsendi (punane) profiilid jaamas S2.



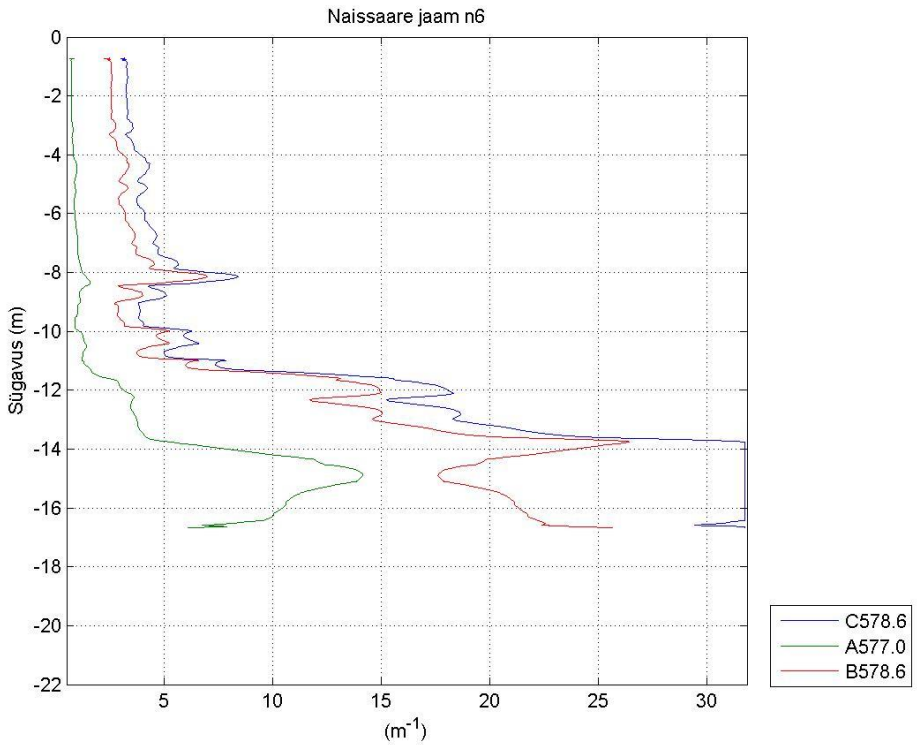

Joonis 8. Nõrgenemis- (sinine), neeldumis- (roheline) ja hajumiskoefitsendi (punane) profiilid jaamas S3.



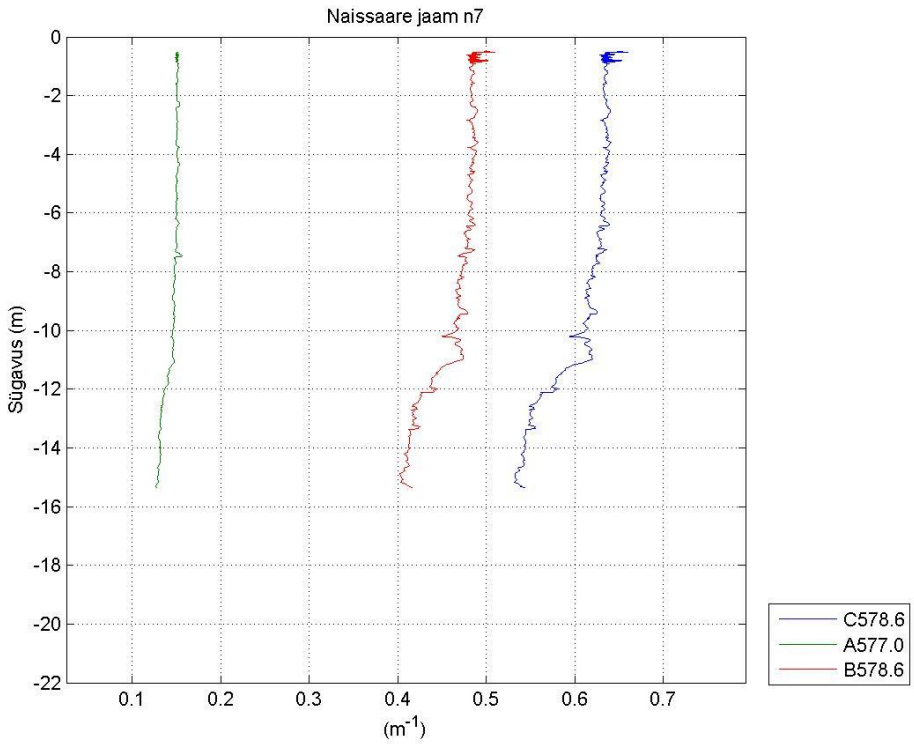

Joonis 9. Nõrgenemis- (sinine), neeldumis- (roheline) ja hajumiskoefitsendi (punane) profiilid jaamas S4.




Joonis 10. Nõrgenemis- (sinine), neeldumis- (roheline) ja hajumiskoefitsendi (punane) profiilid jaamas S5.




Joonis 11. Nõrgenemis- (sinine), neeldumis- (roheline) ja hajumiskoefitsendi (punane) profiilid jaamas S6.



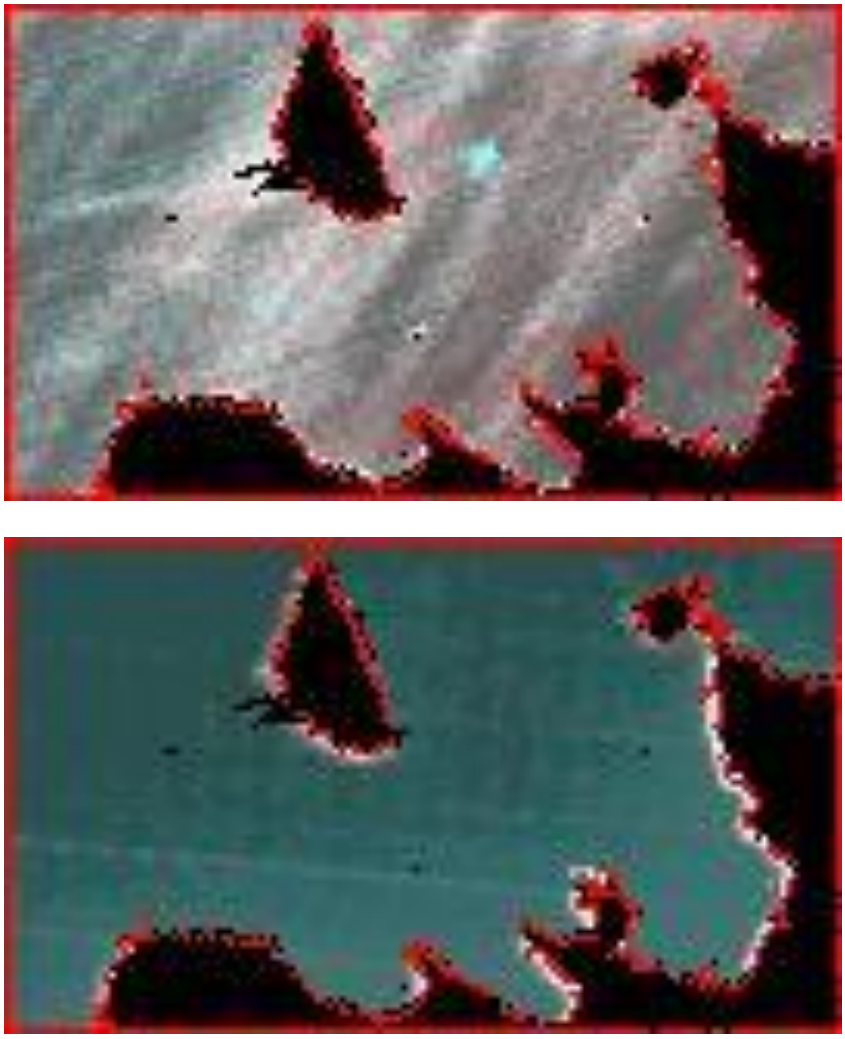

Joonis 12. Nõrgenemis- (sinine), neeldumis- (roheline) ja hajumiskoefitsendi (punane) profiilid jaamas S7.

### 1.5. Satelliitkaugseire tulemused

Veepinnal oleva heljumi leviku jälgimine sõltub sellest, kas on tegemist pilvevaba või pilvise päevaga. Pilvevaba päeva korral on võimalik määrata heljumi olemasolu või puudumine vastava piirkonnas. Kogu perioodil oli ainult kaks pilvevaba päeva Tallinna lahe kohal.

5. jaanuari, 2009 a. satelliidipildilt on näha ümbritsevast merest suurem heljumi kontsentratsioon kaevandatava Ala 3 asukohas (joonis 13). Sellel päeval toimus alal liiva kaevandamine mahus 5186 $m^3$. Heljumist mõjutatud ala jääb väga lokaalseks. Kuigi samal päeval toimus kaevandamine ka Alal 2, pole heljumi kõrgem kontsentratsioon selles asukohas veepinnal täheldatav. Ka kaevandamise maht oli Alal 2 poole väiksem Alal 3 kaevandatud mahust.

Teine satelliidipilt on 19.03.2009 (joonis 13). Sellel pildil pole näha kaevandamisalal kõrgemat heljumi kontsentratsiooni ümbritsevast foonist. Samal päeval toimus kaevandamine Alal 2 mahus 3595 $m^3$ ja Alal 3 mahus 4861 $m^3$. Kuigi mahud olid tavapärased ei sattunud kaevandamise käigus heljum veepinnale.



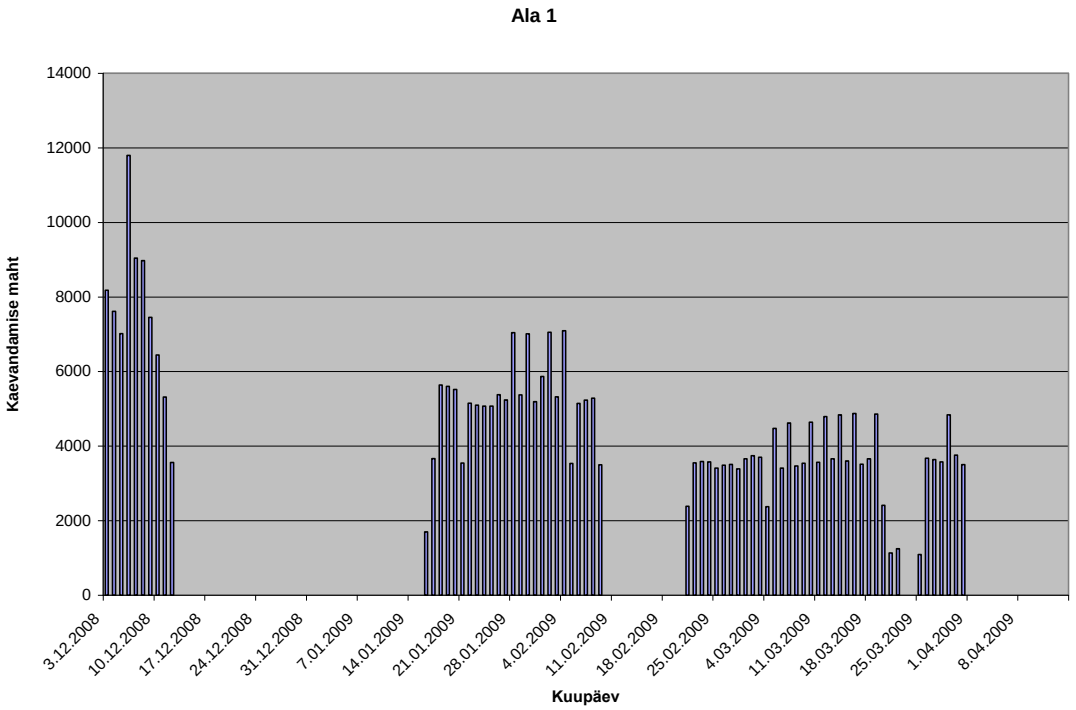
Joonis 1.13. Satelliidipildid 05.01.2009 (ülemine) ja 19.03.2009 (alumine).

### 1.6. Heljumi leviku modelleerimise tulemused

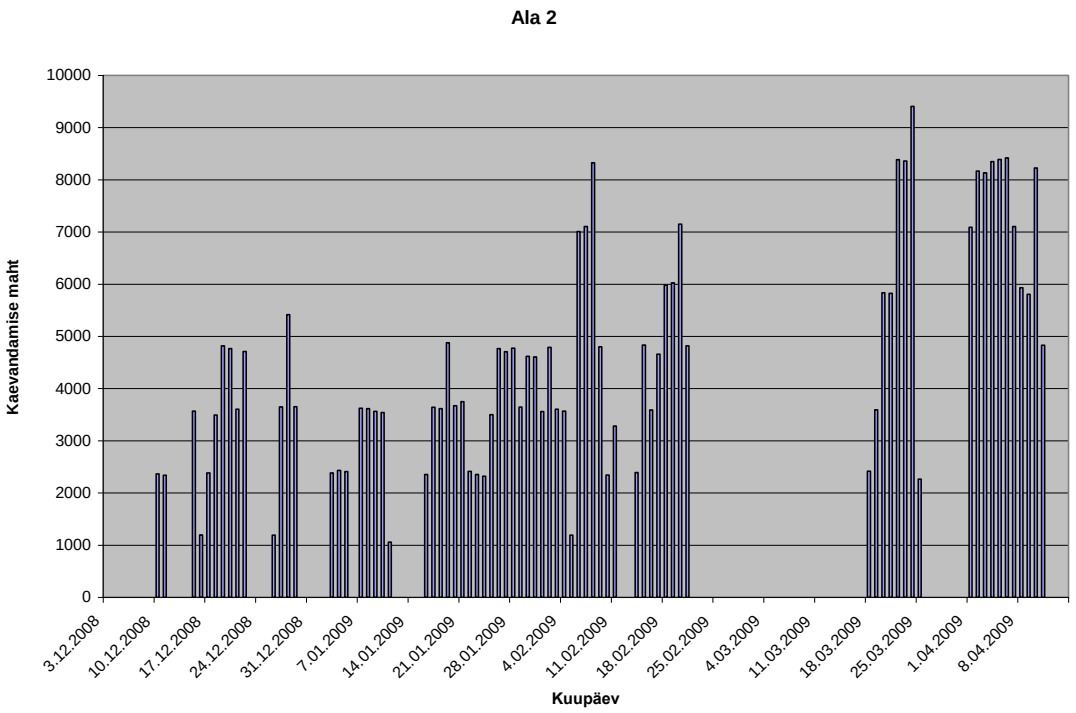
Heljumi leviku modelleerimise perioodiks on 3. detsember 2008 – 14. aprill 2009. Liiva kaevandamisel tekkiva heljumi leviku modelleerimisel lähtuti selle perioodi

kaevandamismahtudest, mis on esitatud joonisel 14-16 erinevata maardlate kohta.

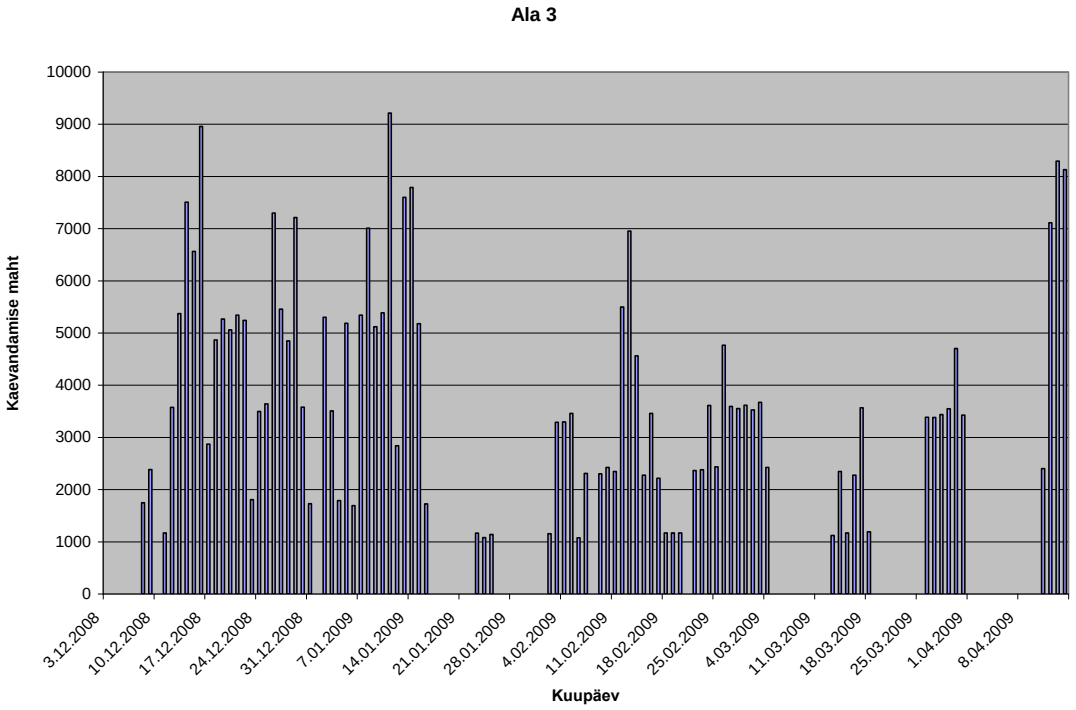
Modelleerimisperioodi jooksul valitsenud tuuletingimused (tuule kiirus ja suund) on esitatud joonisel 15. Tuule kiirus ei ületanud 16 m/s. Üldiselt jäid tuule kiirused vahemikku 2-10 m/s.




Joonis 14. Kaevandamise mahud kaevandamise alal 1.



Joonis 15. Kaevandamise mahud kaevandamise alal 2.




Joonis 16. Kaevandamise mahud kaevandamise alal 3.

Modelleerimise tulemused on esitatud kolmekümne päevase intervalliga: 01.01.2009; 31.01.2009; 02.03.2009 ja süvendustööde lõpus 14.04.2009 joonistel 18 – 21. Joonistel esitatud heljumi jaotus näitab liivakaevandamise mõju suhtelist ulatust. Kuna modelleerimise tulemuste eelanalüüs näitab, et erinevatelt kaevandamise aladelt lähtuv mõju jääb kaevandatava ala lähiümbrusesse on suhteline mõju käsitletud erinevalt kaevandatavalt alalt vette sattunud setete suhtes. Maksimaalne mõju, 100%, oleks sellisel juhul, kui kogu kaevandamisel, ühelt alalt, vette sattunud materjal jääks ühtele 400x400 m suurusele alale.

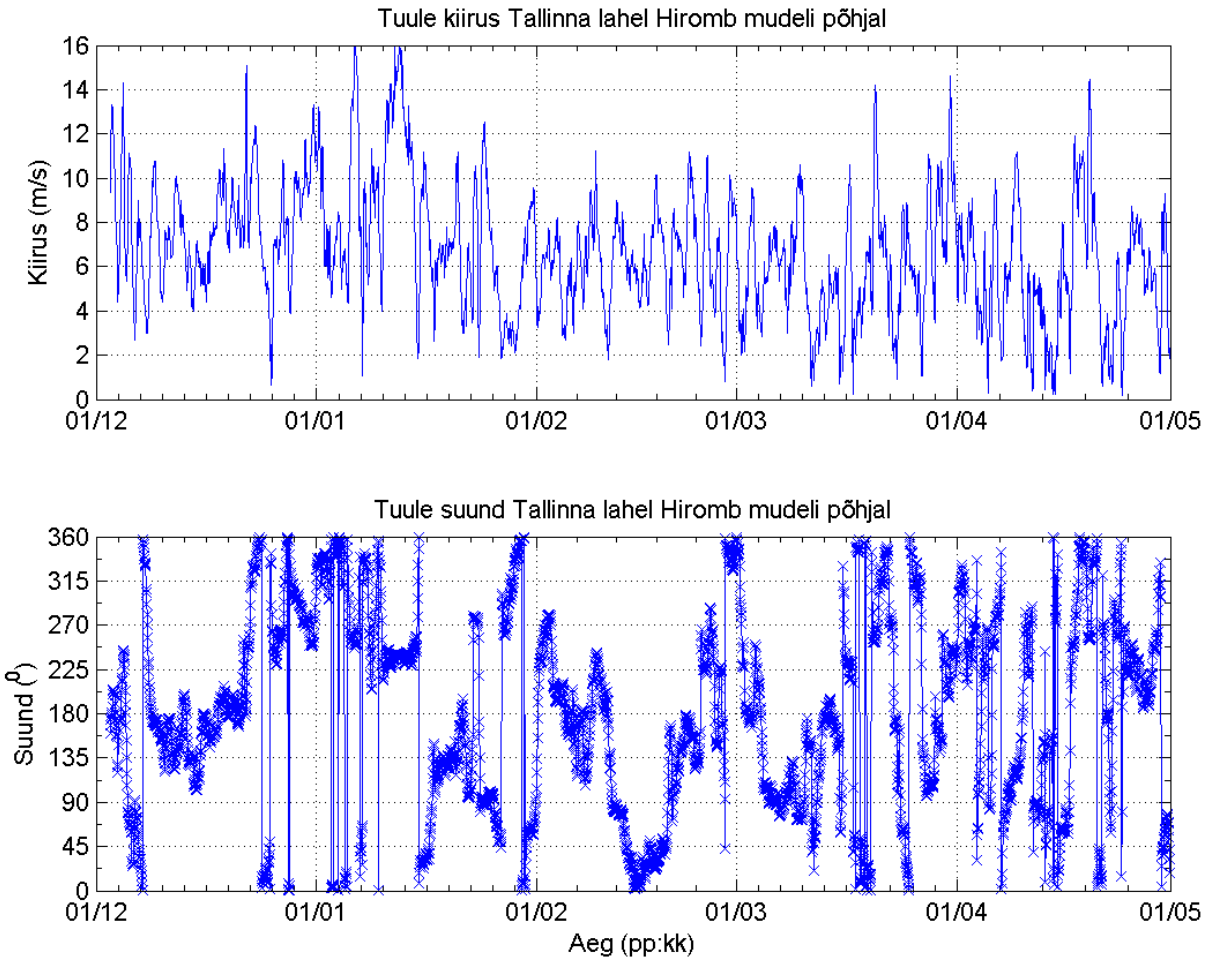
Modelleerimise tulemused ei arvesta loodusliku setete fooni, näidates ainult kaevetöödest põhjustatud heljumi leviku ulatust. Tuleb arvestada, et heljumi jaotuste korral ei ole tegemist veepinnal oleva heljumiga, vaid vee põhjalähedases kihis lühiajaliselt oleva ja põhja settinud liivaga, sest satelliitpildid ja mõõtmistulemused näitasid, et veepinnal võib heljum esineda perioodi, heljumi kontsentratsioon on seal

oluliselt väiksem kui veekihis, ega ületa looduslikku fooni. Samuti pole arvestatud, et vette sattuv materjal võib olla järgmisel päeval või järgmistel päevadel toimuva kaevandamise käigus uuesti kõrvaldatud.

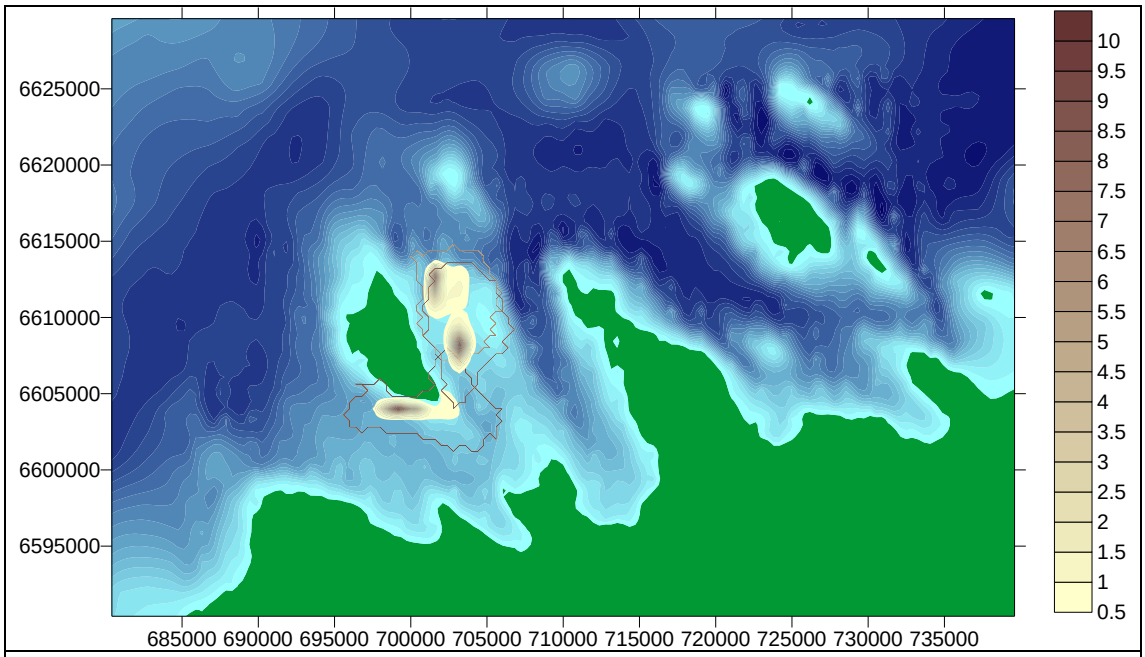
Liiva kaevandamisest on mõjutatud praktiliselt ainult mereala, mis jääb maardlate otsese mõju piirkonda. Loomulikult, mõju üldine areaal ulatub piirkondadesse, mis seob erinevad maardlad. Kuna, kaevandamise esimesel ja teisel kuul domineerivad lõuna-edela-läänetuuled, on rohkem mõjutatud maardlatest idasuunas jääv piirkond. Alates jaanuari lõpust kuni märtsi keskpaigani on keskmised tuuled, mis ei kanna resuspendeeritud setteid maardlatest oluliselt eemale.

Liiva kaevandamisest üleüldse mõjutatud piirkond ulatub idas kuni Tallinnast väljuvale laevateele ning läänes Naissaare ida-, lõuna ja edelarannikule (joonis 22 ja 23). Kaevandamise mõjudest puutumata jäävad kõik Tallinna linna piirkonna lahed. Samas tuleb kindlasti märkida, et väljapoole maardlaid ja neid siduvaid piirkondi satub ainult marginaalne kogus liiva.

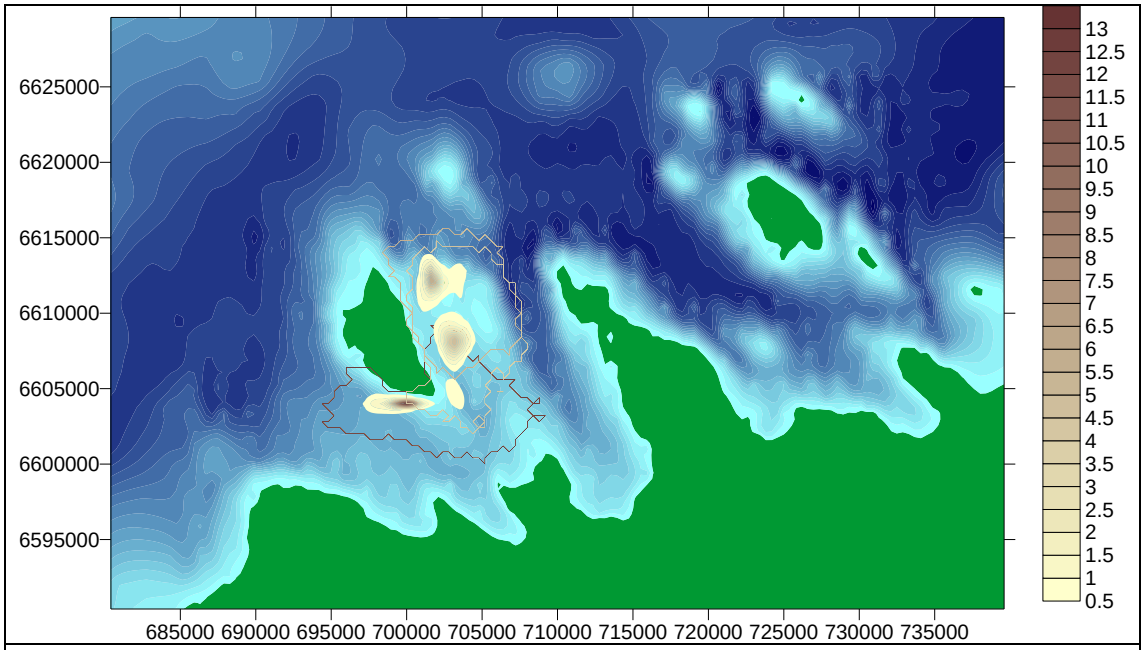
Töös on püüdud hinnata ka kaevandamisest tekkida võivat absoluutset mõju. Selleks on arvutatud, kui suur settekogus võib katta erinevaid piirkondi (joonis 23). Hinnangute andmisel on eeldatud, et vette satub 1% kaevandatavast materjalist ning seda materjali järgneval perioodil ei kaevandata. Tegelikkuses pole teada, kui palju meterjali kaevandamise käigus vette resuspendeeritakse. Seetõttu, isegi kui see kogus on suurem, siis osaliselt see kogus satub kaevandatava materjali hulka järgnevatel kaevandamise päevadel. Suure kindlusega võib öelda, et liiva kaevandamise mõju piirneb kaevandatavate alade ja neid siduvate piirkondadega. Mõju Naissaare rannikule on ebaoluline ja ei ulatu Tallinna lahe lahtedeni ega rannikuni.



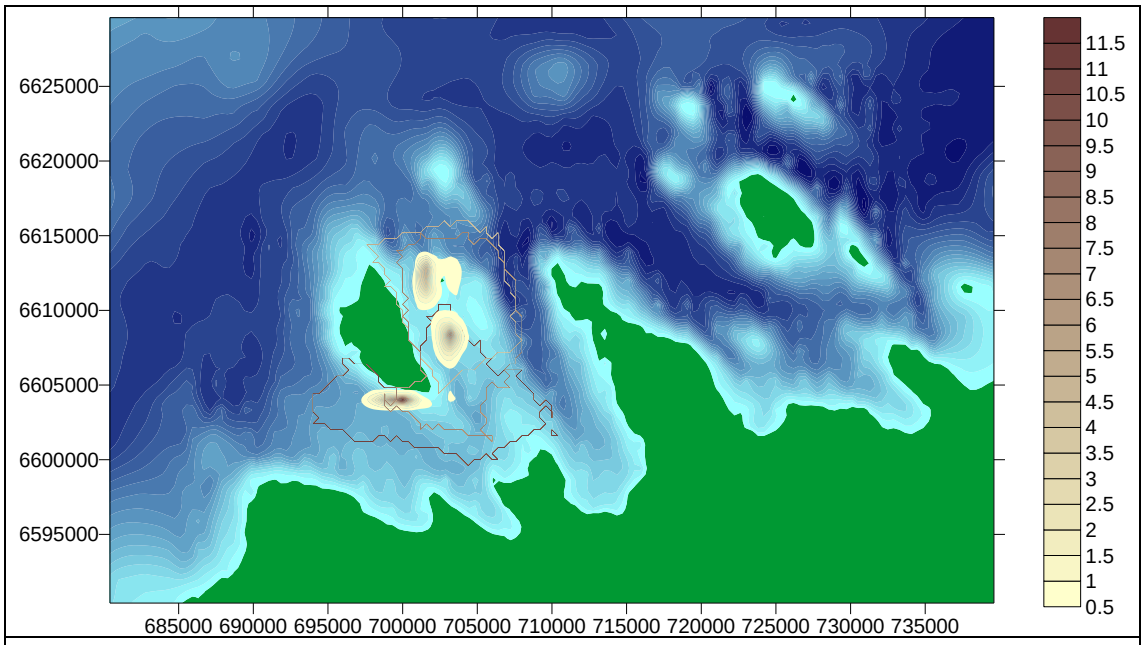

Joonis 17. Tuule kiirused ja suunad 1.detsembrist, 2008 kuni 1. mai, 2009.



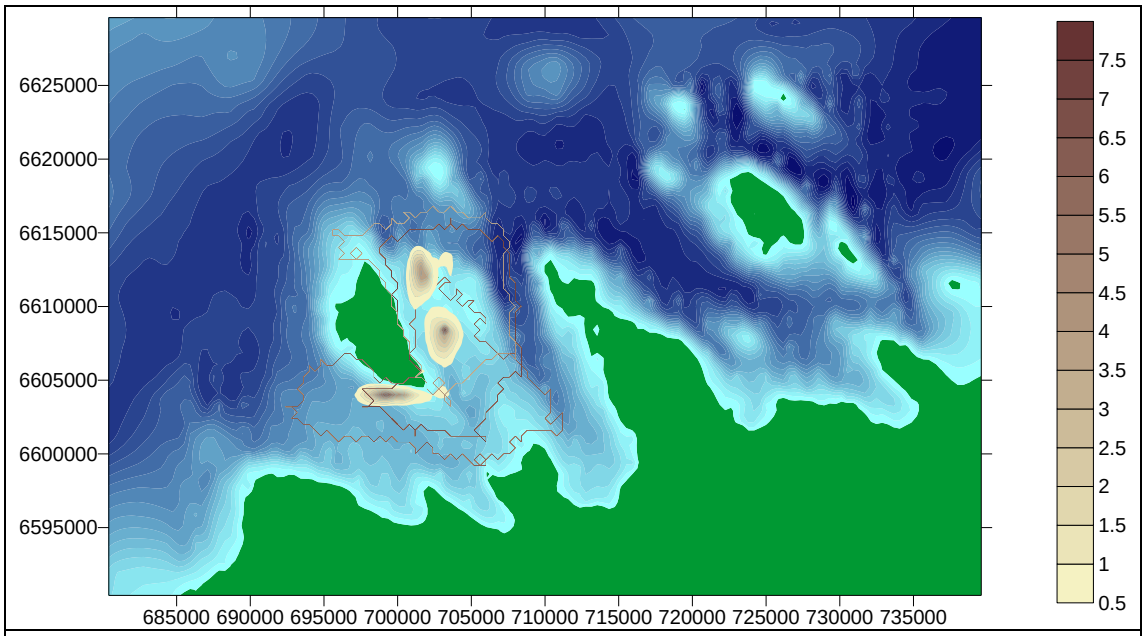

Joonis 18. Naissaare liivamaardla erinevatelt aladelt kaevandatud liiva poolt mõjutatud mereala 01.01.2009. Värviskaala on esitatud protsentides vastavalt kaevandamise alalt selleks päevaks vette sattunud setete suhtes. Esitatud on piirkond, kus settinud materjali kogus on suurem kui 0.5% kogu vette sattunud materjalist.



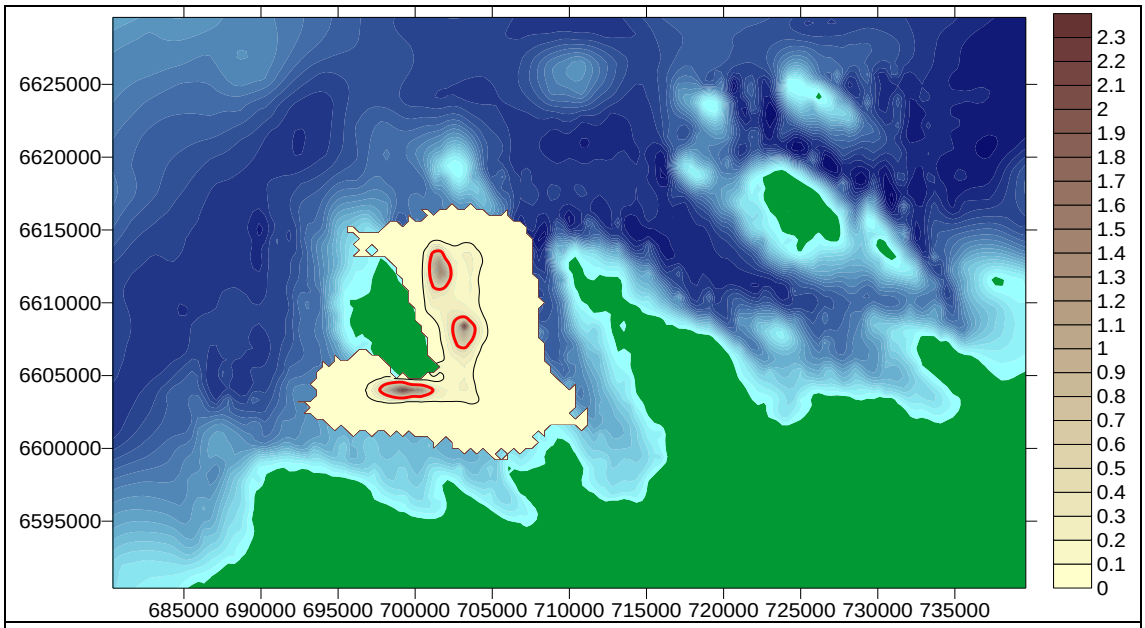

Joonis 19. Naissaare liivamaardla erinevatelt aladelt kaevandatud liiva poolt mõjutatud mereala 31.01.2009. Värviskaala on esitatud protsentides vastavalt kaevandamise alalt selleks päevaks vette sattunud setete suhtes. Esitatud on piirkond, kus settinud materjali kogus on suurem kui 0.5% kogu vette sattunud materjalist.



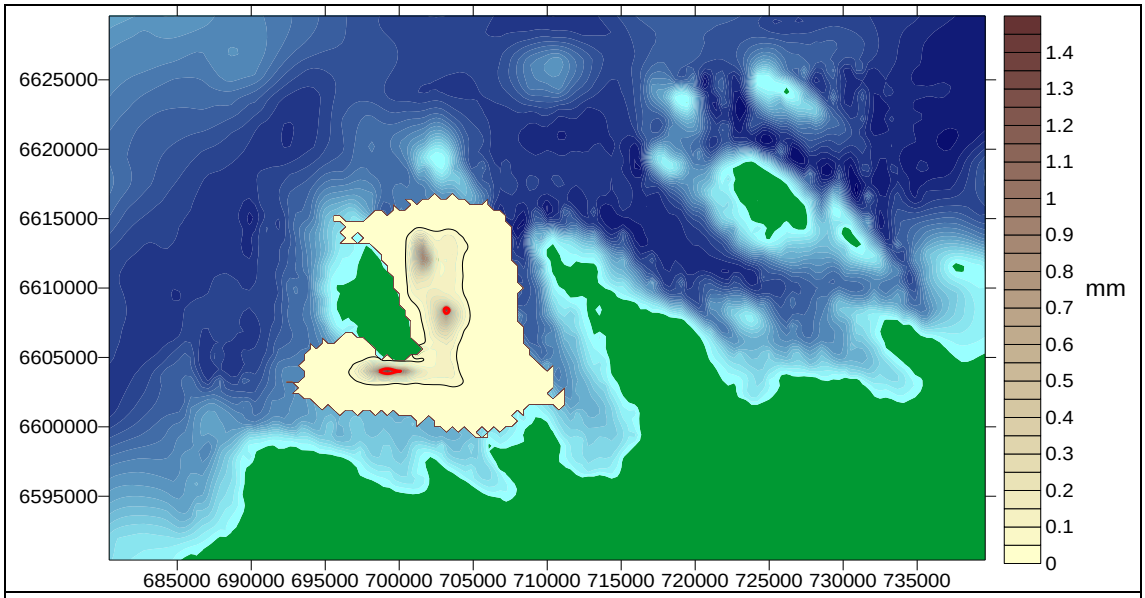

Joonis 20. Naissaare liivamaardla erinevatelt aladelt kaevandatud liiva poolt mõjutatud mereala 02.03.2009. Värviskaala on esitatud protsentides vastavalt kaevandamise alalt selleks päevaks vette sattunud setete suhtes. Esitatud on piirkond, kus settinud materjali kogus on suurem kui 0.5% kogu vette sattunud materjalist




Joonis 21. Naissaare liivamaardla erinevatelt aladelt kaevandatud liiva poolt mõjutatud mereala 14.04.2009. Värviskaala on esitatud protsentides vastavalt kaevandamise alalt selleks päevaks vette sattunud setete suhtes. Esitatud on piirkond, kus settinud materjali kogus on suurem kui 0.5% kogu vette sattunud materjalist




Joonis 22. Naissaare liivamaardla erinevatelt aladelt kaevandatud liiva poolt mõjutatud mereala 14.04.2009. Värviskaala on esitatud protsentides kogu kaevandamise alalt selleks päevaks vette sattunud setete suhtes. Musta joonega on tähistatud piirkond, kus settinud materjali kogus on suurem kui 0.1% kogu vette sattunud materjalist ja punase joonega piirkond, kus settinud materjali kogus on suurem kui 0.5% kogu vette sattunud materjalist

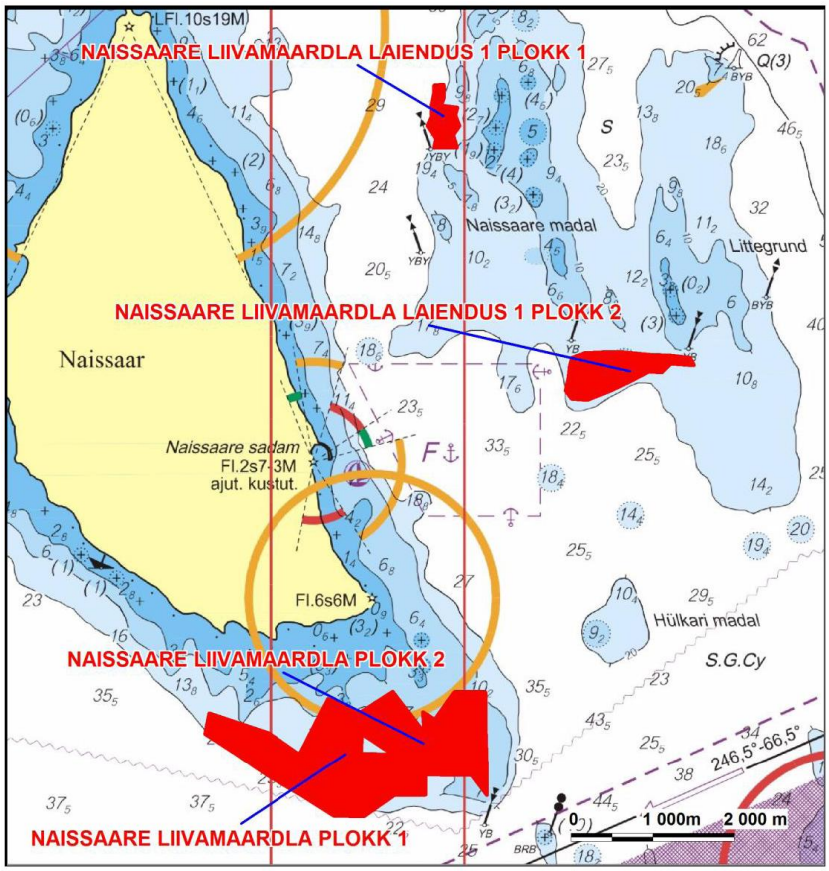



Joonis 23. Naissaare liivamaardla erinevatelt aladelt kaevandatud liiva poolt mõjutatud mereala 14.04.2009. Värviskaala on esitatud millimeetrite, kui paks on settekiht kogu kaevandamise alalt selleks päevaks. Eeldatud on, et vette ssatub 1% kogu kaevandatavast materjalist. Musta joonega on tähistatud piirkond, kus settinud materjali on rohkem kui 0.1 mm ja punase joonega piirkond, kus settinud materjali paksus on suurem kui 1 mm

## 2. Naissaare liivamaardla setete dünaamika

### 2.1. Sissejuhatus

Setete dünaamika seire käigus analüüsiti 2008 ja 2009 aasta sügavusmõõdistamiste andmetele (Ude 2008, 2009) tuginedes setete dünaamikat kolmes piirkonnas: Naissaarest lõunas, Naissaare madalast loodes ja kagus (lisa 1 tabel 1, joonis 24).




Aluskaart Eesti Veeteede amet, 1999. Naissaarest Rammu saareni 1:100 000. Atlas Eesti Merekaardid. 1 osa. Soome laht. Narva-Jõesuust Osmussaareni. Tallinn. lk 9.

Joonis 24. Naissaare liivamaardla ja liivamaardla laiendus 1.

2008 aasta augustis ja septembris teostas merepõhja kõrguste mõõdistamised Naissaare liivamaardla plokk 1 ja 2, laiendus 1 plokk 1 ning 2 piirkonnas OÜ Meremõõdukeskus

(Ude, 2008). Naissaare liivamaardla ploki 1 ja 2 piirkonnas mõõdistati merepõhja kõrgus 137231 punktis ja Naissaare liivamaardla laiendus 1 ploki 1 piirkonnas 17986 punktis ning ploki 2 piirkonnas 22456 punktis. 2009 aasta mais teostas merepõhja kõrguste mõõdistamised Naissaare liivamaardla plokk 1 ja 2, laiendus 1 plokk 1 ja 2 piirkonnas OÜ Meremõõdukeskus (Ude, 2009). 2009 aasta seire käigus valiti iga mäeeraldise piirkonnas kolm seireruutu küljepikkusega 100 m. Seireruutude asukohad valiti selliselt, et need võimaldaksid võrrelda setete dünaamika parameetreid erinevate mäeeraldiste lõikes. Seireruudud paigutati kaevandamisest enam mõjutatud ja vähem mõjutatud aladele. Seireruutude mõõtmed valiti lähtudes mäeeraldiste pindalast ja mõõdistusvõrgu tihedusest. Sügavusmõõdistamise andmemassiivist eraldati seireruutudesse jäävad andmed. Analüüsi käigus koostati seireruutude samakõrgusjoonte kaardid 2008 ja 2009 aasta kohta. Seireruutudes toimunud samakõrgusjoonte muutuste põhjal kirjeldati merepõhja reljeefi dünaamikat. Kasutades Golden Software tarkvarapaketti Surfer 8 määrati seireruutudes setete ärakande alade ja settimispiirkondade pindalad ning arvutati ära kantud ning kuhjunud setete maht. Keskmine ärakantud setete kiht on väljendatud ärakantud setete mahu ja ärakande piirkonna pindala suhtarvuna. Keskmine settinud setete kiht on väljendatud settinud setete mahu ja settimispiirkonna pindala suhtarvuna. Andmete töötluseks kasutati tarkvara Mapinfo Professional versiooni 7.5. Golden Software tarkvarapaketi Surfer 8 abil koostati merepõhja samakõrgusjoonte kaardid ja reljeefi mudelid. Sügavusmõõdistamiste andmete töötlus ja reljeefide modelleerimine teostati koostöös osaühinguga Altakon. Käesolevas aruandes on kõik koordinaadid ja kaardid antud Eesti riiklikus geodeetilises süsteemis, mis on kehtestatud Keskkonnaministri 30 juuni 2008 määrusega nr 26 (RTL, 10.07.2008, 57, 789). Nimetatud määruse §6 alusel on Eesti kõrgussüsteemiks Balti 1977 aasta kõrgussüsteem.

## 2.2. Naissaare liivamaardla plokk 1 ja 2 piirkond

Naissaare liivamaardla plokid 1 ja 2 asuvad Naissaarest kagus -6 m ja -40 m samakõrgusjoonte vahemikus (joonis 24). Merepõhi sügavneb siin valdavalt edelasuunas. Ala edelaosas sügavneb meri kagusuunas ning kirde ja kaguosas lõunasuunas. Ala edelaosas on veesügavus kõige suurem. Ala põhjaosas, kõrgemal kui -16 meetrit,

eristuvad reljeefis põhja-lõunasuunalised veealused neemikud. Need moodustavad tõenäoliselt jätku Naissaare lõunaosa rannanõlvale. Ala kaguosas sügavneb reljeef suhteliselt järsult -10 meetrilt -20 meetrini.

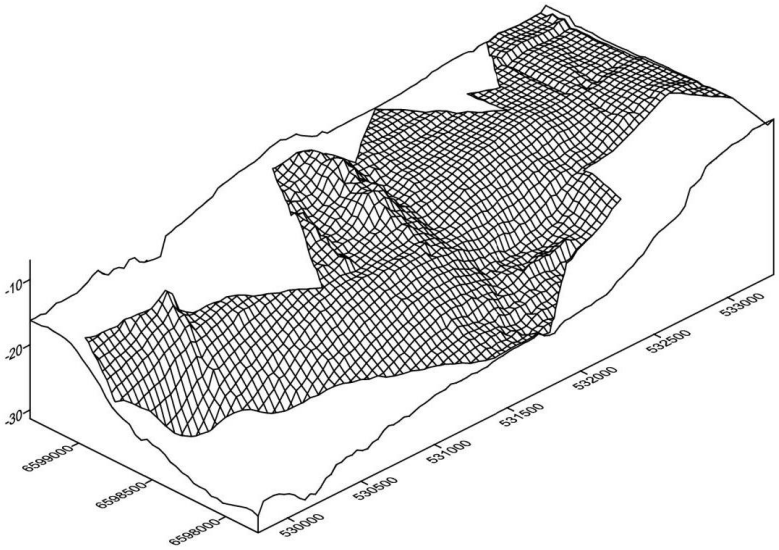
2008 aasta seire tulemused

2008 aastal võrreldi 2008 aasta mõõdistustulemusi 2003 aasta merepõhja kõrguste mõõdistamistulemustega Naissaare liivamaardla plokkide 1 ja 2 piirkonnas pindalal 4290000 $m^2$. Setete liikumine oli piirkonnas suhteliselt aktiivne. 4,5 aasta jooksul oli vaadeldavalt alalt keskmine ära kantud setete kiht 0,49 m ja keskmine settinud kiht 0,58 m. Seega aasta kohta oli keskmiselt ära kantud setete kiht 0,11 m ja keskmiselt juurde kantud setete kiht 0,13 m. 2003-2004 aasta kaevandamisele eelnenud perioodil valdas vaadeldavas piirkonnas setete kuhjumine.

2009 aasta seire tulemused

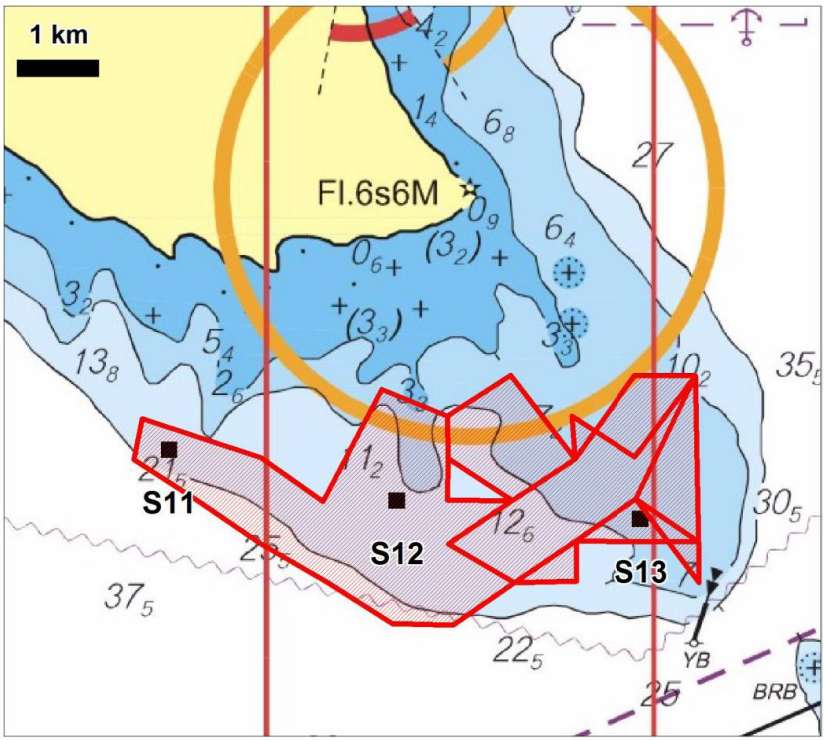
Naissaare liivamaardla plokk 1 ja 2 piirkonnas on 2008 aasta septembriga võrreldes reljeef enam muutunud mäeeraldise ida ja kaguosas (joonis 25 - 26).

Joonis 25. Merepõhja reljeef septembris 2008.



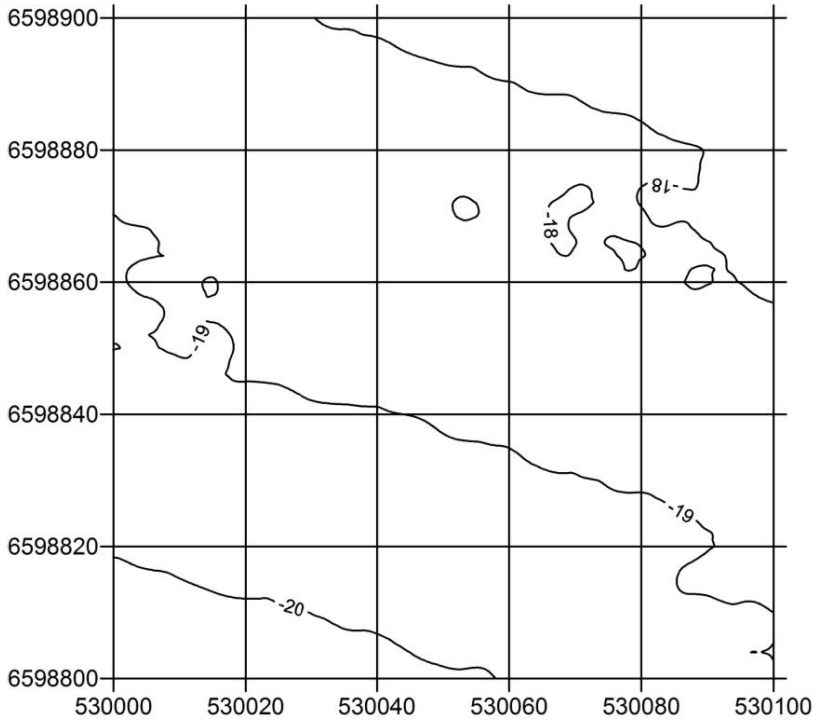

Joonis 26. Merepõhja reljeef mais 2009.

Naissaare liivamaardla ploki 1 ja 2 piires eraldati välja kolm seireruutu (lisa 1 tabel 2, joonis 27).



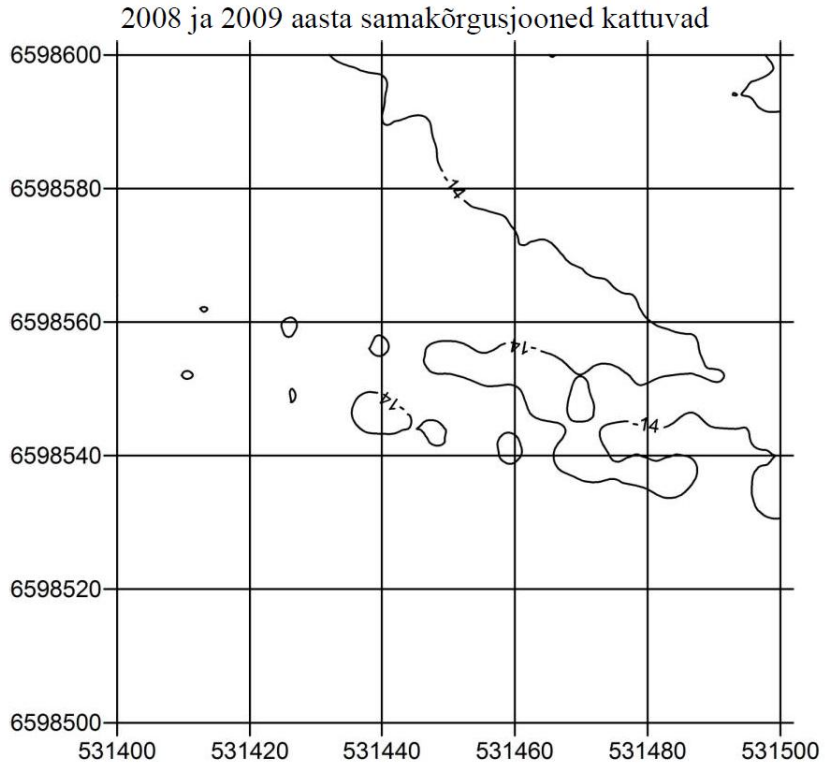

Joonis 27. Seireruutude S11, S12 ja S13 asukohad.

Seireruutude küljepikkus on 100 m ja pindala on 10 000 m2. Seireruut S11 asub Naissaare liivamaardla plokk 1 lääneosas (joonis 27). Kaevandamise mõju seireruudus S11 ei väljendu selgesti. Merepõhja reljeefis olulisi muutusi ei täheldatud (joonis 28).




Joonis 28. Merepõhja samakõrgused seireruudus S11.

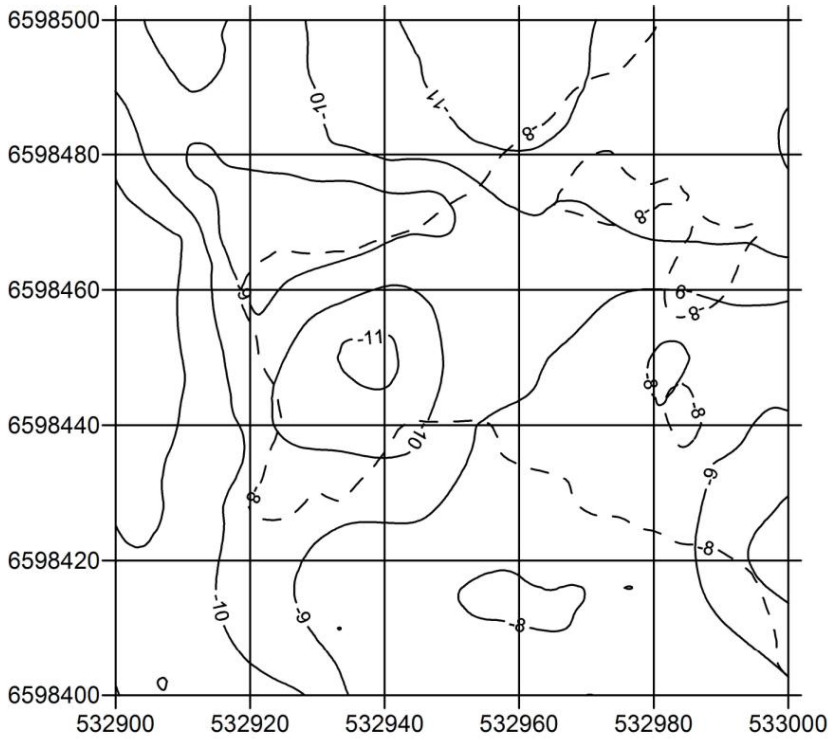
Seda näitab väike ära kantud ja juurde kantud setete maht (lisa 1 tabel 2). Setete ärakandeala moodustab 52% ja settimisala 48% seireruudu pindalast. Settinud ja ära kantud setete maht seireruudus S11 oli vaadeldaval perioodil tasakaalus. Seireruut S12 asub Naissaare liivamaardla ploki 1 keskosas (joonis 27). Sarnaselt seireruudu S11-ga ka seireruudus S12 ei väljendu kaevandamise mõju (joonis 29).




Joonis 29. Merepõhja samakürgusjooned seireruudus S12.

Seireruudust S12 on vaadeldaval perioodil ära kantud setete maht ligikaudu 100 m3 ja settinud on 250 m3 setteid - seireruudus S12 valdab settimine, kusjuures keskmine settinud kiht on 5 cm ja ära kantud kiht 2 cm (lisa 1, tabel 2).

Seireruut S13 asub kaevandamisest tugevasti mõjustatud ploki 1 ja 2 idaosas (joonis 27). Siit on aastaga pindalalt 9217 ruutmeetrilt ära kantud 15434 kuupmeetrit setteid (lisa 1 tabel 2, joonis 30). Seireruudus S13 oli vaadeldaval perioodil ülekaalus setete ärakanne. Ärakantud setete kiht oli 1,7 m ja settinud kihi paksus 10 cm.




Joonis 30. Merepõhja samakõrgusjooned seireruudus S13 (2008 – kriipsjoon, 2009 – pidevjoon).

2.3. Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 1

Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 1 paikneb Naissaare madala loodenõlval (joonis 24). Vaadeldavas piirkonnas on merepõhja kõrgused -35.5 m kuni -9.8 meetrini. Siinses piirkonnas sügavneb meri lääne- ja loodesuunas.

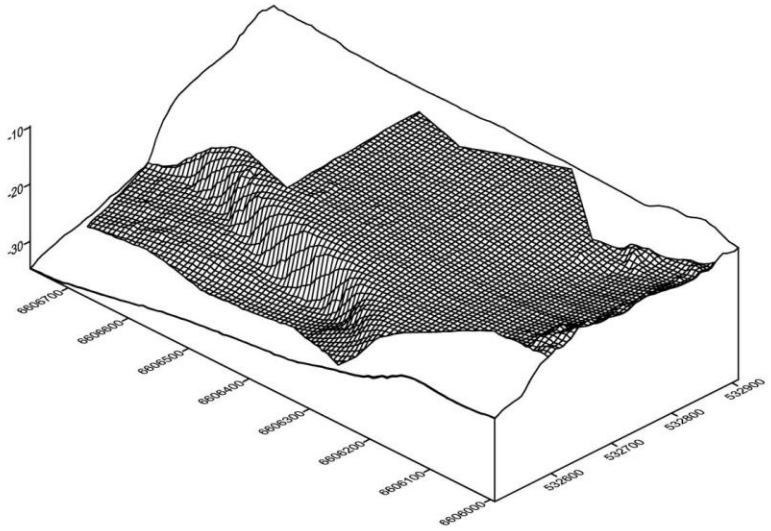
2008 aasta seire tulemused

Töö käigus võrreldi 2004 aasta juuni ja 2008 aasta septembri mõõdistustulemuste põhjal koostatud merepõhja reljeefe. 2004 aasta juunis oli siinne reljeef väga lauge. Kõige järsemas piirkonnas tõuseb reljeef 120 meetri jooksul -27 m kuni -17 meetrini. 2008 aasta septembris teostatud mõõdistamiste ajaks oli vaadeldava ala loodeosas moodustunud järsem nõlv, kus reljeef tõuseb 25 m laiusel alal -27 m kuni -17 m kõrguseni ehk 10 meetrit (1 meeter iga 2.5 meetri kohta). Vaadeldavast piirkonnast 4 kuu jooksul ära

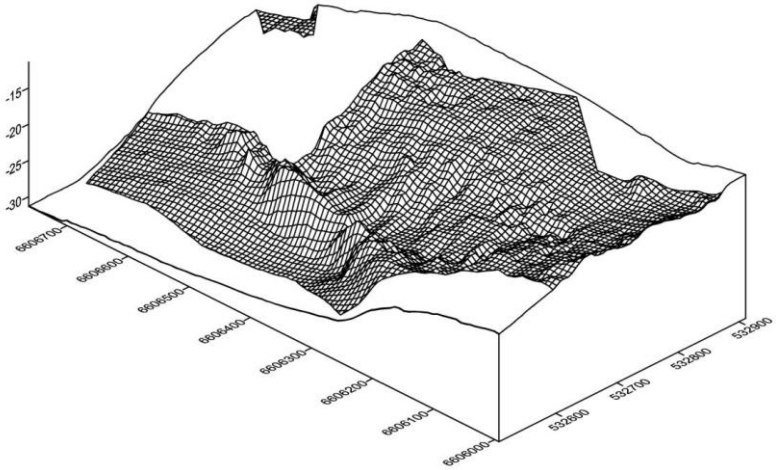
kantud arvutuslik setete maht oli 219971 m3 ja settinud setete maht on 178784 m3 (Kask 2008). Liiva defitsiit oli vaadeldud perioodil 41175 m3. Keskmine ära kantud setete kiht oli 1,5 m ja settinud liiva kiht 1 m. Vaadeldavas piirkonnas valdas setete defitsiit. Suuremad setete liikumised olid toimunud vaadeldava ala lõuna ja keskosas.

2009 aasta seire tulemused

Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 1 piirkonnas (joonis 24) oli 2008 aasta septembriga võrreldes reljeef enam muutunud mäeeraldise keskosas (joonis 31 - 32).

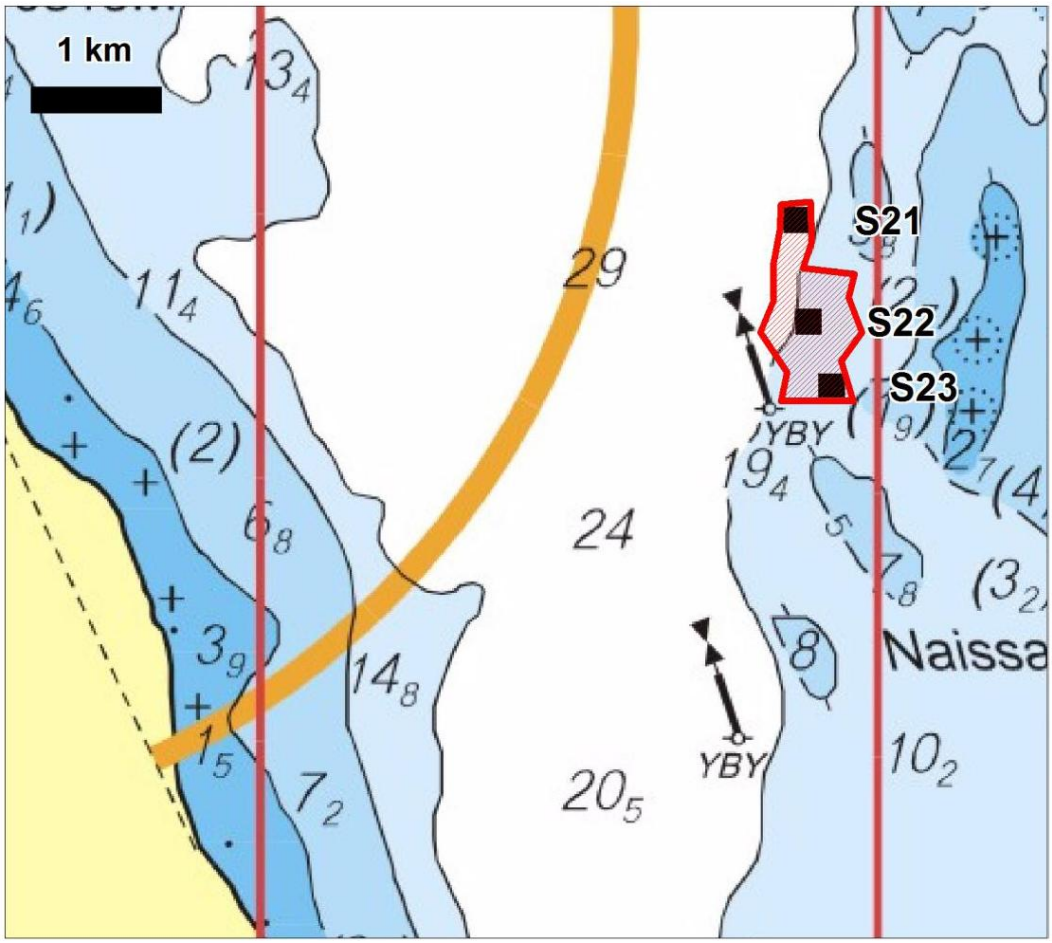



Joonis 31. Merepõhja reljeef aastal 2008.



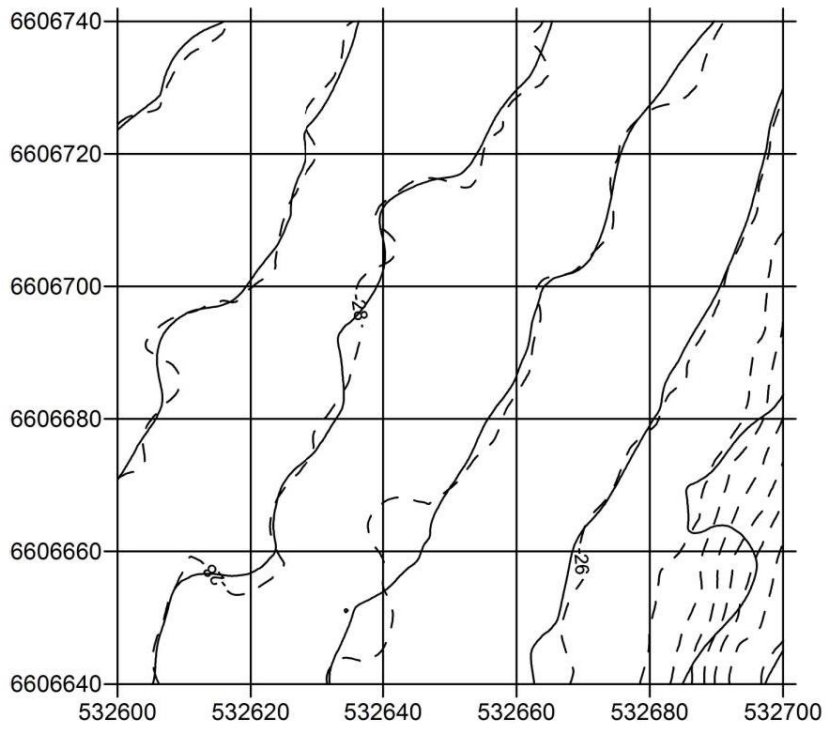

Joonis 32. Merepõhja reljeef aastal 2009.

Naissaare liivamaardla laiendus 1 ploki 1 piires eraldati välja kolm seireruutu (joonis 33). Seireruutude küljepikkus on 100 m ja pindala on 10000 m2. Seireruut S21 asub Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 1 põhjaosas.




Joonis 33. Seireruutude S22, S23 ja S24 asukohad.

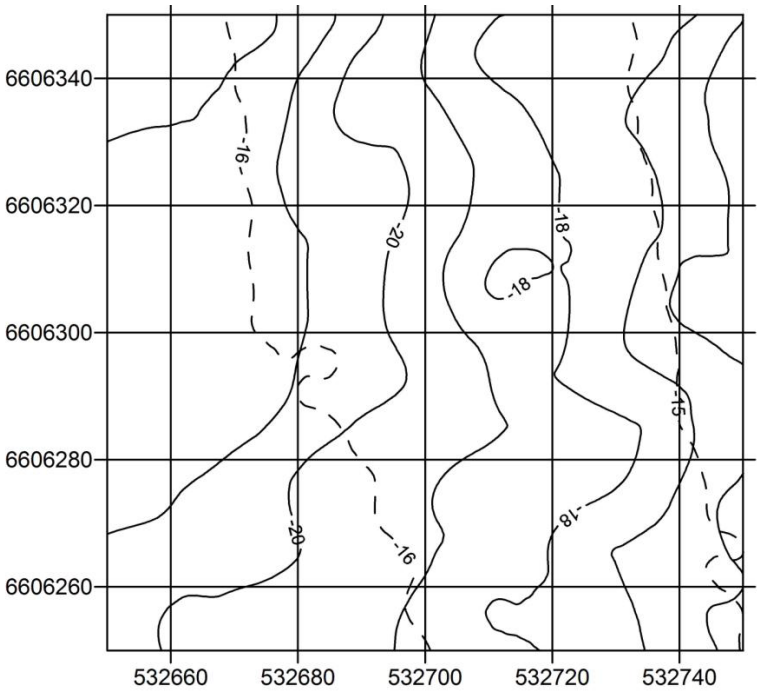
Vaadeldud perioodil oli selles piirkonnas valdav setete ärakanne. Ärakantud setete maht oli 1727 m3 pindalal 3647 m2 (lisa 1 tabel 3, joonis 34).




Joonis 34. Merepõhja samakõrgusjooned seireruudus S21 (2008 – kriipsjoon, 2009 – pidevjoon).

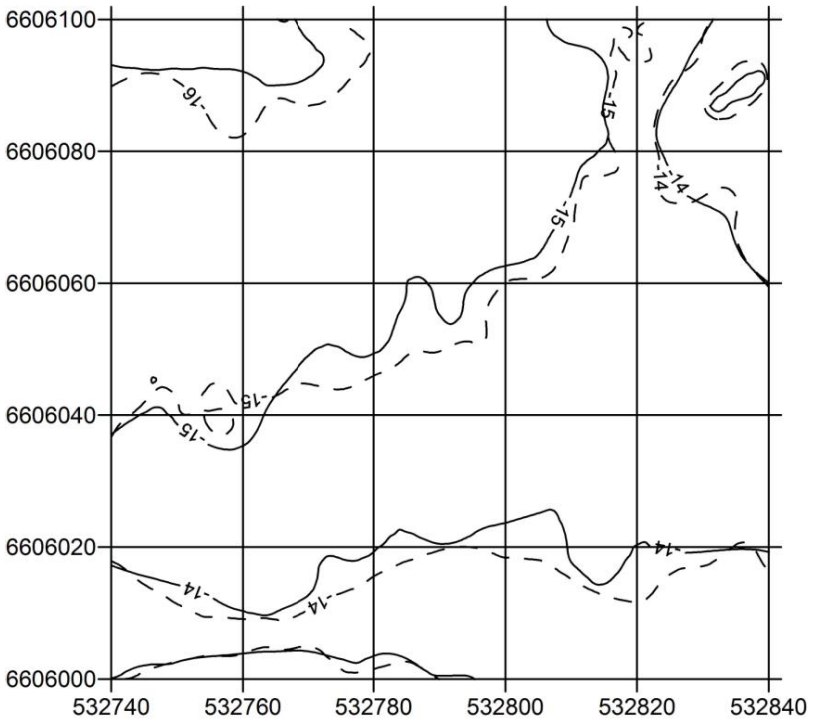
Seireruudus S21 oli setete ärakandealade pindala väiksem settimisalade pindalast. Samas oli settinud kiht (8 cm) väiksem kui ärakantud setete kiht (47 cm). See oli tõenäoliselt seotud nii kaevandamise mõju kui ka selles piirkonnas paiknevate setete üldise defitsiidiga. Seetõttu ei ole selles piirkonnast ära kantud setete kogus tasakaalustunud juurde kantava settematerjali kogusega.

Seireruut S22 paikneb Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 1 keskosas (joonis 33). Seireruudust on vaadeldaval perioodil ära kantud 34820 $m^3$ setteid. Keskmine ära kantud setete kihi paksus on 3,5 meetrit, milline valdav ärakanne on tõenäoliselt seotud kaevandamisega (lisa 1 tabel 3, joonis 35).




Joonis 35. Merepõhja samakõrgusjooned seireruudus S22 (2008 – kriipsjoon, 2009 – pidevjoon).

Seireruut S23 paikneb Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 1 lõuna osas (joonis 33). Vaadeldaval perioodil valdas 15% seireruudu pindalast ärakanne ja 85% seireruudu pindalast settimine (lisa 1 tabel 3, joonis 36).

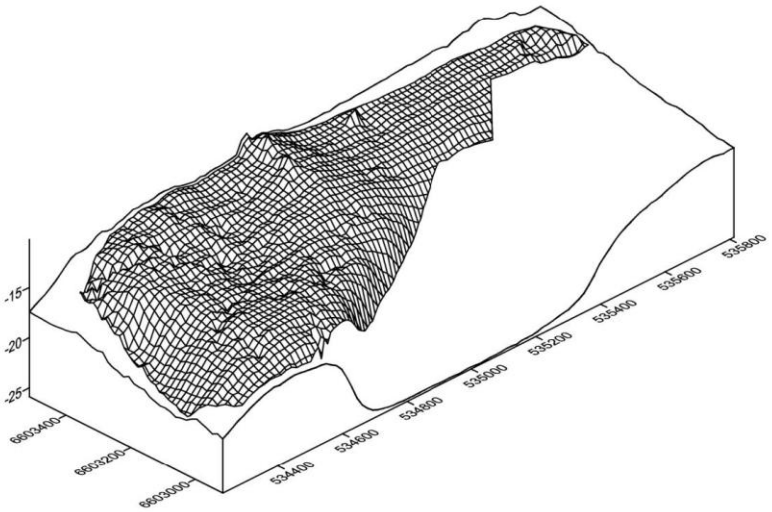



Joonis 36. Merepõhja samakõrgusjooned seireruudus S23 (2008 – kriipsjoon, 2009 – pidevjoon).

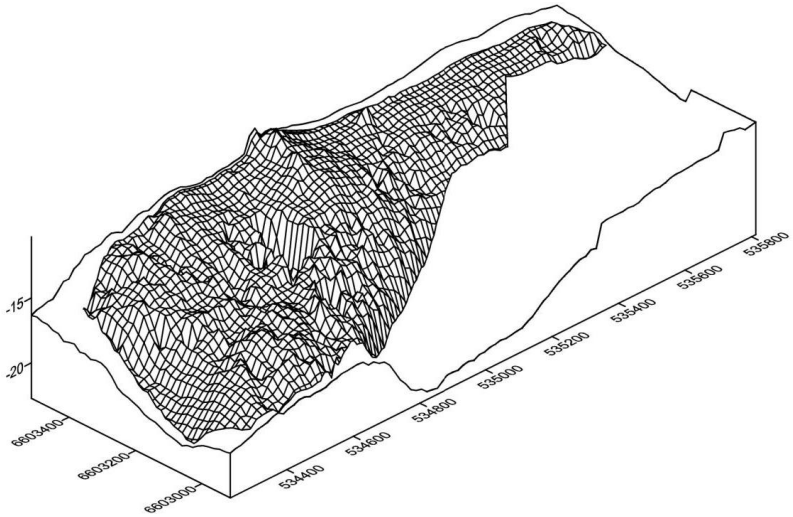
Ära kantud setete maht oli 114 $m^3$ ja settinud materjali maht 1054 $m^3$. Keskmine ära kantud setete paksus oli 8 cm ja settinud materjali paksus 12 cm.

2.4. Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 2

Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 2 paikneb Naissaare madalast kagus (joonis 24). Vaadeldavas piirkonnas on merepõhja kõrgused -26 kuni -10,5 meetrini. Vaadeldava ala kogupindala on 1137853.66 $m^2$. Siinne reljeef moodustab Naissaare madala lauge lõunanõlva pikenduse. Sügavused suurenevad ala lääneosas lääne suunas ja ala kesk ja idaosas lõunasuunas (joonis 37 - 38).




Joonis 37. Merepõhja reljeef septembris 2008.



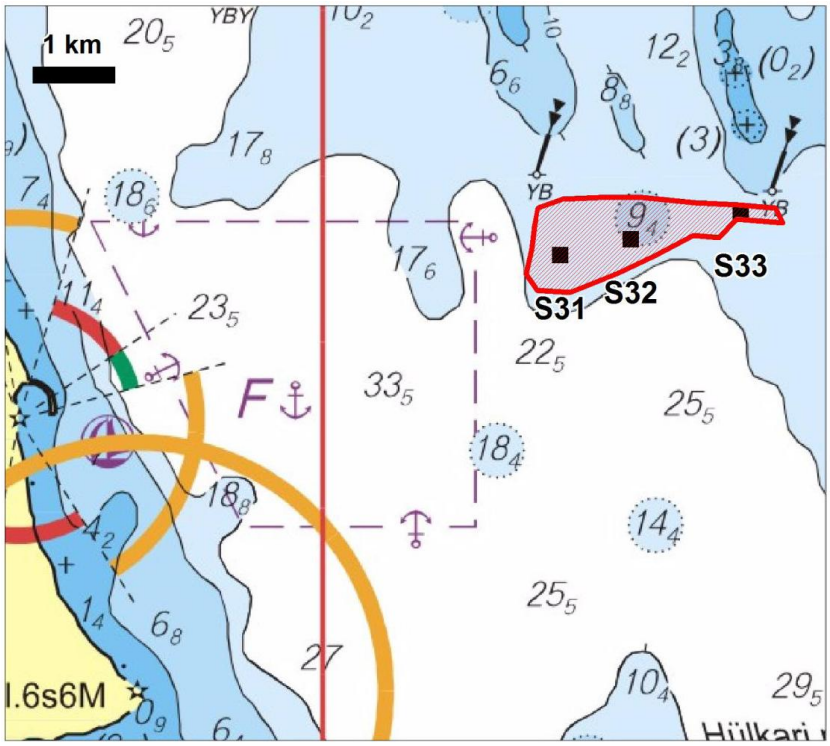

Joonis 38. Merepõhja reljeef mais 2009.

2008 aasta seire tulemused

Töö käigus võrreldi 2004 aasta juuni ja 2008 aasta septembri mõõdistustulemuste põhjal koostatud merepõhja reljeefe. Vaadeldavast piirkonnast oli 4 kuu jooksul ära kantud setete maht 265309 $m^3$ ja settinud setete maht on 257487 $m^3$. Setete defitsiit oli vastavalt 7817 $m^3$. Vaadeldavas piirkonnas valdas setete defitsiit.

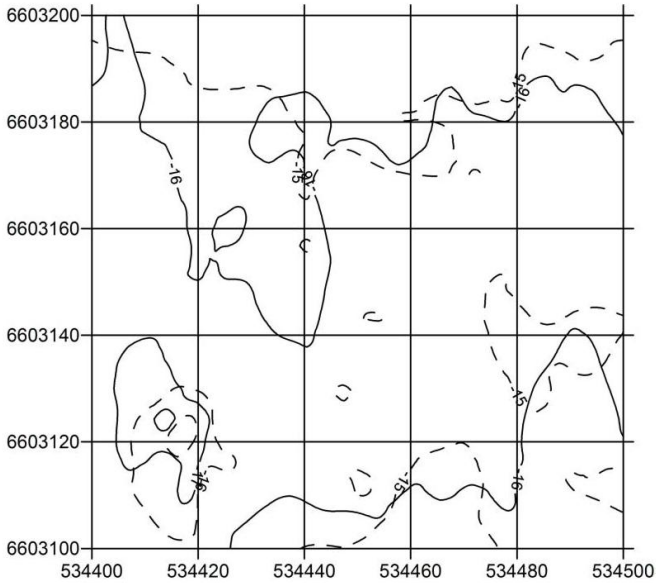
2009 aasta seire tulemused

Seireruut S31 asub Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 2 lääneosas (joonis 39).



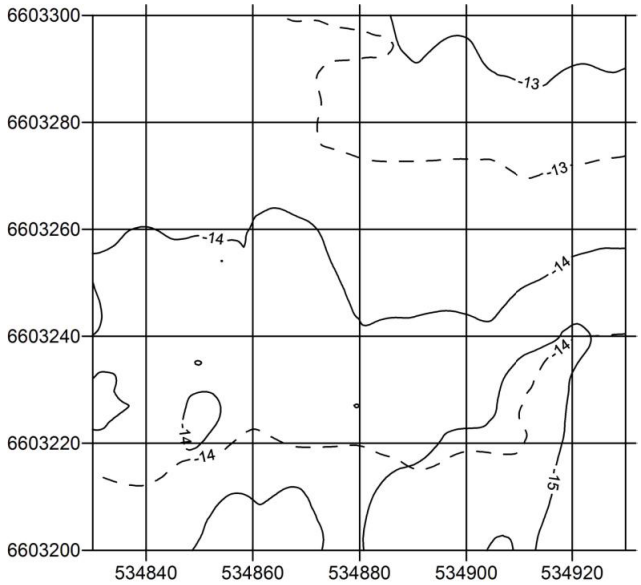

Joonis 39. Seireruutude S31, S32 ja S33 asukohad

Vaadeldaval perioodil oli kogu seireruudus S31 toimunud setete ärakanne, mille suuruseks oli 9304 $m^3$ (lisa 1 tabel 4, joonis 40).




Joonis 40. Merepõhja samakõrgusjooned seireruudus S31 (2008 – kriipsjoon, 2009 – pidevjoon).

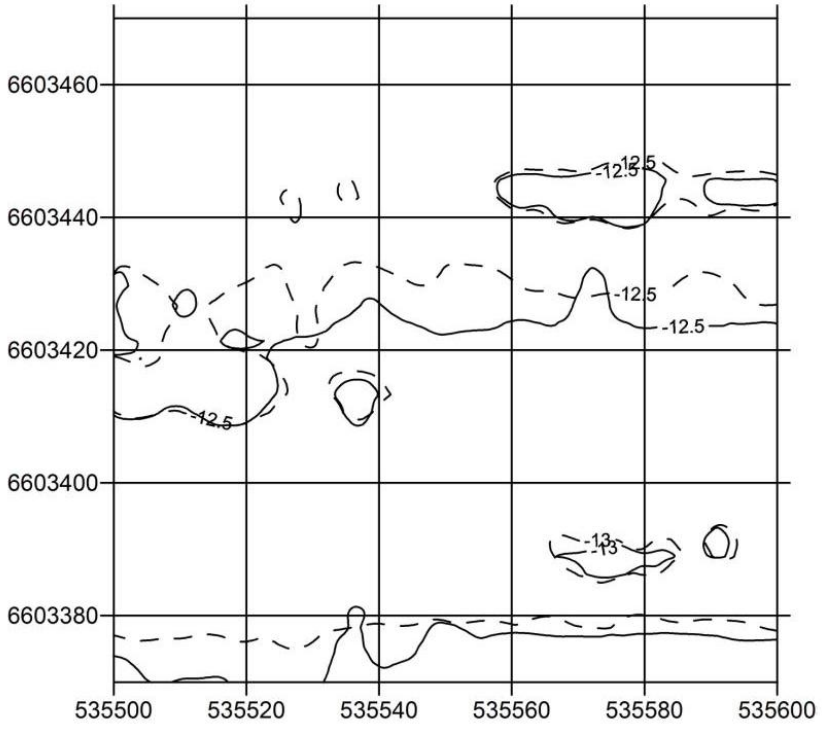
Keskmine ärakantud setete kiht oli ligikaudu 1 m. Tõenäoliselt on tegemist kaevandamisest mõjutatud seireruuduga. Seireruut S32 paikneb Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 2 keskosas (joonis 39). Vaadeldaval perioodil oli seireruudus S32 valdav setete ärakanne (joonis 41).




Joonis 41. Merepõhja samakõrgusjooned seireruudus S32 (2008 – kriipsjoon, 2009 – pidevjoon).

Ärakande ala pindala oli 9584 m2 ja settimisala pindala 435 m2 (lisa 1 tabel 4). Ära kantud settematerjali maht oli 4754 m3 ja keskmine ära kantud sette kiht oli 0,50 m. Settinud kihi paksus oli suhteliselt väike (9 cm). Seireruudus S32 on setete dünaamikat mõjutanud kaevandamine.

Seireruut S33 paikneb Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 2 idaosas (joonis 39). Vaadeldaval perioodil oli seireruudus S33 ülekaalus settimine. Seireruudust 85% moodustas settimispiirkond (lisa 1 tabel 4, joonis 42).




Joonis 42. Merepõhja samakõrgusjooned seireruudus S33 (2008 – kriipsjoon, 2009 – pidevjoon).

Kuhjunud setete maht (579 $m^3$) ja keskmine kihi paksus (7 cm) olid suhteliselt väiksed. Seireruudus S33 olid mõõdistamiste vahelisel perioodil jälgitud muutused suhteliselt tagasihoidlikud.

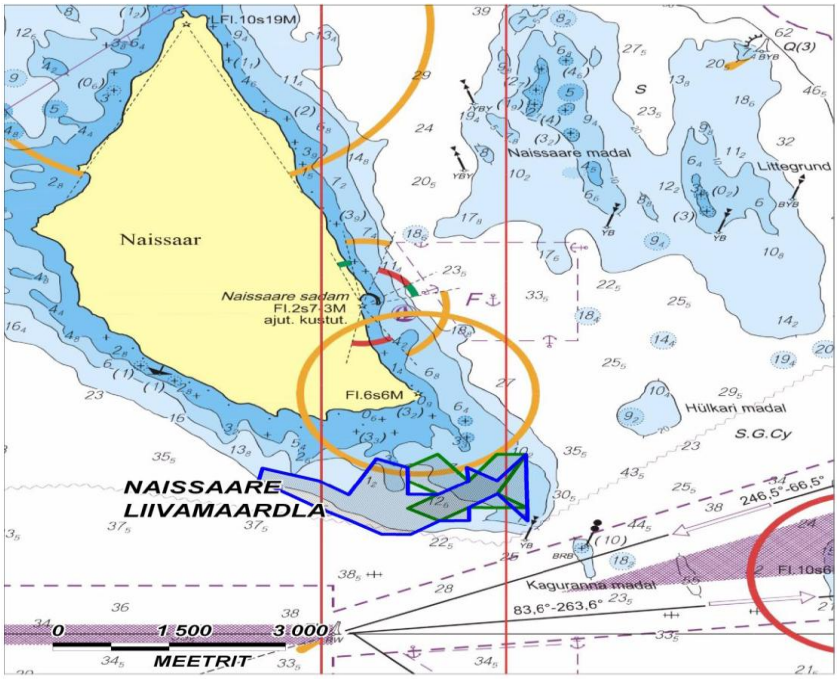
Kirjandus


1. Kask, J. (vastutav täitja). 2004. Naissaare liivamaardla kaevandamise aegne keskkonna seire. TTÜ Meresüsteemide Instituut. Tallinn.
2. Kask, J., Kask, A. 2003. Naissaarest lõunas asuva liivalasundi geoloogiline uuring. Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituut. 18 lk, 4 fotot, 12 tekstilisa, ja 10 graafilist lisa. Tallinn, 2003. (TTÜ Meresüsteemide Instituut, AS Tallinna Sadam) raames.
3. Kask, J., Kask, A. 2004. Naissaare ja Littegrundi madala geoloogiline uuring. Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituut. 28 lk, 2 fotot, 12 tekstilisa, ja 11 graafilist lisa. Tallinn, 2004. (TTÜ Meresüsteemide Instituut, AS Tallinna Sadam).
4. Kask, J., Kask, A. 2008. Naissaare liivamaardla setete dünaamika. Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituut.
5. Ude, P. 2008. Naissaare liivamaardlad 2008. a. hüdrograafilised mõõdistustööd. Tallinna laht, Naissaare madal. Tellija Rhode Nielsen A/S. OÜ Meremõõdukeskus. Töö nr M8022. Koostatud 2008-10-20.
6. Ude, P. 2009. Naissaare liivamaardlad 2009. a. hüdrograafilised mõõdistustööd. Tallinna laht, Naissaare madal. OÜ Meremõõdukeskus. Töö nr M9009.

## 3. Rannaprotsessid

### 3.1. Sissejuhatus

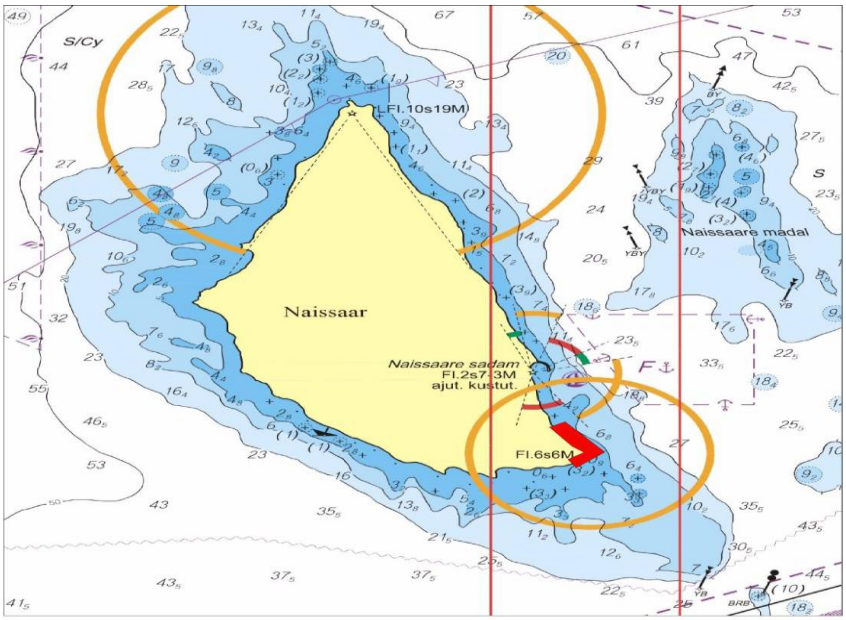
Naissaare liivamaardla keskkonnaseire teostamise soovitus on pärit Naissaare liivamaardlast kaevandamise keskkonnamõju hindamise aruandest (Kask, Järvik jt. 2003). Naissaare liivamaardlast kaevandamise keskkonnaseire planeeriti kolmes osas: kaevandamiseelne, kaevandamisaegne ja kaevandamisjärgne seire. Käesolev uuring on teostatud kaevandamise järgse keskkonnaseirena. Naissaare liivamaardla asub Naissaarest lõunas 6 kuni 30 meetri sügavusel (Kask jt. 2003) ligikaudu 218 hektaril (joonis 43).




Aluskaart Eesti Veeteede amet, 1999. Naissaarest Rammu saareni 1:100 000. Atlas Eesti Merekaardid. 1 osa. Soome laht. Narva-Jõesuust Osmussaareni. Tallinn. lk 9.

Joonis 43. Naissaare liivamaardla asukoht.

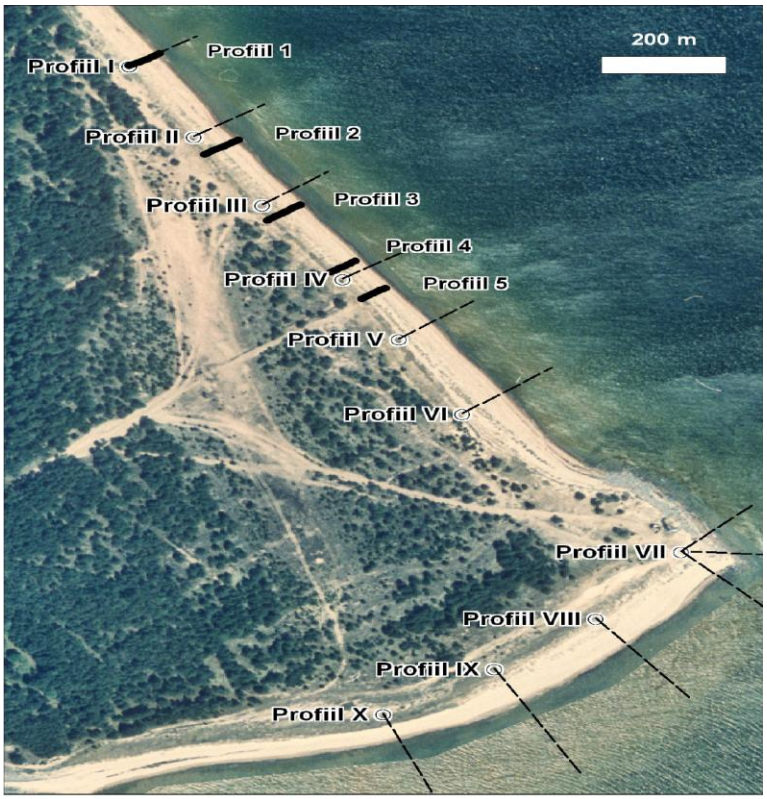
Naissaare rannaprotsesside seireala asub Naissaare kagutipu piirkonnas ning sellest põhjas ja edelas (joonis 44).




Aluskaart Eesti Veeteede amet, 1999. Naissaarest Rammu saareni 1:100 000. Atlas Eesti Merekaardid. 1 osa. Soome laht. Narva-Jõesuust Osmussaareni. Tallinn. lk 9.

Joonis 44. Rannaprotsesside seireala asukoht.

Naissaare liivamaardla kaevandamise keskkonnaseiret on teostatud alates 2003 aastast (Kask jt. 2003a; Kask jt. 2004a; Kask jt. 2004b; Kask jt. 2005a; Kask jt. 2005b; Kask jt. 2006). Seire perioodidel on rannaprotsesside jälgimiseks mõõdistatud rannaprofiilid (joonis 45) ja seireala maapinna kõrgused. 2003 ja 2004 aastal kasutati rannaprofiilide mõõdistamiseks reduktsioontahhümeetrit „VEB Carl Zeiss JENA DAHLTA 010B". 2005 ja 2006 aastal teostati mõõdistamised GPS seadmega „Trimble 4600LS" ja elektrontahhümeetriga „Nikon DTM-332". 2009 aastal kasutati mõõdistamiseks süsteemi „Trimble R8 GNSS". 2006 aasta keskkonnaseire aruandes (Kask jt. 2006) on antud soovitus seire jätkamiseks kui vaadeldavast maardlast jätkatakse kaevandamist. Seirealal soovitati teostada mõõtmisi kolmel järgneval aastal pärast kaevandamise lõppu. Seire aastal soovitati koostada rannavööndi plaan piirkonnas mida on mõõdistatud ka eelneva seire käigus.




2009 aasta aruandes on esitatud profiil 1 kuni profiil 5 joonistel 2.1 kuni 2.5 ja rannavööndi profiil IV joonisel 2.6.

Joonis 45. Rannaprofiilide asukohad

Käesoleva uuringu käigus mõõdistati seirealal rannaprofiilid ja maapinna kõrgused kokku 1877 punktis (lisa 2, tabel 1). Kasutades tarkvarapaketti „Golden Software Surfer 8" koostati koostöös osaühinguga Altakon, 2006 ja 2009 aasta andmete põhjal seireala plaanid samakõrgusjoonte tihedusega 0.1 m.

2006 ja 2009 aasta plaane võrreldi kasutades tarkvarapaketti „Mapinfo Professional 7.5" ning hinnati setete kuhjumist või ärakannet erinevates rannalõikudes. Aruandes on antud ka võrdlusfotod 2006 ja 2009 aasta kohta. Viimased annavad ülevaatliku pildi võimalikest suurematest muutustest, mis seire perioodil on rannas toimunud (lisa 3, fotod 1 - 6).

### 3.2. Rannaprotsessid Naissaare kaguosas

Hülkari neemest põhjas asuva seireala rannavöönd on suhteliselt lai. 2 m samakõrgusjoon kulgeb siin enamasti ligikaudu 100 m kaugusel rannajoonest. Vaid rannaprofiili V piirkonnas läheneb see rannajoonele (0 samakõrgusjoon) ja on ligikaudu 50 m kaugusel. Seetõttu on V ja VI profiili piirkonnas ajuvee rand laiem. Rannajoonest 5 m samasügavusjoon kulgeb 200 kuni 240 m kaugusel Hülkari neemest põhjas asuva seireala rannajoonest.

Hülkari neemest edelas asuva seireala rannajoonest on 2 m samasügavusjoon 200 kuni 300 meetri kaugusel. Naissaare kaguosa seirealal on tegemist liivarannaga. Ajuvee ranna piirist saare keskosa suunas paikneb kunagist merepõhja moodustanud liivik. Rannaprofiili VI piirkonnast Hülkari neeme pool kulgeb vanadest meresetetes koosnev astang. Astangu kõrgus on keskmiselt 1,5 meetrit.

Hülkari neeme põhjaosa randa katavad veerised, munakad ja rahnud, mille vahel esineb kruusa ja liiva. Hülkari neeme põhjaküljelt ulatub neeme tippu jämedama materjali vöönd, mis on ligikaudu 130 m pikk ja 25 m lai. Hülkari neeme piirkonnas ajuveepiiril jätkub põhjapool alanud erineva kõrgusega astang, mis ümber neeme edelasse suundudes kaugeneb rannajoonest. Hülkari neemest edelasuunas on ranna maapoolses osas setted luitestunud ja sellest veel maapool taimestunud.

Naissaare seireala on osa suuremast settematerjali kulutus-kuhje süsteemist. Naissaare idarannikult kantakse osa settematerjali piki rannanõlva lõuna suunas ning mööda Hülkari neeme idapoolset rannanõlva Naissaarest lõunasse jäävale kuhjealale Naissaare liivalasundi piirkonda. Hülkari neemest edelas asuvast rannast merepool rannanõlval eenduvad väikesed veealused neemikud mille nõlvu mööda osa settematerjali kantakse samuti sügavamale kuhjealale. See toimub aga valdavalt kõrge veeseisu ja intensiivse lainetusega.

### 3.3. Varasemad tulemused

2005 aastal teostatud mõõdistamiste käigus selgus, et suurimad muutused seirealal toimusid 2005 aasta januaari tormi ajal. 2005 aasta 8 - 9 jaanuari tormiga jõudsid Soome lahte väga pikad ja kõrged lained. Kõrgeimate lainete perioodid ulatusid 9 jaanuari keskpäeval üle 12

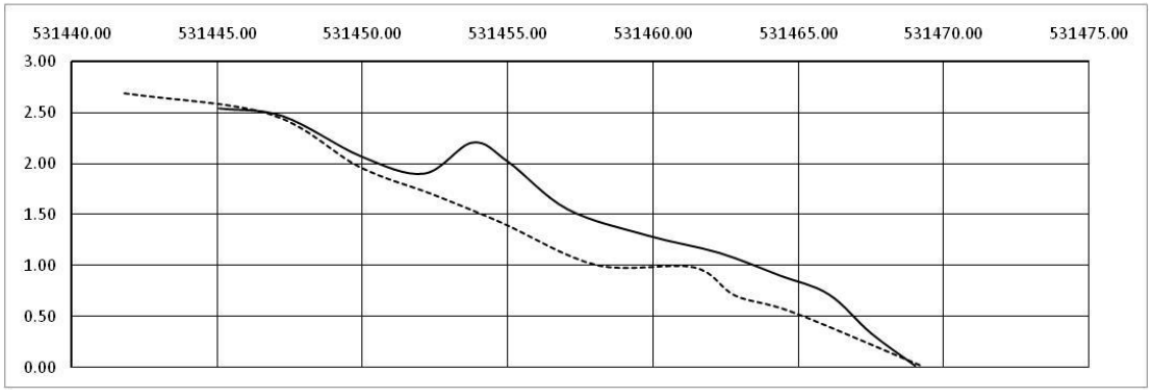
sekundi. Hülkari neeme tipust põhjas asuval seirealal oli aastaga 0 samakõrgusjoon 320 m pikkusel lõigul liikunud maa suunas ja 280 m lõigul mere suunas ning 100 m pikkusel lõigul püsinud samas kohas. Hülkari neemest edelasse jääval seireala osal oli 0 samakõrgusjoon 310 m pikkusel lõigul mere suunas liikunud ning 50 m pikkusel lõigul püsinud samas kohas.

2006 aastal olid rannaprotsessid seireala erinevates lõikudes erineva aktiivsusega. Kulutuspiirkondadest vabanenud rannasetted kuhjusid mitmes rannalõigus. Hülkari neemest ligikaudu 100 m loodesse jääv rannaastang oli tugevasti kulutatud. Liiv oli ära kantud ning paigale oli jäänud kruus, veerised ja munakad. 2006 aasta oli hüdrometeoroloogiliste tingimuste poolest rahulikum kui 2005 aasta. 2006 aastal esines 6 perioodi, kui tuule kiirus ületas 15 m/s. Üle 20 m/s esines tuul vaid kahel korral – oktoobris ja detsembris. Rannaprotsesse mõjutas enam kõrge veetase ning lainetus, mis esines mainitud tugeva tuulega perioodidel. 2006 aastal olid rannaprotsessid suhteliselt väheaktiivsed. Sademetevaesel perioodil 2006 aasta suvel, kui liiv rannas kuivas, aktiviseerusid eoolilised protsessid.

### 3.4. 2009 aasta uuringu tulemused

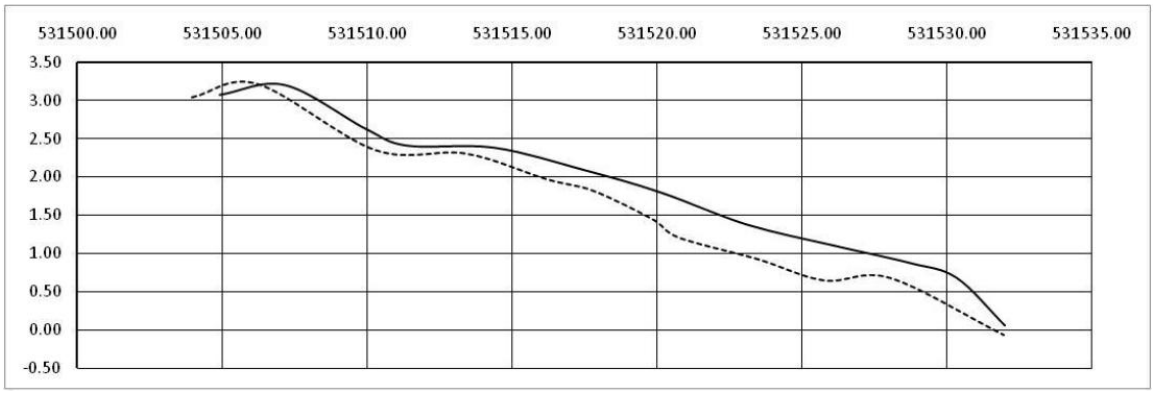
Rannaprotsesse mõjutab peamiselt kõrge veetase ja intensiivne lainetus. Naissaare liivamaardla piirkonnas esinevad suurimad lainekõrgused läänekaarte tuultega. Tuulega 10 m/s esineb selles piirkonnas laineid olulise lainekõrgusega 1.4 m ja 15 m/s tuule korral laineid olulise lainekõrgusega 3 meetrit (Lips ja Liblik 2007). Naissaare seireala võib jagada kaheks osaks: Hülkari neemest põhjas paiknev rannalõik ja edelas paiknev rannalõik. Põhjapool paiknevat rannalõiku mõjutab enam idast ja kagust saabuv lainetus ja edelapoolset läänest saabuv lainetus. 2007 aastal suuremaid torme ei esinenud, kuid hüdrometeoroloogiliselt aktiivsemad perioodid olid 21 jaanuar - kirde tuulega, 31 juuli - edela ja lääne tuulega ning 8 detsember - kagu kuni edela tuulega. 2008 aasta esinesid hüdrometeoroloogiliselt aktiivsemad perioodid 11 ja 13 jaanuar - edela ja lääne tuulega ning 19 jaanuar - lõuna ja edela tuulega. Suveperioodil 2008 esines tugevam tuul 9 juunil läänest ja loodest ning 5 augustil - idast. Sügisperioodil 2008 esines tugevam tuul 2 oktoobril kagust kuni edelast, 26 oktoober - edelast (keskmine 10 m/s), 18 november lõunast kuni edelast ning 23 november loodest kuni põhjast. 2009 aastal kuni välitöödeni oli tormide sagedus suhteliselt madal. Tugevam tuul esines 6 ja 11 jaanuaril läänest kuni edelast ja 9 juulil -

kagust. Mõlemast tuule suunast saabuva lainetuse suhtes on seireala tundlik. 2006 aasta ja 2009 aasta rannaprofiilide (joonis 45) ja samakõrgusjoonte võrdluse tulemused on esitatud alljärgnevalt. Rannaprofiilile 1 on 2 kuni 0.5 m samakõrgusjoonte piirkonda ehk ajuveeranna keskossa setteid juurde kantud (joonis 46).



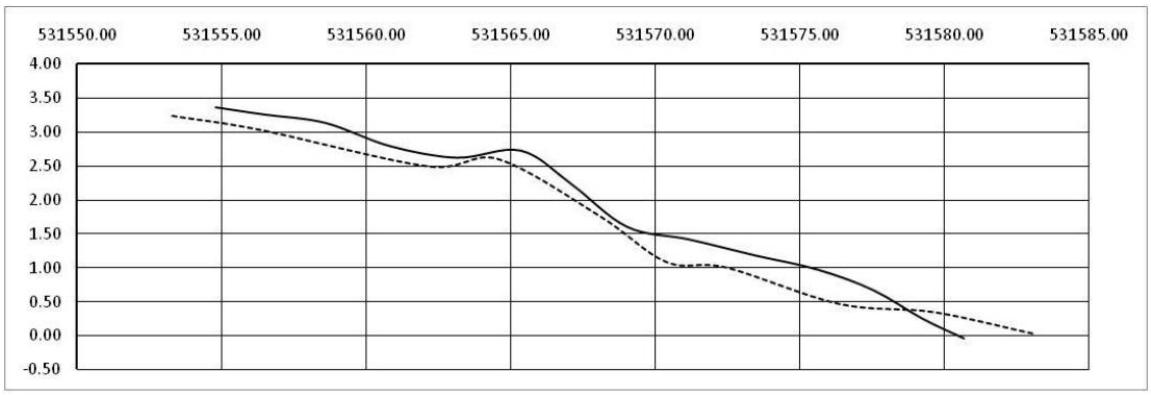

Joonis 46. Rannaprofiil 1.

Rannaprofiilil 2 on ajuvee rand võrreldes 2006 aastaga ühtlasema reljeefiga (joonis 47).



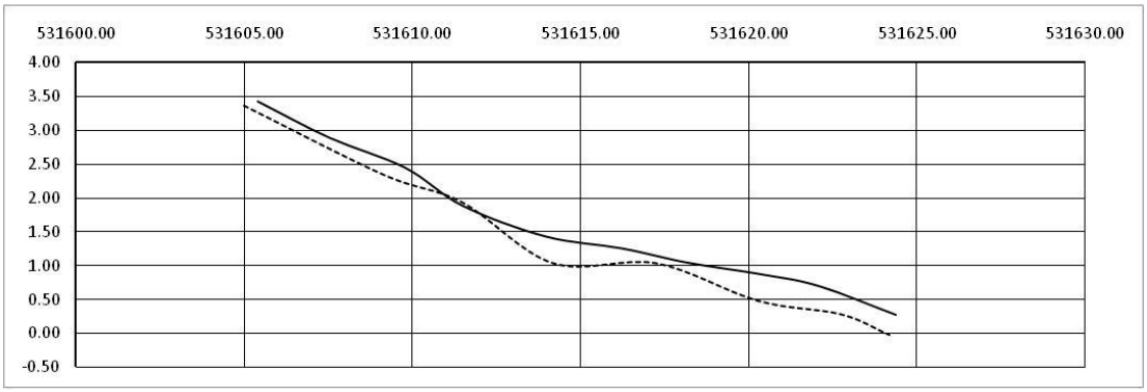

Joonis 47. Rannaprofiil 2.

Siia on ka valdavas osas keskmiselt 0.5 m paksuselt setteid juurde kantud. Rannaprofiili 3 merepoolsemasse ossa 0.5 kuni 1.5 m samakõrgusjoonte vahelisesse piirkonda on setteid juurde kantud ning merepoolt on setteid ära kantud (joonis 48).



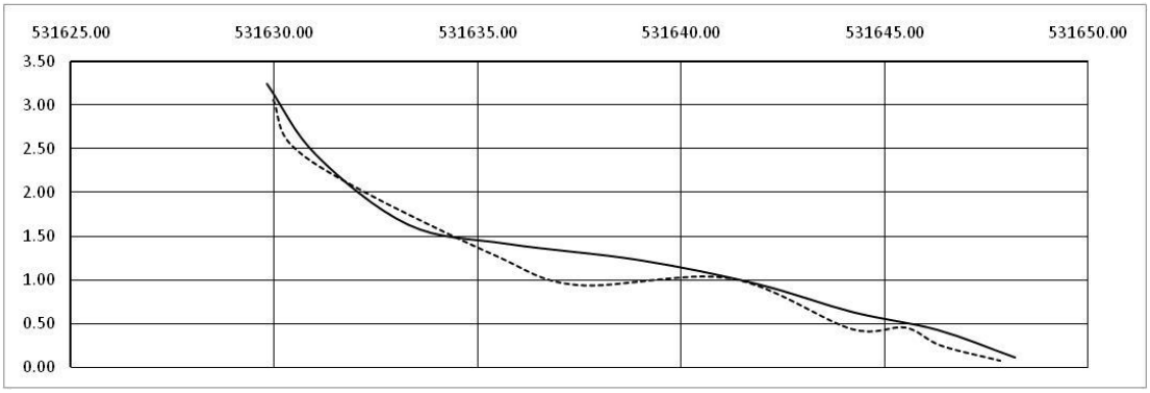

Joonis 48. Rannaprofiil 3.

Rannaprofiili 4 piirkonnas on 1.5 kuni 2 m samakõrgusjoonte vahemikus setteid veidi ära kantud ja teistes profiili osades juurde kantud, kusjuures juurde kantud setete kiht on suurim 0.5 ja 1 m samakõrgusjoonte vahemikus (joonis 49).



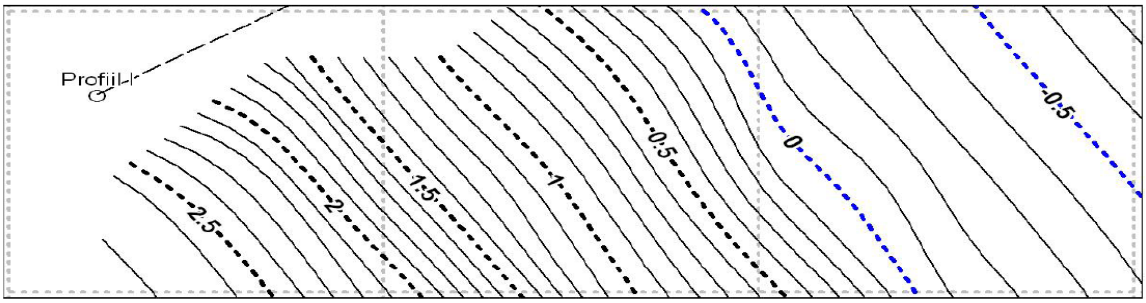

Joonis 49. Rannaprofiil 4.

Rannaprofiililt 5 on setteid 1.5 kuni 2 m samakõrgusjoonte vahemikust ära kantud (joonis 50).

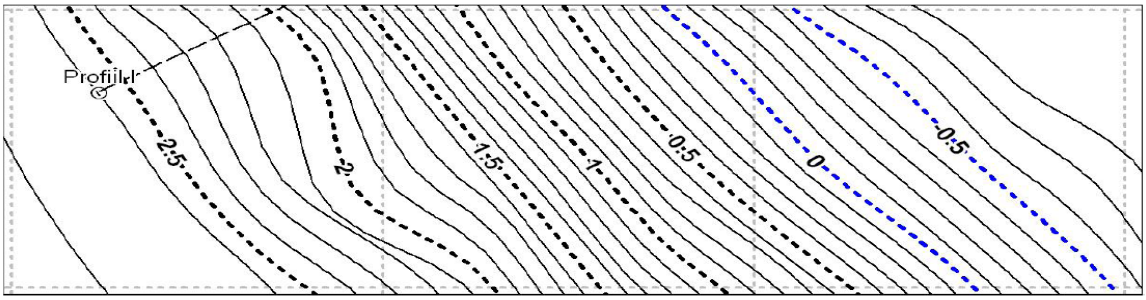



Joonis 50. Rannaprofiil 5.

Seireala mitmes piirkonnas on reljeef sarnane 2006 aastaga. Profiili keskosas kõrgusel 1 kuni 1.5 m on setteid juurde kantud. Rannaprofiili I piirkonnast kagus on seireperioodil setteid ajuvee-rannas merepoole kantud. Paguvee rannast on setteid ära kantud (joonis 51).




2006.a.

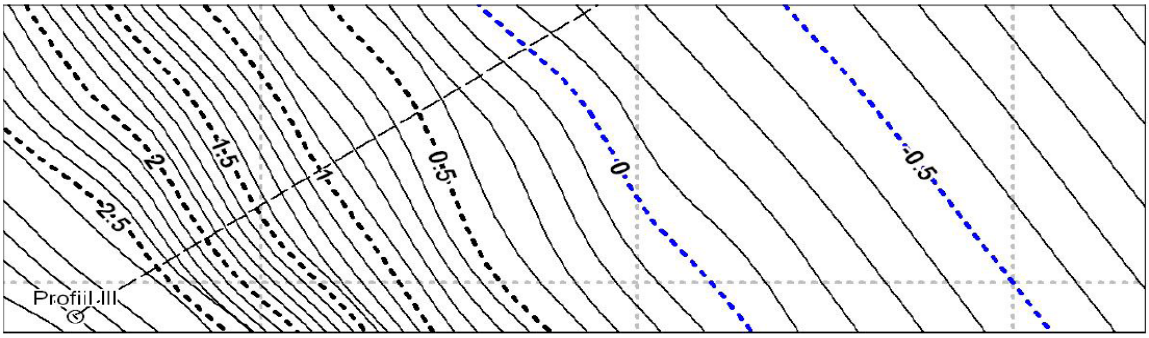



2009.a.

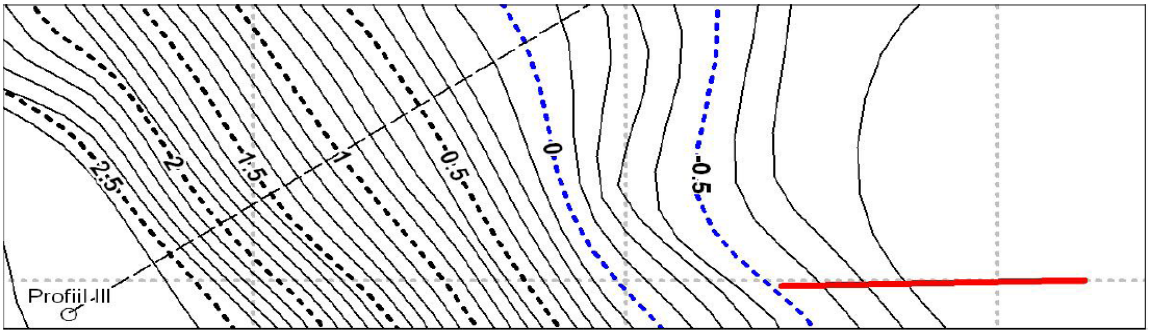
Koordinaatvõrgu samm on 20 meetrit. Samakõrgusjoonte kõrguste vahe on 10 cm. Rannaprofiili 1 piirkonnas on seireperioodil setteid ajuvee-rannas merepoole kantud. Paguvee rannast on setteid ära kantud.

Joonis 51. Samakõrgusjooned rannaprofiilist 1 kagus.

Rannaprofiili III piirkonnas on ajuveerannas 2 m samakõrgusjoone piirkonnast setteid meresuunas kantud, kusjuures paguvee rannast on setteid ära kantud ja 0.5 m samakõrgusjoon on nihkunud üle 10 m ranna suunas. (joonis 52).




2006.a.

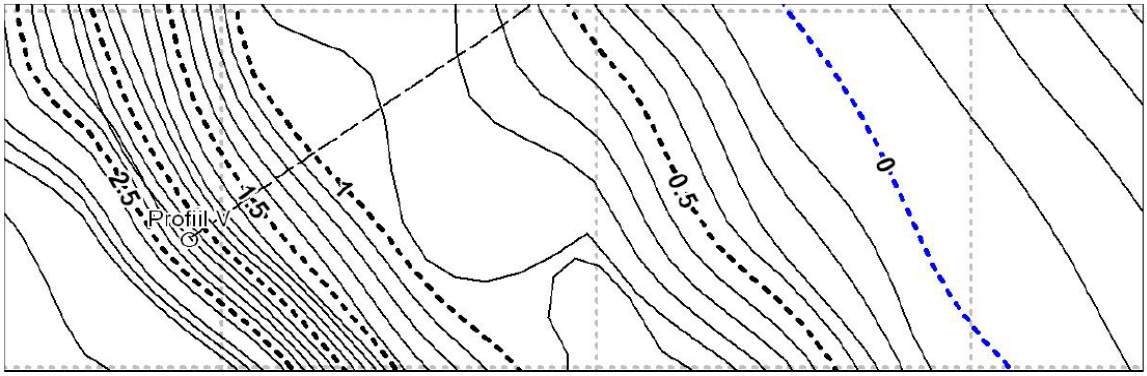



2009.a.

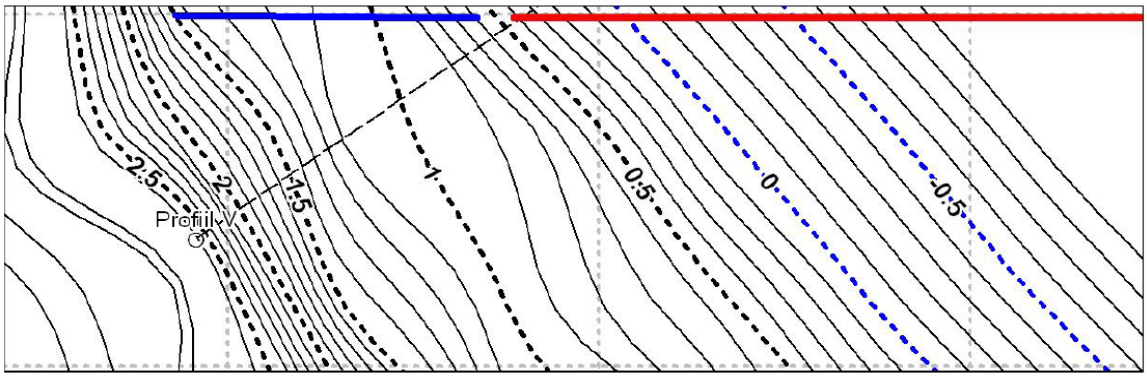
Punase joonega on antud suurim kulutuse piirkond.
Koordinaatvõrgu samm on 20 meetrit. Samakõrgusjoonte kõrguste vahe on 10 cm.
Ajuvee rannas 2 m samakõrgusjoone piirkonnas on setteid meresuunas kantud.

Joonis 52. Samakõrgusjooned rannaprofiili III piirkonnas.

Rannaprofiili V piirkonnas on 1.5 ja 1 m samakõrgusjoone piirkonda setteid juurde kantud (joonis 53).




2006.a.

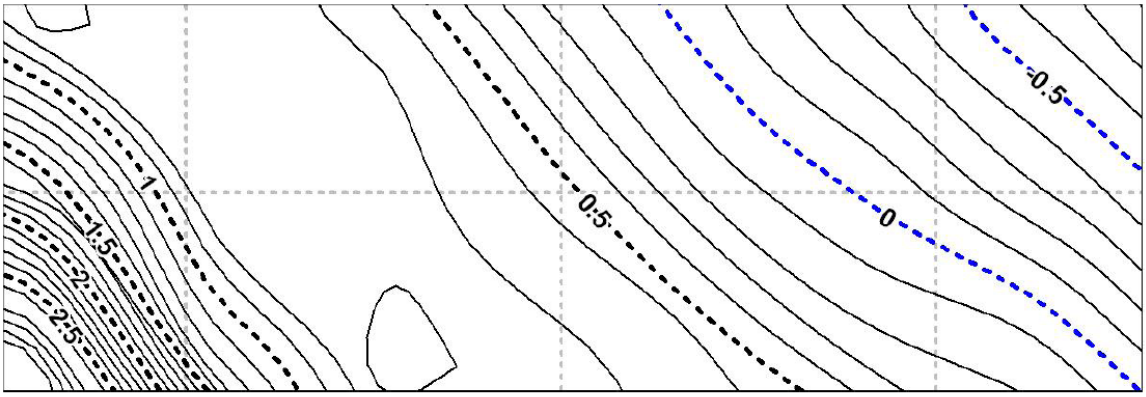



2009.a.

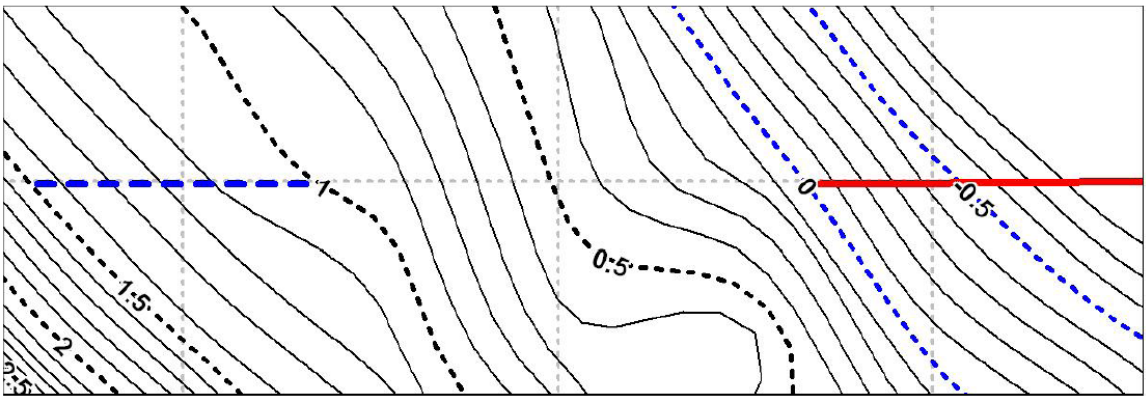
Punase pidevjoonega on antud suurim kulutuse ja sinisega suurim kuhjumise piirkond.
Koordinaatvõrgu samm on 20 meetrit. Samakõrgusjoonte kõrguste vahe on 10 cm. Rannaprofiili V piirkonnas on 1.5 ja 1 m samakõrgusjoone piirkonda setteid juurde kantud. 0.5 m samakõrgusjoone piirkonnast merepool on setteid ära kantud.

Joonis 53. Samakõrgusjooned rannaprofiili V piirkonnas.

0.5 m samakõrgusjoone piirkonnast merepool on setteid ära kantud. Rannaprofiilist VI ligikaudu 60 m kagus on setteid ajuvee ranna tagumisest osast merepoole kantud (joonis 54).




2006.a.

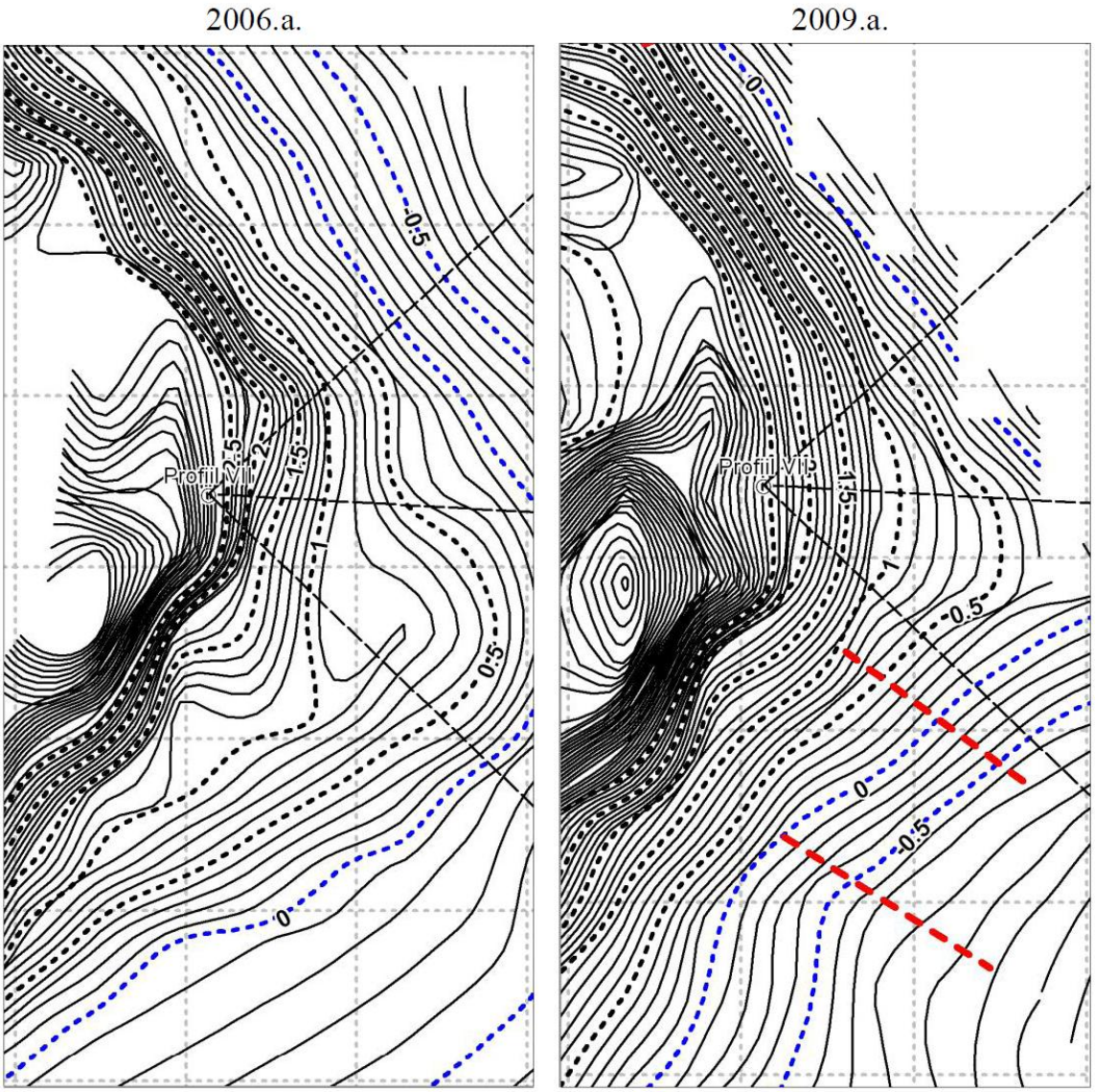



2009.a.

Koordinaatvõrgu samm on 20 meetrit. Samakõrgusjoonte kõrguste vahe on 10 cm. Rannaprofiilist VI ligikaudu 60 m kagus on setteid ajuvee ranna tagumisest osast merepoole kantud. 1 m samakõrgusjoon on siin üle 10 m meresuunas nihkunud. Paguvee rannas on 0 samakõrgusjoonest merepool setteid ära kantud ja reljeef langenud. Risti samakõrgusjoontega oleva punase joonega on antud suurim kulutuse ja sinisega suurim kuhjumise piirkond.

Joonis 54. Samakõrgusjooned rannaprofiilist VI kagus.

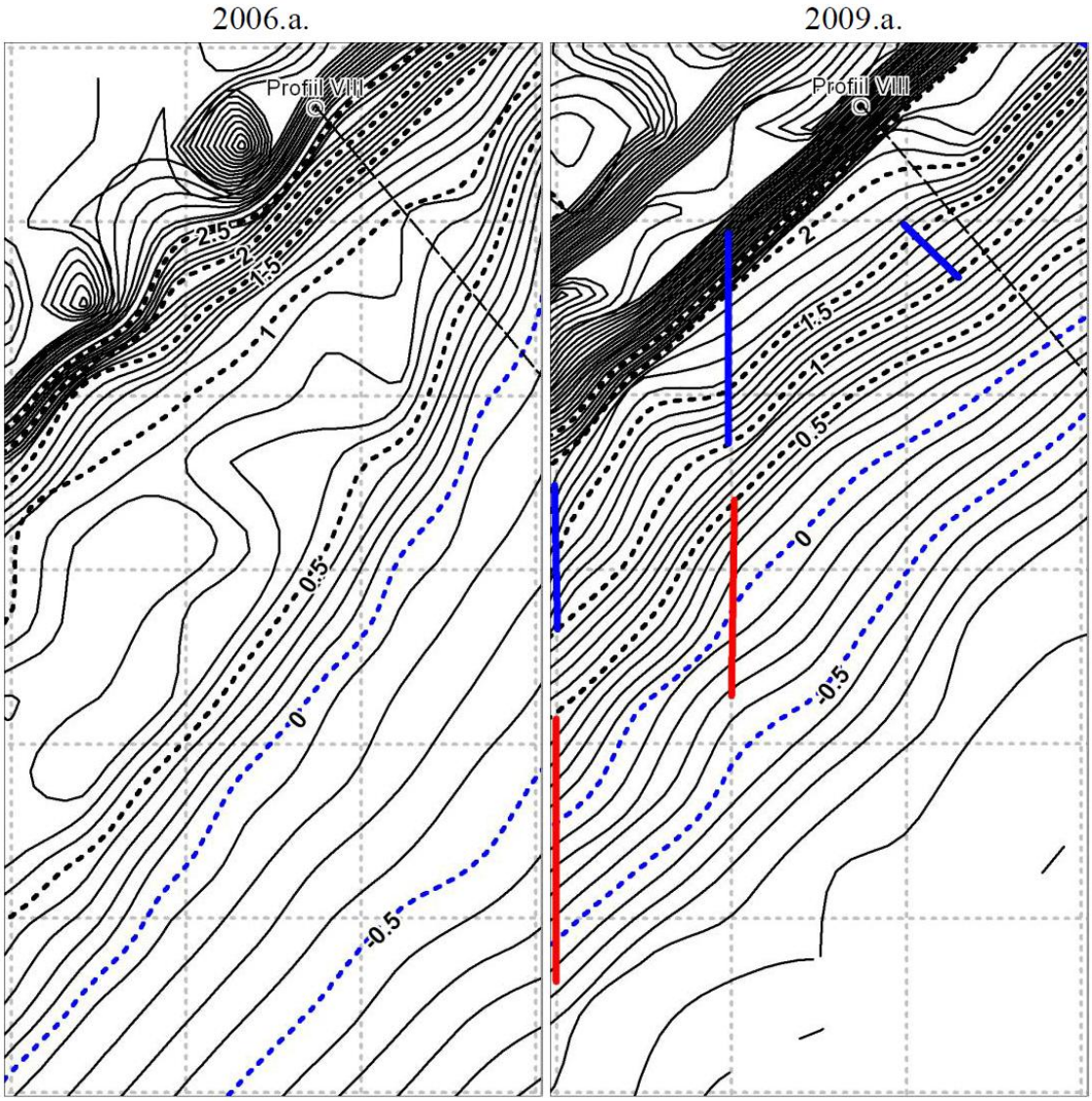
1 m samakõrgusjoon on siin üle 10 m meresuunas nihkunud. Paguvee rannas on 0 samakõrgusjoonest merepool setteid ära kantud ja reljeef langenud. Rannaprofiil VII piirkonnas (joonis 55) on ajuvee maapoolses osas oleva luite nõlv laugemaks muutunud.




Koordinaatvõrgu samm on 20 meetrit. Samakõrgusjoonte kõrguste vahe on 10 cm. Rannaprofiil VII piirkonnas on ajuvee maapoolses osas oleva luite nõlv laugemaks muutunud. 0.5 m samakõrgusjoon on maapoole nihkunud.
Risti samakõrgusjoontega oleva punase joonega on antud suurim kulutuse ja sinisega suurim kuhjumise piirkond.

Joonis 55. Samakõrgusjooned Hülkari neeme piirkonnas

0.5 m samakõrgusjoon on maapoole nihkunud. Rannaprofiili VIII piirkonnas on ajuvee ranna maapoolsesse ossa moodustunud ühtlasem nõlv (joonis 56).

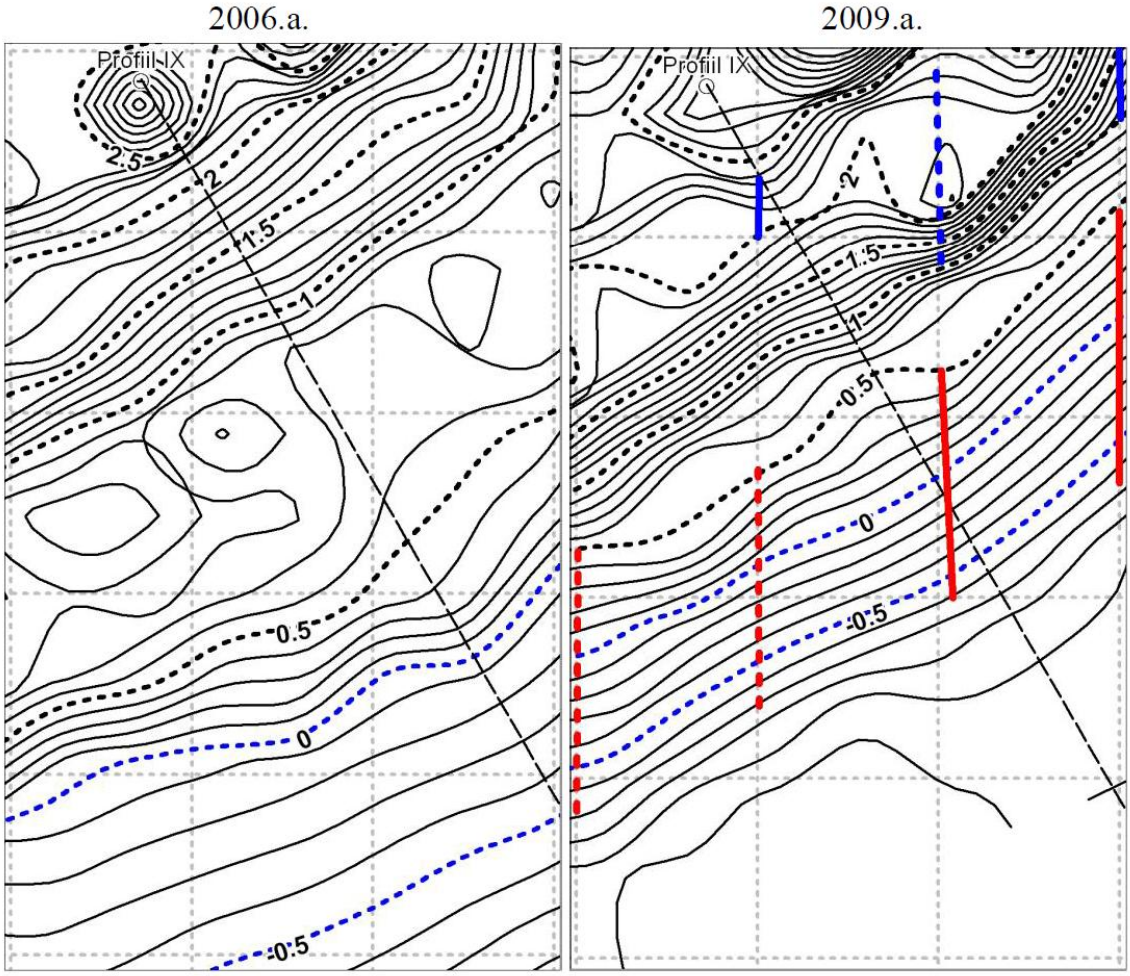



Koordinaatvõrgu samm on 20 meetrit. Samakõrgusjoonte kõrguste vahe on 10 cm. Rannaprofiili VIII piirkonnas on ajuvee ranna maapoolsesse ossa moodustunud ühtlasem nõlv. Ajuvee rand on muutunud kõrgemaks. 1.5 ja 2 m samakõrgusjoonte vaheline vöönd on muutunud laiemaks. 0.5 ja 1 m kõrguste vaheline vöönd tunduvalt kitsamaks. Rannajoon ehk 0 samakõrgusjoon on nihkunud maapoole. Risti samakõrgusjoontega oleva punase joonega on antud suurim kulutuse ja sinisega suurim kuhjumise piirkond.

Joonis 56. Samakõrgusjooned rannaprofiili VIII piirkonnas.

Ajuvee rand on muutunud kõrgemaks. 1.5 ja 2 m samakõrgusjoonte vaheline vöönd on muutunud laiemaks. 0.5 ja 1 m kõrguste vaheline vöönd tunduvalt kitsamaks. Rannajoon ehk

0 samakõrgusjoon on nihkunud maapoole. Rannaprofiili IX piirkonnas on 2 ja 2.5 m kõrguste vaheline vöönd veidi laienenud (joonis 57).

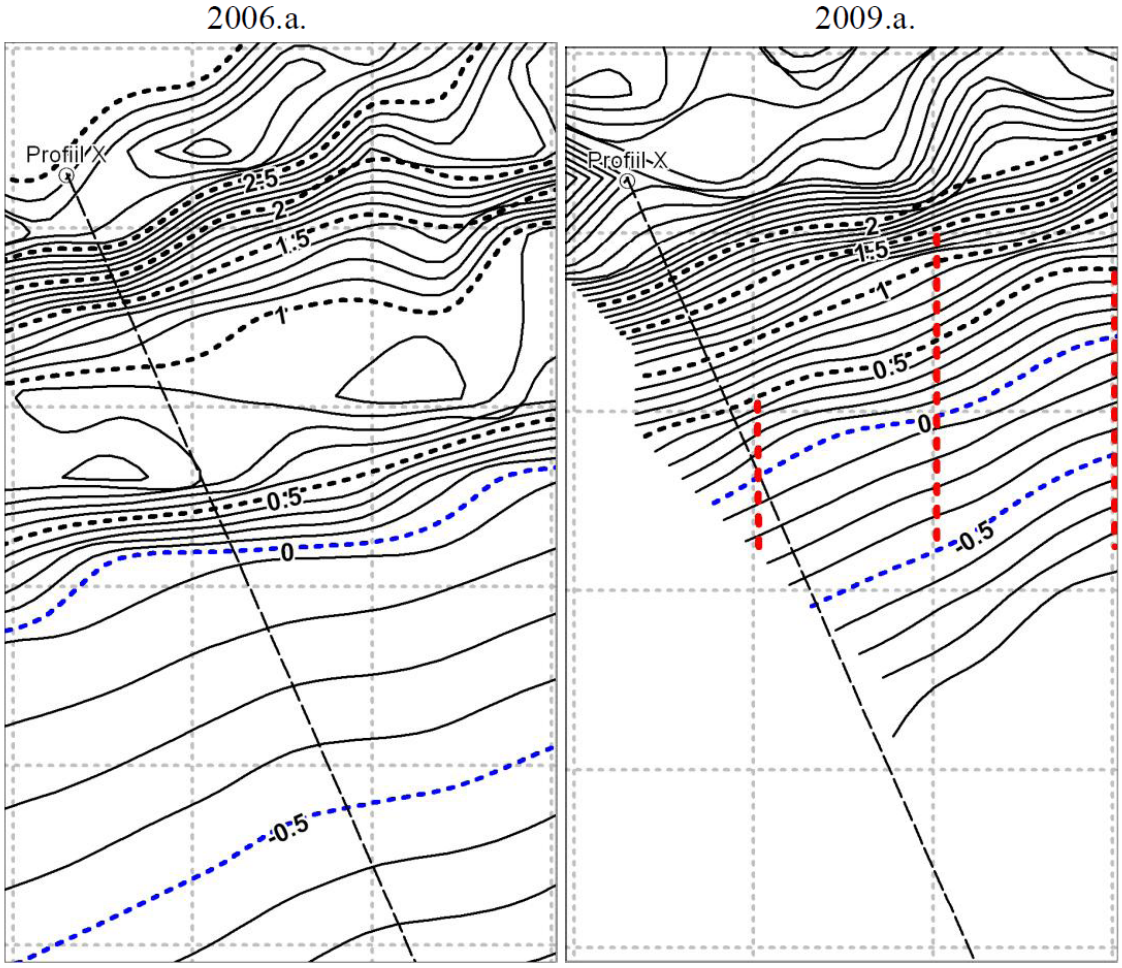



Koordinaatvõrgu samm on 20 meetrit. Samakõrgusjoonte kõrguste vahe on 10 cm. Rannaprofiili IX piirkonnas on 2 ja 2.5 m kõrguste vaheline vöönd veidi laienenud. Tunduvalt kitsamaks on muutunud kõrguste 0.5 m ja 1 m vaheline vöönd. Ajuveeranna profiil on tõusnud ja paguvee ranna profiil on langenud ehk tervikuna on profiil muutunud järsemaks. Risti samakõrgusjoontega oleva punase joonega on antud suurim kulutuse ja sinisega suurim kuhjumise piirkond.

Joonis 57. Samakõrgusjooned rannaprofiili IX piirkonnas.

Tunduvalt kitsamaks on muutunud kõrguste 0.5 m ja 1 m vaheline vöönd. Ajuveeranna profiil on tõusnud ja paguvee ranna profiil on langenud ehk tervikuna on profiil muutunud

järsemaks. Rannaprofiili X piirkonnas on 0.5 ja 1 m vaheline kõrguste vöönd muutunud ligikaudu poole võrra kitsamaks (joonis 58).

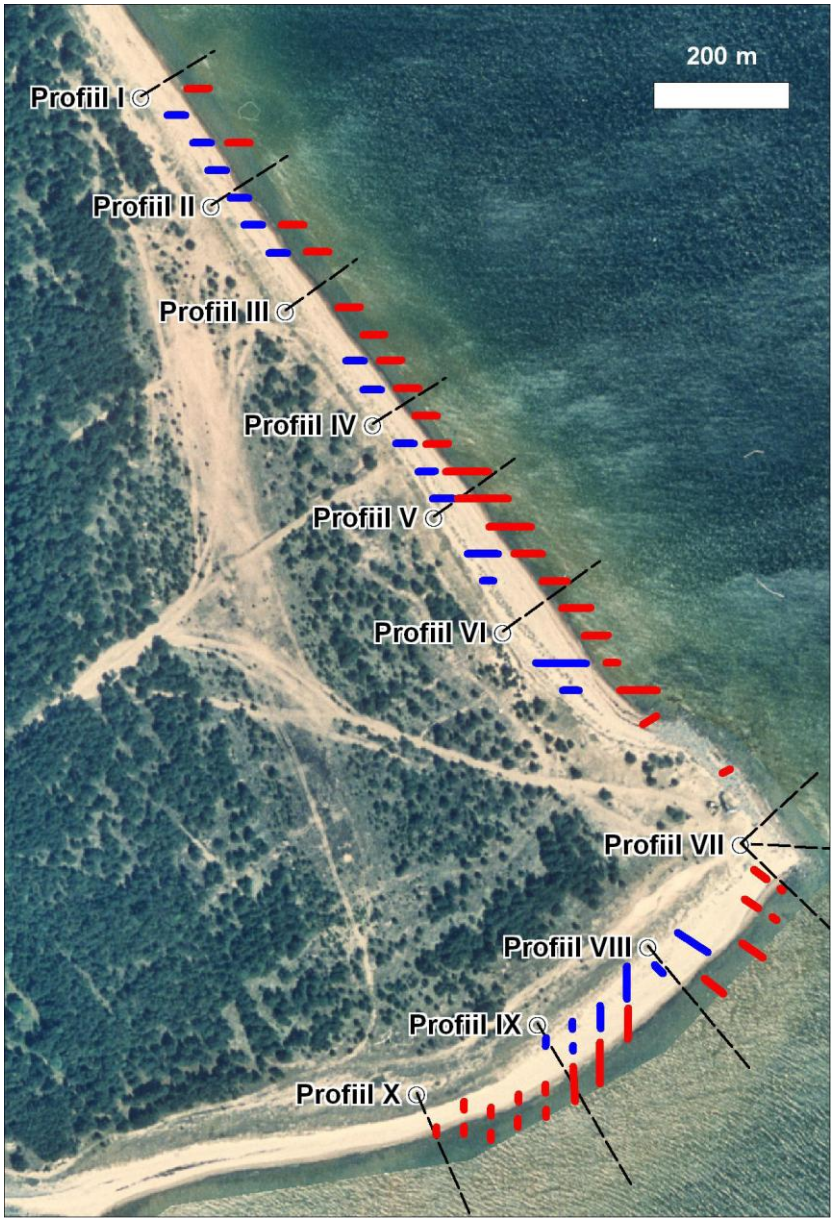



Koordinaatvõrgu samm on 20 meetrit. Samakõrgusjoonte kõrguste vahe on 10 cm. Rannaprofiili X piirkonnas on 0.5 ja 1 m vaheline kõrguste vöönd muutunud ligikaudu poole võrra kitsamaks. Poole kitsamaks on muutunud ka paguvee rannas -0.5 ja 0 samakõrgusjoone vaheline vöönd. Veidi on laienenud 0 ja 0.5 kõrguste vaheline vöönd. Tervikuna on rannaprofiil muutunud järsemaks. Risti samakõrgusjoontega oleva punase joonega on antud suurim kulutuse ja sinisega suurim kuhjumise piirkond.

Joonis 58. Samakõrgusjooned rannaprofiili X piirkonnas.

Poole kitsamaks on muutunud ka paguvee rannas -0.5 ja 0 samakõrgusjoone vaheline vöönd. Veidi on laienenud 0 ja 0.5 kõrguste vaheline vöönd. Tervikuna on rannaprofiil muutunud

järsemaks. Joonisel 59 on toodud risti samakõrgusjoontega oleva punase joonega suurim kulutuse ja sinisega suurim kuhjumise piirkond.




Joonis 59. Rannareljeefi muutuse piirkonnad.

**Kirjandus**


1. Kask, J. (vastutav täitja). 2003a. Naissaare liivamaardla kaevandamise keskkonna seire esimene periood (8 november kuni 5 detsember 2003. aastal). TTÜ Meresüsteemide Instituut.
2. Kask, J. Kask, A., Elken, J., Soomere, T. 2006. Naissaare liivamaardlast kaevandamise keskkonna seire 2006. aasta. Käsikiri. TTÜ Meresüsteemide Instituut. Tallinn.
3. Kask, J., Järvik, A., Kask, A., Kotta, J., Kõuts, T., Martin, G., Raudsepp, U., Soomere, T. 2003. Naissaare liivamaardla kaevandamise keskkonnamõju hindamine. TTÜ Meresüsteemide Instituut. Tallinn. 61 lk.
4. Kask, J., Kask, A., Kõuts, T., Sipelgas, L., Erm, A., Raudsepp, U., Soomere, T., Kotta, J., Kotta, I. 2004b. Naissaare liivamaardla kaevandamise aegne keskkonnaseire. TTÜ Meresüsteemide Instituut. Tallinn.
5. Kask, J., Kask, A., Martin, G., Kotta, J., Kotta, I., Järvik, A. 2004a. Naissaare liivamaardla kaevandamise keskkonna seire. Kaevandamise eelne seire. TTÜ Meresüsteemide Instituut. Tallinn.
6. Kask, J., Kask, A., Soomere, T., Martin, G., Kotta, J., Saat, T., Möller, T., Kaljurand, K., Eschbaum, R., Verliin, A., Vetemaa, M., Kesler, M. 2005. Naissaare liivamaardlast kaevandamise keskkonnaseire 2005b aastal. TTÜ Meresüsteemide Instituut. Tallinn.
7. Kask, J., Soomere, T., Kask, A., Kotta, J., Kotta, I., Martin, G., Eschbaum, R., Vetemaa, M., Verliin, A., Kesler, M., Saat, T. 2005a. Naissaare liivamaardla kaevandamise järgne keskkonna seire I aasta. TTÜ Meresüsteemide Instituut. Tallinn.
8. Komar P.D. 1998. Beach processes and Sedimentation. 2nd Edition. Prentice-Hall Inc. Lips, U. ja Liblik, T. 2007. Naissaare sadama rekonstrueerimise keskkonnamõju hindamise aruanne. Käsikiri. TTÜ Meresüsteemide Instituut.

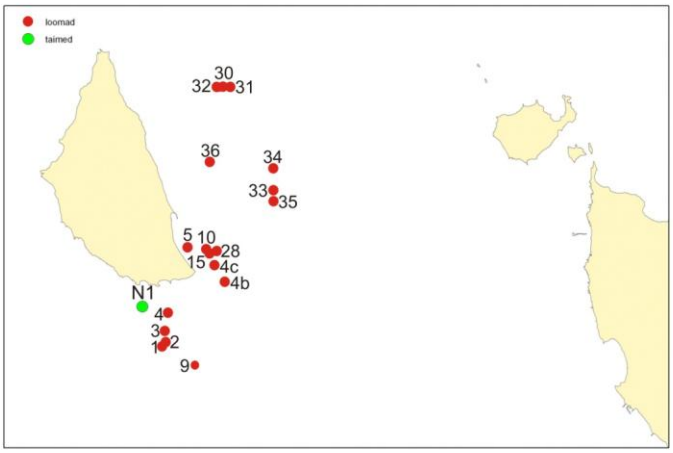
## 4. Põhjataimestik

### 4.1. Sissejuhatus

Põhjakooslusi, sealhulgas põhjataimestikku mõjutab rida füüsikalisi, keemilisi ja bioloogilisi tegureid. Sadamate tegevus avaldab kohalikku mõju sette koostisele ja jaotumisele, vee toitainete sisaldusele ja eutrofeerumistaseme muutustele. Inimtegevuse tagajärjel võib muutuda liigiline koosseis, ühe- ja mitmeaastaste ning niitjate- ja tugeva tallusega vetikate proportsioon koosluses. Tõsisematel juhtudel toimub taimekoosluste vaesumine, mis mõjutab omakorda ka põhjaloomastikku, kalu ja linnustikku. Põhjataimestik on paikne ning tänu sellele on ta sobivaks indikaatoriks mere keskkonnatingimuste hindamisel. Taimestiku seisundi jälgimine annab hea pildi Muuga sadama tegevuse mõjust jooksval aastal, kuna enamik põhjataimestikust on sesoonse iseloomuga ning selle areng algab igal kevadel uuesti. Ühe- ja mitmeaastaste vetikate ning kõrgemate taimede üldkatvusele, liigilisele koosseisule ja ohtrusele toetudes on võimalik anda hinnang nii ühe vegetatsiooniperioodi jooksul kevadest-sügiseni toimuvatele kui ka aastatevahelistele keskkonnamuutustele.

### 4.2. Metoodika

Põhjataimestiku vaatlusi teostati ühel vaatlusjadal N1 Naissaare lõunaosas (joonis 60).




Joonis 60. Põhjataimestiku vaatlusjadade ja põhjaloomastiku jaamade asukohad uuringualal. Põhjataimestiku ala on märgitud rohelise ringiga.

Põhjakoosluste olukorra kirjeldamine toimus sukelduja poolt või videoseiret kasutades sügavusvahemikus 0-13 meetrit. Videomaterjali kogumisel kasutati spetsiaalselt allveevaatlusteks loodud kaamerasüsteemi, kus vee alla lastakse veekindel vaatluskaamera (TS-6021PSC), mis on ühenduses paadis oleva salvestava digitaalkaameraga (Canon MWX460 E KIT). Süsteem on teisaldatav ning kergesti käsitletav. Videomaterjali läbivaatamisel kirjeldati põhjakoosluste katvust ning põhjataimestiku erinevate liikide sügavuslevikut.

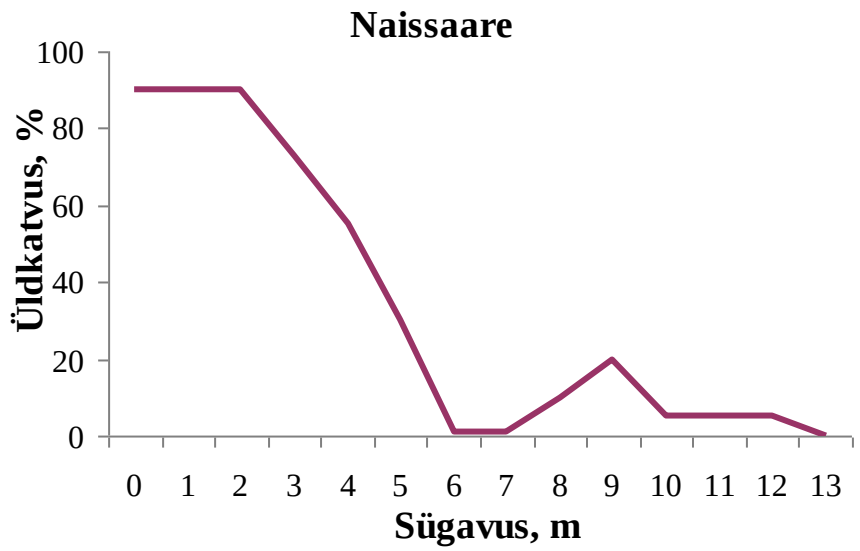
Välitööd toimusid 2009 aasta oktoobris. Taimkatte kirjeldamisel kasutatakse järgmisi näitajaid – taimede üldkatvust (ÜK), liigilist mitmekesisust, *Polysiphonia fucoides* esinemist ja sügavuslevikut, põisadru *Fucus vesiculosus* olemasolu ja levikusügavust ning vetikavööndi maksimaalset sügavuslevikut.

## 4.3. Tulemused

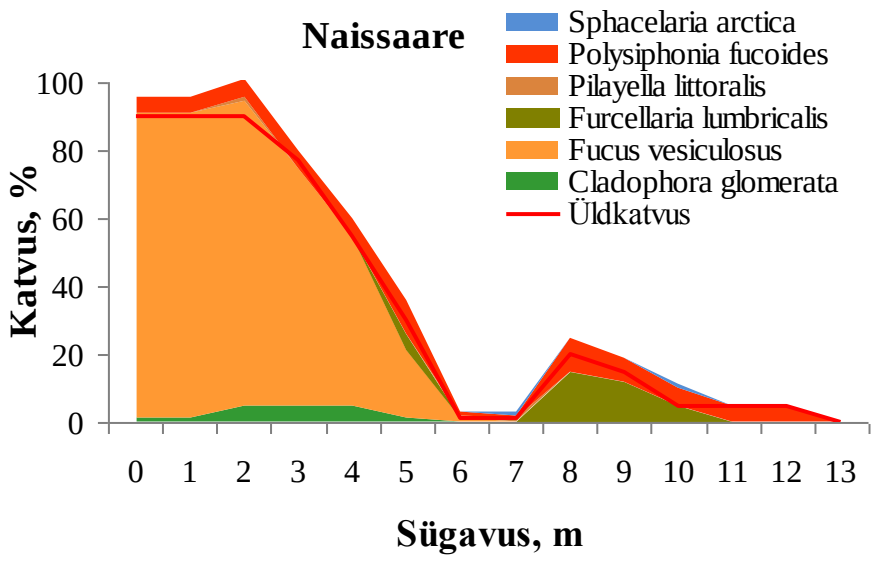
Naissaare lõunaosas on kogu taimkattega asustatud alal substraadiks kivid, kruus ja liiv. Erinevate põhjatüüpide vahekord muutub sügavusega. Kaldavööndist kuni 5 meetri sügavuseni domineerivad kivid 75-99% ulatuses. Sügavuste vahemilus 5-8 meetrit on ülekaalus liivased alad 60-65% katvusega. Sügavamal on liivase ja kivise substraadi osakaal ligikaudu võrdne.

Kogu vaatlusjada ulatuses kasvas 6 põhjataimestiku liiki, neist mitmeaastaseid liike oli 4 – pruunvetikas põisadru *Fucus vesiculosus*, punavetikad *Furcellaria lumbricalis*, *Polysiphonia fucoides* ja *Sphacelaria arctica*. Kuigi liigiline mitmekesisus oli väga madal, siis mitmeaastaste liikide osakaal oli kõrge (67%). Üldkatvus varieerus taimkattevööndis 5-90% vahemikus. Sügavustes 0-2 meetrit oli ÜK väga kõrge 90%. 3-5 meetri sügavuses toimus ÜK sujuv langus 77-30% ning 6-7 meetri sügavuses kasvasid vaid üksikud taimed. 8-9 meetri sügavuse juures tõusis ÜK taas 15-20%, sealt edasi kuni taimkattevööndi lõppemiseni ei ületanud ÜK 5% (joonis 61). Taimkatte levikumaksimum oli 12 meetri sügavuses. Sügavuses 0-5 meetrit oli domineerivaks liigiks põisadru *F.*

*vesiculosus*. Samas sügavusvahemikus oli madala katvusega (1-5%) ka rohevetikat *Cladophora glomerata*. Kogu vaatlusjada ulatuses kasvas ka punavetikat *Polysiphonia fucoides*, kuid selle katvus jäi enamasti alla 5%. Teatud sügavustel, nt 5 ja 8 meetrit, küündis selle liigi katvus 10%. 8-10 meetri sügavuses leidus ka punavetikat *Furcellaria lumbricalis* katvusega 5-15% (joonis 62).




Joonis 61. Põhjataimestiku üldkatvus 2009. aastal vaatlusjadal N1.




Joonis 62. Põhjataimestiku katvus (%) ja liigiline koosseis vaatlusjadal N1.

## 5. Põhjaloomastik

### 5.1. Sissejuhatus

Mere põhjaloomastiku ehk zoobentose moodustavad kõik loomad, kelle elupaigaks on merepõhi. Põhjaloomastiku kooslused on heaks näitajaks mere keskkonnaseisundi pikemaajaliste, kuudest aastakümneteni, toimuvate muutuste kirjeldamiseks.

Inimtegevuse negatiivne mõju võib avalduda rannikumerele mitmeti, näiteks mere eutrofeerumise, liivaammutus-, süvendus- ja kaadamistööde, toksilise reostuse, võõrliikide introdutseerimise ja elupaikade muutmise kaudu. Esimene samm inimtegevusest põhjustatud merekeskkonna kahjustuste ennetamiseks või vähendamiseks on inimmõjust tulenevate muutuste hindamine ökosüsteemis. Inimtegevuse intensiivsuse hindamiseks on edukalt kasutatud bioindikatsioonimeetodit, mille käigus mõõdetakse kindlate mõjurite toimet elustikule.

Põhjaloomastikku võib pidada üheks sobivamaks bioindikaatoriks inimtegevusest tingitud mõjude hindamisel. Põhjaloomastiku kooslused näitavad piisavalt hästi

keskkonnaseisundi pikemaajalisi, kuudest aastakümneteni toimuvaid muutusi. See tuleneb antud loomarühma leviku ja eluviisi iseärasusest. Põhjaloomastik esineb kõikjal, kus hapniku kontsentratsioon vees on suurem kui 1,5 mg/l. Põhjaloomastik esineb erinevates sügavustsoonides ja setetes, selle eluviis on enamasti paikne ning eluiga pikk. Muutused setete iseloomus ja merevee keemilises koostises avalduvad mõnede liikide kadumises ja teiste liikide arvukuse suurenemises. Teatud kriitiliste tingimuste juures (näiteks hapniku puudumisel) võib põhjaloomastik hävida. Seega iseloomustab põhjaelustiku koosseis merekeskkonna seisundit ja kvaliteeti.

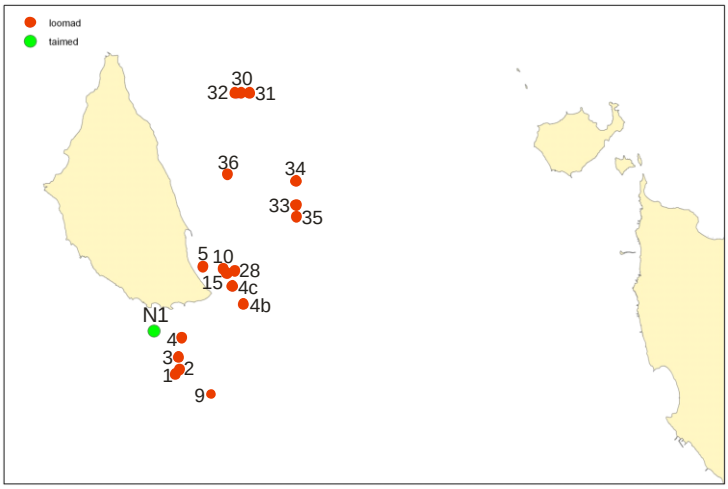
Käesoleva seiretöö eesmärgiks on: 1) kirjeldada põhjaloomastiku kooslusi Naissaare rannikumere liiva kaevandamise piirkonnas (maardlad 1, 2 ja 3) ja referentsalal enne ja pärast liiva ammutustöid 2009 aastal ning 2) põhjaloomastiku koosluste analüüsi põhjal hinnata liivaammutustööde mõju Naissaare rannikumere põhjaelustikule.

## 5.2. Metoodika

2009 aastal koguti mais ja septembris Naissaare rannikumerest liivamaardlatelt 1, 2 ja 3 ja maardlate lähistelt (referensalal) kokku 33 põhjaloomastiku proovi. Liivaammutustöödega kaasnevat mõju Naissaare rannikumere põhjaelustikule on traditsioonilistes punktides süstemaatiliselt uuritud alates 1993. aastast. Standartsete jaamade võrgustik paikneb järgmiselt: liivamaardla 1 – jaamad 1, 2, 3, 4, 9; liivamaardla 2 – jaamad 30, 31, 32; liivamaardla 3 – jaamad 33, 34, 35. Maardlate juures valiti sarnaste põhjasetetega ja sügavustega referentsala (jaamad 5, 10, 15, 28 ja 36), et võrrelda analoogseid biotoope liivaammutuspiirkonnas ja maardlate kõrval (joonis 63).

Materjal koguti Ekman-Birge tüüpi põhjaammutajaga (haardepind 1/47 $m^2$). Proovid pesti nailonsõeltel. Nailonsõela siidi ava diameeter on 0,25 mm. Välitöödel pakiti proovid kilekottidesse, varustati etiketiga ning säilitati -20ºC juures kuni nende laboratoorse analüüsini. Kõikides proovipunktides määrati põhjaloomastiku ja -taimestiku liigiline koosseis, liikide arvukus ja kuivkaal 1 $m^2$ kohta. Kuivkaalu leidmiseks kuivatati materjali 60ºC juures kaks nädalat. Laboratoorsed tööd toimusid EAK poolt akrediteeritud Tartu

Ülikooli Eesti Mereinstituudi katselaboris registreerimisnumbriga L179. Proovide kogumisel ja analüüsimisel kasutati HELCOM-i poolt väljatöötatud metoodilisi standardeid. See tagab põhjaloomastiku ülevaate võrreldavuse teiste Läänemere põhjaloomastiku uuringutega.




Joonis 63. Seirejaamade võrgustik, kust kogutud materjalide alusel hinnati liivaammutustööde mõju Naissaare põhjakooslustele.

Uurimispiirkonna veekvaliteedi hindamisel kasutati spetsiaalselt Eesti rannikumere jaoks välja töötatud zoobentose koosluste indeksit (ZKI). Põhjaloomastiku koosluste ruumilise leviku uurimisel kasutati tarkvaraprogrammi ArcInfo 9.3.

## 5.3. Naissaare rannikumere keskkonnatingimuste ülevaade

Naissaarega piirnevad merealad on avaras ühenduses Soome lahe keskosa süvikutega. Saare rannikult ja madalikelt langevad võrdlemisi järsud nõlvad süvikute suunas. Naissaar on looduslikuks tõkkeks läänest itta kulgevatele domineerivatele hoovustele, mistõttu Naissaare rannikule ja teda ümbritsevatele madalikele tõuseb mööda järskusid nõlvu sageli külm ja suurema soolsusega süvikute vesi.

Kuna uurimisala asub süvikute vee kerkepiirkonnas on süvikute külma vee ja sooja pinnavee koosmõjul põhjalähedaste veekihtide temperatuur suvel väga varieeruv (5-20º C). Samuti varieerub vee soolsus (6-10‰).

Naissaare rannikuveed ja Naissaare lähistel asuvad madalikud on hoovuste ja lainetuse tugeva mõju all. Aktiivsete hoovuste ja lainetuse mõjuvööndis, kus sügavus on väiksem kui 35 m, domineerivad kivised, kruusased ja liivased setted. Sageli kannavad tugevad hoovused ja lainetus madalatel merealadel peenliivaseid setteid ühest kohast teise. Lõpuks akumuleerub kerge poolkõdunenud orgaaniline materjal, mis on toiduks põhjaloomastikule, süvikutesse (>50 m). Seetõttu on loomastiku toidubaas madalal, hoovuste ja lainetuse mõjuvööndis, kesine.

Taimestik levib uurimisalal veepiirist kuni 24 m sügavuseni. Põhjataimestik on arenenud kõige rikkalikumalt 1,5-10 m sügavusel kõvematel kiviklibustel või kivistel põhjadel. Liikuvate liivadega aladel taimestik praktiliselt puudub. Sügavusel 15-24 m on taimestik äärmiselt vaene. Taimestiku levik nii sügavale on iseloomulik vaid süvikute vee kerke piirkondades, kus vee läbipaistvus ja seega valgustingimused suurema sügavustega aladel on head.

## 5.4. Liivaammutustööde mõjust põhjaloomastikule

Madalaveelistel merealadel mõjutavad põhjaloomastiku arengut peamiselt järgmised ökoloogilised tegurid: 1) setete koosseis, 2) põhjataimestiku esinemine, taimestiku liigiline koosseis, 3) orgaanilise aine hulk vees ja setetes ja 4) piirkonna hüdroloogia (temperatuuri-, soolsuse- ja hapnikurežiim põhjalähedastes veekihtides, domineerivad hoovused).

Põhjaloomastiku kooslused reageerivad selgelt ükskõik millise ülalnimetatud teguri muutustele. Liivaammutustööde käigus muutuvad tööde piirkonnas setete koosseis, orgaanilise aine sisaldus ning sageli ka põhjataimestiku kooslused. Põhjaloomastik reageerib keskkonnatingimuste muutustele järgnevalt:

1) Süvendatud merepiirkonnas valdav osa põhjaloomastikust hävib, sest loomastik tõstetakse setetega välja. Väheneb nektobentiliste vähilaadsete arvukus ja biomass. Põhjafauna taastumine võtab aega 2-3 aastat.
2) Liivaammutustöödega paisatakse vette põhjasetteid, mis levivad hoovustega tööde piirkonnast kaugemale, kuna heljumi kergem fraktsioon püsib kaua veesambas. Heljumi kogus ja mõju põhjaelustikule on seda suurem, mida suuremad on süvendatavate setete kogused või mida pikemat aega töid läbi viiakse. Väga suur põhja settinud heljumi kogus võib tugevalt vaesustada põhjaelustiku kooslusi. Heljumi kergem fraktsioon on toiduobjektiks põhjafaunale. See võib parandada paljude põhjaloomastiku liikide, eriti filtreerijate ja detrivooride, toitumistingimusi, millega kaasnevad olulised muutused zoobentose koosseisus.
3) Liivaammutustööd toovad kaasa bioloogilise tasakaalu kadumise koosluste struktuuris. See väljendub liigilise mitmekesisuse, arvukuse ja biomassi väga suurtes muutustes orgaanilise reostusega (heljumiga) saastatud merealadel. Lisandunud heljumi mõju põhjakooslustele võib täheldada veel 2-3 aastat pärast süvendustöid. Seejärel taastub loomastiku liigiline koosseis, arvukus ja biomass normaalsele tasemele, mis on iseloomulik inimese poolt vähem mõjustatud piirkondadele.

## 5.5. Põhjaloomastiku kooslused Naissaare liivamaardlatel ja referentsalal 2009 aastal

Enne liivaammutustöid asustas loomastik maardlatel kõiki alasid. Pärast liivaammutustöid 2008-2009 aastal olid maardlatel 2 ja 3 tekkinud üksikud piiratud pindalaga alad, kus loomastik puudus. Varasemate uuringute tulemusel on teada, et maardlatel esineb piirkondi, kus hoovuste-lainetuse kulutav toime on sedavõrd suur, et loomastik seal puudub. Seetõttu on võimalik, et eluta alad maardlatel on tekkinud nii looduslike tegurite kui ka inimtegevuse mõjul – liivaammutamise tagajärjel. Maardlal 1 oli pärast liivaammutustöid tekkinud peaaegu kogu maardla ulatuses eluta ala, mis on kindlasti liivaammutustööde tulemus.

Liivamaardlatel Naissaare rannikumeres kannavad tugevad hoovused ja lainetus setteid ühest kohast teise. Ebastabiilsete setete, taimestiku vähesuse või puudumise ja vähese

orgaanilise heljumi tõttu (kesine toidubaas) on piirkonna põhjaloomastik võrreldes teiste merealadega tunduvalt liigivaesem. Kokku esines liivamaardlatel 2009 aastal 13 põhjaloomastiku liiki ja rühma. Ussidest esinesid maardlatel harilik silinderkärslane *Halicryptus spinulosus*, tavaline harjasliimukas *Hediste diversicolor*, hulkharjasuss *Marenzelleria neglecta ja* väheharjasussid Oligochaeta. Koorikloomadest esinesid põlvikvähk *Bathyporeia pilosa*, tavaline tõruvähk *Balanus improvisus*, tavaline harjaslabalane *Monoporeia affinis* ja merikilk *Saduria entomon*. Tigudest ja karpidest esineb maardlatel lamekeermene vesitigu *Hydrobia ulvae*, balti lamekarp *Macoma balthica*, söödav rannakarp *Mytilus trossulus* ja liiva-uurikkarp *Mya arenaria*. Putukavastsetest esines põhjaloomastiku koosseisus surusääsklased Chironomidae. Nii kevadel (mai) kui ka sügisel (september) oli maardlatel 1, 2 ja 3 loomastiku liigiline koosseis peaaegu identne. Järelikult liivaammutustööd ei mõjunud pärssivalt maardlate põhjaloomastiku liigilisele koosseisule. Samuti ei täheldatud liivaammutustöödel tekkinud heljumi positiivset efekti (liigilise koosseisu suurenemist) maardlate põhjaloomastikule.

Liivase põhjaga merealadel oli maardlate põhjaloomastiku arvukus ja biomass nii mais kui ka septembris madal (vastavalt 47-329 is $m^{-2}$ ja 0,1-22,9 g $m^{-2}$). Järelikult süvendustöödel tekkinud heljum ei avaldanud positiivset ega negatiivset mõju põhjaloomastiku kvantitatiivsele koosseisule.

Aktiivse lainetuse ja hoovuste mõjuvööndis kontsentreerub põhjaloomastik maardlatel aladele, kus esinevad kõvad, kivised või kiviklibused põhjad. Sellisteks merealadeka olid 2009 aasta mais ja oktoobris jaamade 32 ja 34 piirkonnad, kus 10-12 m sügavusel levisid söödava rannakarbi *Mytilus trossulus* kolooniad. Tänu selle liigi ohtrale esinemisele oli põhjaloomastiku arvukus (2397-5076 is $m^{-2}$) ja biomass (41,7-54,4 g $m^{-2}$) võrreldes muude aladega maardlatel kordades suurem. Pärast liivaammutustöid ei tõusnud söödava rannakarbi kolooniate arvukus ja biomass. Seega, heljumi mõju põhjaloomastikule ei olnud täheldatav.

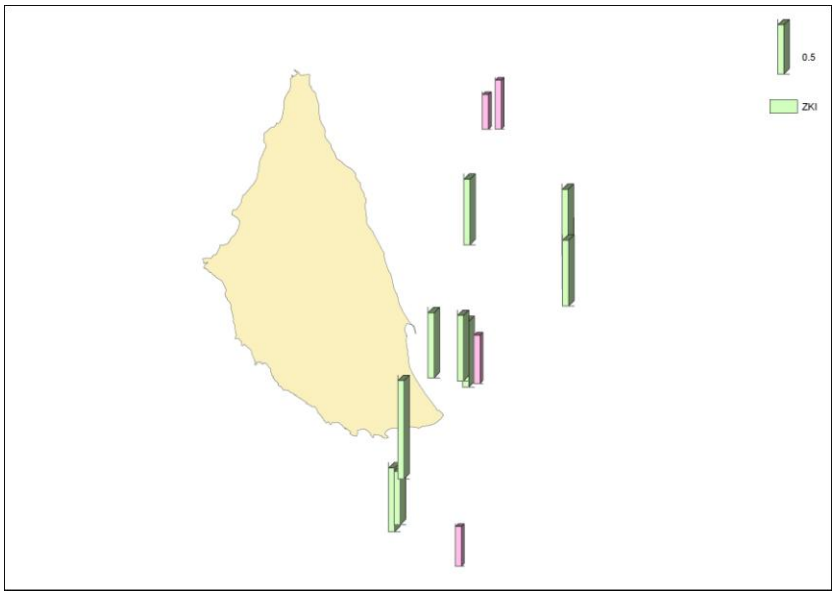
2009 aasta mais oli referentsalal maardlatega analoogse sügavusega (10-25 m) ja setetega (põhiliselt eri fraktsiooniga liivased setted, kus esineb kohati ka klibu, kive) biotoobis samasuguse liigilise koosseisuga põhjaloomastik nagu maardlatel. Mais 2009 oli referentsala 10-25 m sügavusega aladel põhjaloomastiku arvukus väike (47-423 is $m^{-2}$), biomass samal tasemel nagu maardlatel (5,1-46,5 g $m^{-2}$). Septembris 2009 oli tõusnud 10-25 m sügavusel leviva põhjaloomastiku arvukus (799-1222 is $m^{-2}$). Samas jäi nendel sügavustel põhjaloomastiku biomass septembris referentsalal samale tasemele. Arvukus tõusis hõljumist toituvate dominantliikide söödava rannakarbi ja tõruvähi *Balanus improvisus* ning väheharjasusside Oligochaeta massilisema esinemise arvel. Ilmselt on siin tegu loodusliku varieerumisega, mitte liivaammutusega kaasnenud heljumi mõjuga. Heljumi mõjul põhjaloomastiku mitmekesisus, arvukus ja biomass kas suureneb või väheneb kordades.

Referensala servas Naissaare rannikumeres sügavusega 5 m esinevad ohtra taimestikuga merealad. Selles sügavustsoonis levib uurimispiirkonna kõige rikkalikuma liigilise koosseisuga (näiteks septembris 10 liiki ja rühma) loomastik. Põhjaloomastiku koosseisus oli palju kõrge reostustundlikkusega liike – liiva-uurikkarp *Mya arenaria*, söödav südakarp *Cerastoderma glaucum*, kirpvähilised Gammarus sp. Loomastiku arvukuse ja biomassi dominant oli alati söödav rannakarp. Selle liigi kolooniate arvukus ja biomass olid suured – näiteks 2009 aasta oktoobris 4277 is $m^{-2}$ ja 50,8 g $m^{-2}$, kuid tasemel, mis on omased normaalsetele, heljumist vähemõjustatud merealadele. Suur liigiline mitmekesisus, arvukus ja biomass nii enne kui ka pärast liivaammutustöid ohtra taimestikuga madalates piirkondades viitab sellele, et heljumi mõju elustikule ei olnud seal tuvastatav.

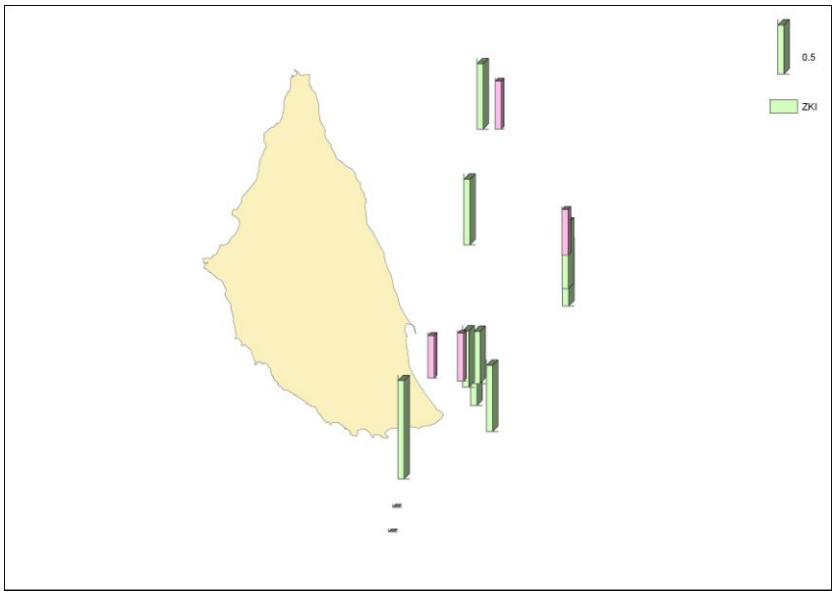
## 5.6. Naissaare rannikumere veekvaliteet

Veekvaliteedi hindamiseks põhjaloomastiku abil kasutati põhjaloomastiku koosluse indeksit ZKI. ZKI on spetsiaalselt Eesti rannikumere jaoks välja töötatud näitaja, mis arvutatakse erineva tundlikkusega põhjaloomastiku liikide biomassi alusel. Kui indeksi väärtus on suurem kui 0,5, siis mereala keskkonnaseisund on hea.

Põhjaloomastiku koosluste alusel võib Naissaare rannikumere keskkonnaseisundit pidada üldiselt heaks - ZKI indeksi väärtus oli paljudes jaamades nii mais kui ka septembris 2009 suurem kui 0,5 (joonised 64 ja 65). Seega põhjakoosluste analüüs näitab, et liivaammutustööd ei avaldanud märgatavat mõju Naissaare rannikumere keskkonnaseisundile.




Joonis 64. Naissaare piirkonna keskkonnaseisund 2009 aasta mais põhjaloomastiku koosluste ZKI indeksi alusel. Rohelised tulbad näitavad jaamu, kus indeksi alusel on hea keskkonnaseisund (ZKI>0,5). Lillad tulbad näitavad jaamu, kus keskonnaseisund on rohkem või vähem häiritud (ZKI<0,5).




Joonis 65. Naissaare piirkonna keskkonnaseisund 2009 aasta septembris põhjaloomastiku koosluste ZKI indeksi alusel. Rohelised tulbad näitavad jaamu, kus indeksi alusel on hea keskkonnaseisund (ZKI>0,5). Lillad tulbad näitavad jaamu, kus keskonnaseisund on rohkem või vähem häiritud (ZKI<0,5).

Suhteliselt hea keskkonnaseisundi foonil esineb Naissaare rannikumeres liivamaardlatel ja referentsalal üksikuid väikese ruumilise ulatusega inimtegevusest või looduslikest häiringutest tugevamalt mõjutatud merepiirkondi. Nendel aladel on põhjaloomastiku koosluste põhjal keskkonnaseisund häiritud - ZKI indeksi väärtus on väiksem kui 0,5 (joonis 64 ja 65). Vaid 2009 aasta mais oli teisel maardlal jaamas 30 ZKI väärtus 0,33, st selles piirkonnas olid põhjaloomastiku kooslused tugeva loodusliku häiringu mõju all. Ülejäänud piirkondades, kus ZKI indeksi väärtus oli alla 0,5, oli ta nii mais kui ka septembris 2009 hea ja häiritud veekvaliteediklassi piiril. See näitab, et Naissaare rannikumere elukeskkonnas ei ole inimtegevuse või looduslike tegurite mõjul tekkinud pöördumatuid häiringuid.

## 6. Kalastik

Välitööd Naissaare liivamaardlate piirkonnas toimusid, vastavalt tööde lähteülesandele, kõigil kolmel maardlaalal ja nende naabruses paiknevatel võrdlusaladel. Püügil kasutati standardset rannikumere kalastiku seire võrgujada (30 m pikkused 1.8 m kõrgused võrgud silmasuurusega 17, 21, 25, 30, 33, 38, 50, 55 ja 60 mm), igasse jaama olid lisatud veel 42 ja 45 mm silmasuurusega nakkevõrgud.Võrgud lasti vette kell 19-21 ja nõuti järgmisel hommikul kell 8-10.

Juuni algul (7.-10.06) püüti kalu maardlatel 2 ja 3 ning võrdlusalal, mis jäi maardlate ja saare vahele. Sama tööd korrati 15.-16.09 ja 1.-2.10 (paus oli tingitud ebasoodsatest ilmastikutingimustest). Lisaks püütu septembris ja oktoobris maardlal 1 ja selle võrdlusalal maardla ja Naissaare vahel (tabel 2).

Tabel 2. Püügialade koordinaadid ja püünise nõudmiste (jaam/öö) arv.

| Püügiala | N | E | juuni | sept | okt |
|---|---|---|---|---|---|
| Ala 1 | 59,529283 | 24,556783 | 0 | 2 | 2 |
| Ala 1, võrdlusala | 59,545033 | 24,569617 | 0 | 2 | 2 |
| Ala 2 | 59,590417 | 24,579600 | 2 | 2 | 2 |
| Ala 3 | 59,567133 | 24,613183 | 2 | 2 | 2 |
| Alad 2 ja 3, võrdlu | 59,578717 | 24,548583 | 4 | 4 | 4 |

Andmed vee temperatuuri, tuule suuna ja tugevuse ning vee läbipaistvuse kohta on toodud tabelis 3.

Tabel 3. Tuule sound,, tugevus, vee temperatuur ja läbipaistvus välitööde ajal 2009 aastal

| Ala | Aasta | Kuu | Päev | Aeg | Tuul | Veetemperatuur | Secchi, m |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Naissaar | 2009 | 6 | 8 | õhtu | E 3-6 | pinnal 10,5; põhjas 5 | |
| Naissaar | 2009 | 6 | 9 | hommik | E 4-8 | 10 | |
| Naissaar | 2009 | 6 | 9 | õhtu | W 1-3 | | |
| Naissaar | 2009 | 6 | 10 | hommik | E 1-3 | 10,2 | 6,5 |
| Naissaar | 2009 | 9 | 15 | õhtu | NE 2-5 | 16,7 | 5 |
| Naissaar | 2009 | 9 | 16 | hommik | S 3-6 | 16,4 | 5 |
| Naissaar | 2009 | 10 | 1 | õhtu | NE 4-8 | | |
| Naissaar | 2009 | 10 | 2 | hommik | NNW 3-6 | 12,6 | 6,5 |

Kõigil püütud kaladel määrati liik, mõõdeti nende täispikkus (TL, mm), täiskaal (TW, g), määrati sugu ja gonaadide küpsusaste, enamusel tööonduskaladest määrati toidu koosseis maosisu järgi, registreeriti välised vigastused. Kuna maardlate 2 ja 3 kalastik oli üsna sarnane, on andmeanalüüsis liidetud nende alade (ja vastavate võrdlusalade) kalastik. Iga üksiku jaama kalastiku kooseis on samuti toodud tabelites 3-5.

Uurimisala kalastik muutub sesoonselt. Seetõttu analüüsitakse kevadiste püükide tulemusi eraldi sügiseste püükide tulemustest. Kuna püüti demersaalsete nakkevõrkudega, iseloomustavad tulemused paremini põhjalähedase eluviisiga kalade arvukust. Pelaagilistest kaladest esines arvukamalt räime, kohati ka meritinti ning vaid ühes jaamas ka viidikat. Kokkuvõttes on seetõttu eraldi välja toodud kogu saagikus ja saagikus ilma pelaagiliste kaladeta.

Saagis domineerisid merekalad; mageveekaladest esines regulaarsemalt üksnes ahven, siirdekaladest – merisiig, meriforell.

**Saagikus ja liigirikkus**

Kevadiste seirepüükide kalastiku liigiline koosseis, saagikus (isendite arv jam/öö kohta) ja kalastiku liigirikkus maardlatel 2 ja 3 ning need näitajad vastavatel võrdlusaladel on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Kalastiku liigiline koosseis, saagikus (isendite arv jaamöö kohta) ja liigirikkus maardlatel 2 ja 3 ning vastavatel võrdlusaladel juunikuus 2009.

| | Võrdlusala | | | | | | Maardla | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Liik** | **2,3v** | **2,3v** | **2,3v** | **2,3v** | **Keskmine** | **SD** | **2** | **2** | **3** | **3** | **Keskmine** | **SD** |
| Lest | 17 | 11 | 8 | 10 | 11,5 | 3,9 | 9 | 0 | 0 | 2 | 2,75 | 4,3 |
| Räim | 6 | 3 | 4 | 0 | 3,25 | 2,5 | 4 | 7 | 4 | 2 | 4,25 | 2,1 |
| Emakala | 0 | 0 | 1 | 0 | 0,25 | 0,5 | 1 | 0 | 4 | 0 | 1,25 | 1,9 |
| Meritint | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,25 | 0,5 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0,5 | 0,6 |
| Meripühvel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0,25 | 0,5 |
| Tursk | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0,25 | 0,5 |
| Merivarblane | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,25 | 0,5 |
| ***KOKKU*** | ***23*** | ***14*** | ***13*** | ***11*** | ***15,25*** | ***5,3*** | ***14*** | ***10*** | ***9*** | ***5*** | ***9,5*** | ***3,7*** |
| ***KOKKU ilma pelaagiliste kaladeta*** | ***17*** | ***11*** | ***9*** | ***10*** | ***11,75*** | ***3,6*** | ***10*** | ***2*** | ***4*** | ***3*** | ***4,75*** | ***3,6*** |
| ***Liikide arv*** | ***2*** | ***2*** | ***3*** | ***2*** | ***2,25*** | ***0,5*** | ***3*** | ***4*** | ***3*** | ***3*** | ***3,25*** | ***0,5*** |
| ***Liikide arv ilma pelaagiliste liikideta*** | ***1*** | ***1*** | ***2*** | ***1*** | ***1,25*** | ***0,5*** | ***2*** | ***2*** | ***1*** | ***2*** | ***1,75*** | ***0,5*** |

Kevadine kalastik oli liigivaene, keskmine liikide arv (ilma pelaagiliste kaladeta) oli maardlal vaid 1,75 ja võrdlusalal 1,25; ühes jaamas oli mõlemal juhul vaid 1-2 põhjalähedast kalaliiki. Lesta saagikus ja kogusaagikus olid võrdlusalal kõrgemad kui maardlal, mis viitab põhjakalade jaoks ebasoodsamatele tingimustele maardlatel.

Sügisestel püükidel samadel maardlatel ja võrdlusalal olid liigirikkus ja saagikus suuremad, kusjuures liigirikkus (liikide arv jaama kohta) oli maardlatel ja võrdlusalal üpris sarnane (tabel 5).

Tabel 5. Kalastiku liigiline koosseis, saagikus (isendite arv jaamöö kohta) ja liigirikkus maardlatel 2 ja 3 ning vastavatel võrdlusaladel septembris-oktoobris 2009.

| | Alade 2,3 võrdlusala | | | | | | Alad 2 ja 3 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Liik** | **Püük 1a** | **Püük 1b** | **Püük 2a** | **Püük 2b** | **Keskmine** | **SD** | **2, püük 1** | **2, püük2** | **3, püük 1** | **3, püük 2** | **Keskmine** | **SD** |
| Lest | 54 | 57 | 12 | 15 | 34,5 | 24,3 | 38 | 5 | 3 | 9 | 13,75 | 16,4 |
| Räim | 5 | 3 | 3 | 3 | 3,5 | 1,0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1,75 | 1,0 |
| Emakala | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0,25 | 0,5 |
| Meritint | 5 | 6 | 11 | 8 | 7,5 | 2,6 | 47 | 11 | 1 | 2 | 15,25 | 21,6 |
| Meripühvel | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Tursk | 0 | 1 | 0 | 6 | 1,75 | 2,9 | 2 | 5 | 0 | 0 | 1,75 | 2,4 |
| Ahven | 1 | 5 | 1 | 2 | 2,25 | 1,9 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0,75 | 1,0 |
| Nolgus | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0,5 | 0,6 |
| Merisiig | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Kammeljas | 6 | 8 | 3 | 0 | 4,25 | 3,5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,25 | 0,5 |
| Suurtobias | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,25 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 |
| Koha | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,25 | 0,5 |
| Kilu | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,25 | 0,5 |
| ***Kokku*** | ***71*** | ***80*** | ***30*** | ***35*** | ***54*** | ***25,2*** | ***93*** | ***22*** | ***7*** | ***17*** | ***34,75*** | ***39,3*** |
| ***Kokku ilma pelaagiliste kaladeta*** | ***61*** | ***71*** | ***16*** | ***23*** | ***42,75*** | ***27,3*** | ***43*** | ***10*** | ***5*** | ***12*** | ***17,5*** | ***17,3*** |
| ***Liike*** | ***5*** | ***6*** | ***5*** | ***6*** | ***5,5*** | ***0,6*** | ***8*** | ***4*** | ***5*** | ***6*** | ***5,75*** | ***1,7*** |
| ***Liike ilma pelaagiliste liikideta*** | ***3*** | ***4*** | ***3*** | ***3*** | ***3,25*** | ***0,5*** | ***6*** | ***2*** | ***3*** | ***3*** | ***3,5*** | ***1,7*** |

Pelaagilisi kalu (peamiselt meritinti ja räime), kes satuvad põjhavõrkudesse suhteliselt juhuslikut ja kes ei ole toitumisega seotud vastava ala põhjasetetega, oli maardlal rohkem (meritindi suurema arvukuse tõttu). Seevastu põhjalähedaste kalade arvukus oli maardlatel oluliselt madalam kui võrdlusalal. Selgelt vältisid maardlaid lest ja kammeljas, ka ahvena saagikus oli seal madalam kui võrdlusalal (tabel 4).

Maardlal 1 oli seirepüüki sattunud kalade liikide arv (koos pelaagilistega kui ka ilma pelaagilisteta) kõrgem kui võrdlusalal (tabel 6).

Tabel 6. Kalastiku liigiline koosseis, saagikus (isendite arv jaamöö kohta) ja liigirikkus maardlal 1 ning vastaval võrdlusalal septembris-oktoobris 2009.

| | Ala 1 võrdlusala | | | Ala 1 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Liik** | **Püük1** | **Püük2** | **Keskmine** | **Püük1** | **Püük2** | **Keskmine** |
| Lest | 45 | 25 | 35 | 11 | 7 | 9 |
| Räim | 5 | 1 | 3 | 10 | 11 | 10,5 |
| Meritint | 3 | 4 | 3,5 | 1 | 1 | 1 |
| Meripühvel | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0,5 |
| Tursk | 0 | 7 | 3,5 | 1 | 12 | 6,5 |
| Merivarblane | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ahven | 3 | 0 | 1,5 | 1 | 4 | 2,5 |
| Nolgus | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0,5 |
| Merisiig | 0 | 3 | 1,5 | 1 | 1 | 1 |
| Kammeljas | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Suurtobias | 1 | 0 | 0,5 | 0 | 1 | 0,5 |
| ***Kokku*** | ***59*** | ***40*** | ***49,5*** | ***26*** | ***38*** | ***32*** |
| ***Kokku ilma pelaagiliste kaladeta*** | ***50*** | ***35*** | ***42,5*** | ***15*** | ***25*** | ***20*** |
| ***Liike*** | ***6*** | ***5*** | ***5,5*** | ***7*** | ***8*** | ***7,5*** |
| ***Liike ilma pelaagiliste liikideta*** | ***4*** | ***3*** | ***3,5*** | ***5*** | ***5*** | ***5*** |

Ka tursa arvukus oli maardlal mõnevõrra suurem, mille põhjuseks võib olla saakloomade (räime) suurem arvukus maardla piirkonnas. Tüüpilise põhjasetetega seotud kala – lesta saagikus oli maardlal ligi neli korda madalam kui võrdlusalal. Kammeljat saadi vaid 2 isendit, mõlemad võrdlusalalt (tabel 6).

Seega, maardlate piirkonna kalastikus on vähenenud vahetult põhjaga seotud liikide, ennekõike lesta ja kammelja, arvukus (saagikus), mis on seotud muutustega veekogu põhjas, ilmselt peamiselt toiduobjetide arvukuse ja/või nende mõõtmete muutustega. Pelaagiliste kalade arvukus ja üldine liigirikkus võivad maardlate piirkonnas olla isegi kõrgemad.

Kalade mõõtmed

Võrreldi arvukamalt seirepüükidesse sattunud kalasliikide isendite keskmist pikkust ja kaalu maardlatel ja võrdlusaladel. Tursa mõõtmed ja kaal ei erinenud võrdlusalal ja maardlatel (võrdlusalal täispikkus TL 314 ±71mm, n=14 ja täiskaal TW 366 ±288 g, n=14; maardlatel vastavalt TL 309±74 mm, n = 22 ja TW 348±267, n=22). Maardlalt püütud ahvenad olid mõnevõrra suuremad kui võrdlusalal (TL vastavalt 200±39, n=10 ja 189±26 mm, n=14; TW vastavalt 111±75mm, n=10 ja 84±33 g, n=12).

Kevadel (juunis) ei erinenud lesta pikkus ja kaal maardlatel 2 ja 3 ning võrdlusaladel oluliselt (maardlatel TL 234±48 mm, n=15 ja võrdlusalal 239±35 mm, n=46). Ka sügisel ei olnud erinevusi pikkuses ja kaalus (TL 220±44 mm, n=55 maardlatel ja 221±45 mm, n=138 võrdlusalal). Maardlalt 1 sügisel püütud lest olid mõnevõrra suurem (TL 248±46 mm, n=18 ja TW 218±179 g, n=18) kui vastaval võrdlusalal (TL 229±51 mm, n=51 ja TW 165±102 g, n=70). Toodud erinevused ei ole ühelgi juhul statistiliselt olulised.

Haigete kalade hulk seirepüükides on oluliselt vähenenud – 2009 aastal sattus seirepüükidesse vaid üks lümfotsüstoosiga kala.

## Kokkuvõte

### 1. Heljum

Heljumi leviku ja veekvaliteedi seire tulemused, mis põhinevad otsestel mõõtmistel, satelliitkaugseirel ja numbrilisel modelleerimisel, näitavad, et Naissaare liivamaardlatest kaevandatava liiva mõju piirneb kaevandatavate alade ja neid siduvate piirkondadega. Mõju Naissaare rannikule on ebaoluline ja ei ulatu Tallinna lahe lahtede ega rannikuni.

### 2. Naissaare liivamaardla setete dünaamika

Naissaare liivamaardla laiendus 1 plokk 1 ja 2 piires esinesid 2008 aasta sügisel vahetult pärast esimest kaevadamist selgesti välja kujunenud süvenduspea jäljed. Kaevandamise tagajärjel olid moodustunud sügavamad vaod (süvenduspea liikumise jälg) ja kõrgemad vallid (süvenduspea liikumise vahelised alad). Kevadel 2009 ei olnud nimetatud reljeefi vormid jälgitavad, samas esinesid merepõhjas oluliselt naaberaladest eristuvad süvendid (kohati üle 3 m), mis tõenäoliselt viitavad kaevandamisele mõõdistamiste vahelisel perioodil. Käesolevad seireandmed ei saa olla kaevandatud liiva mahtude arvutamise aluseks, sest lisaks kaevandamisele on mõõdistamise vahelisel perioodil aset leidnud hüdrodünaamiliselt aktiivsemad perioodid koos intensiivsema setete ümberpaigutumisega ning võimaliku loodusliku settematerjali lisandumise või ärakandega. Seetõttu ei ole kaevandamisest põhjustatud reljeefi muutused jälgitavad eraldatuna looduslikest protsessidest. Vaadeldud perioodil oli kaevandamise poolt enam mõjutatud seireruutudeks seireruut S13 (joonis 30) ja S22 (joonis 35).

### 3. Rannaprotsessid

Naissaare rannaprofiilide ja maapinna reljeefi võrdlus näitas, et suhteliselt pikal perioodil 2006 aastast kuni 2009 aastani on rannas toimunud muutused suhteliselt väikesed. Kogu seirealal on paguvee rand muutunud madalamaks ja Hülkari neemest alates edela suunas on ajuveerand muutunud veidi kitsamaks ja järsemaks. Selle põhjuseks on ilmselt rannaprofiili reaktsioon lainetuse energiale. Rannaprofiil tasakaalustab end vastavalt lainetuse energiale.

Sügistalvisel perioodil esineb sageli tormilainetus, mis on intensiivsem ja suurema energiaga. Kevadtalvisel perioodil esineb väiksema intensiivsuse ja väiksema energiaga lainetus. Aasta-ajalisest lainetuse intensiivsuse iseärasusest lähtudes eristatakse kahte tüüpi rannaprofiili – talveprofiil ja suveprofiil (Komar, 1998; lk 302-303). Väiksema intensiivsusega lainetuse korral on rannaprofiilil eristatav suhteliselt lai tasane platoo rannas ja ühtlaselt sügavamaks muutuv rannanõlv ilma vallideta.

Rannaprofiili dünaamika on oluline looduslik mehhanism, mis läbi lainete murdumise hajutab ning maandab lainete poolt kantavat energiat. Intensiivsema lainetuse korral väheneb paguvee ranna ja rannanõlva kallakus ning laine murdumise tsoon nihkub kaugemale meresuunas. Seeläbi hajutab rannaprofiil laineenergia enne selle ajuvee randa jõudmist. Sellist rannavööndi lamedamaks muutumist peetakse sageli ekslikult kulutuseks. Tegelikult on see aga materjali ümberpaigutumine rannavööndis mille käigus materjali rannavööndist ei eemaldata. Sellise rannaprofiili nõlvuse kujunemise läbi toimib rannavöönd puhvertsoonina kaitstes ajuvee ranna murrutusastangut ja sellest maapool asuvaid objekte lainetuse rünnaku eest ning seega kaitstes randa tegeliku kulutuse eest. Rannavööndi võime kohandada ennast valdavate hüdrodünaamiliste protsessidega teeb temast efektiivse rannakaitse rajatise. Naissaare seirealal Hülkari neemest põhjas on rannaprofiil kohandunud lainetuse energiale ja sügisesele veetasemele selliselt et paguvee rannast on settematerjali liigutatud rannanõlva poole ja rannajoon on nihkunud maa suunas. Rannanõlva poole liigutatud materjal tõstab rannanõlva selliselt, et lainete murdumise piir nihkub mere suunas. Sama on toimunud Hülkari neemest edelas asuvate profiilide piirkonnas. 2009 aasta uuringud näitasid, et Naissaare liivamaardlast kaevandamine ei ole Naissaare rannaprotsesse oluliselt mõjutanud.

## 4. Põhjataimestik

Naissaare seiretransektil on liigiline mitmekesisus väga madal. Samas, eelnev liiva kaevandamine ei ole mitmeaastastele liikidele mõju avaldanud - mitmeaastaste liikide osakaal on väga kõrge. Põhjataimestiku üldkatvus seirealal on hea. Madalate alade maksimumid küünivad väärtusteni kuni 90%, kogu vaatlusjada keskmine katvus on 35%. Põhjataimestiku levikumaksimumi asumist sügavusel 12 meetrit võib hinnata heaks näitajaks. Sügavusteni 0-5 meetrit on domineerivaks liigiks põisadru *F. vesiculosus*.

Analüüsi tulemused näitavad, et liiva kaevandamise mõju ei ole täheldatav ja põisadru konditsioon on hea.

Peale põisadru on teiste mitmeaastase liikide osakaal katvuses väike. Niitjad vetikad ei ole domineerivad ja nad ei moodusta lausalist pealiskasvu põisadrule. Vaatluste käigus samuti ei tuvastatud põhjataimestikul esinevat lahtist setet.

## 5. Põhjaloomastik

Hüdrofüüsikaliselt väga dünaamilises Naissaare rannikumeres on levinud põhjaloomastiku kooslused, kes on kohastunud toime tulema pideva loodusliku häiringuga. Lainetuse ja hoovuste väga tugevas mõjutsoonis ei avaldunud liivaammutustöödega vette paiskunud hõljumi mõju põhjaloomastiku kooslustele. Maardlatel ja referentsalal jäi loomastiku liigiline koosseis, arvukus ja biomass nii enne kui ka pärast liivaammutustöid samale tasemele.

Enne ammutustöid asustas kõiki maardlaid suhteliselt vaene põhjaloomastik. Liivaammutustööde käigus tekkis esimesele liivamaardlale eluta ala. See ala koloniseeritakse naaberaladelt migreerunud loomastikuga umbes poole kuni ühe aasta jooksul.

Üldiselt on keskkonnaseisund põhjaloomastiku koosluste analüüsi alusel Naissaare rannikumeres ja seal asuvatel madalikel hea. Väga paljudes piirkondades oli ZKI indeksi väärtus suurem kui 0,5, mis iseloomustab hea seisundiga merealasid. Väga tugeva lainetuse ja hoovuste mõju tõttu oli ZKI indeksi väärtus paljudes häiritud piirkondades hea ja häiritud veekvaliteediklassi piiril nii maikuus kui septembris 2009. Ülaltoodud indeksite väärtused viitavad sellele, et Naissaare rannikumere elukeskkonnas ei ole inimtegevuse või looduslike tegurite mõjul tekkinud pöördumatuid häiringuid.

## 6. Kalastik

Varasemad andmed pärinevad liivamaardlate ja vastavate võrdlusalade uuringutest 2004 ja 2005 aastal. 2004 ja 2005 aastal oli kalaliikide arv seirepüükides kontrollalal suurem kui maardla alal, samas 2009 aasta seirepüükide puhul seda ei täheldatud. Kontrolljaamades oli keskmine saagikus 2005 aastal oluliselt kõrgem kui maardla alal paiknenud jaamades kõigil uurimisperioodidel - maikuus 1,5 korda suurem, juunis ja septembris 2 korda suurem. 2004 aastal olid saagikuse erinevused kontrolljaamades ja maardlal paiknenud jaamades suhteliselt väikesed. Ka 2009 aasta andmed näitavad, et maardlate piirkonnas on saagikus väiksem, seda ennekõike vahetult põhjaga seotud liikide arvukuse (saagikuse) vähenemise tõttu.

Põhjaga vahetult seotud liikide (lest, emakala) puhul olid 2005 aastal maardla piirkonnast püütud kalad väiksemad, kui kontrollalalt püütud kalad. Põhjaga vähem seotud kala – ahvena puhul seda ei täheldatud (maikuus olid maardlalt püütud ahvenad hoopiski suuremad, mida saab seletada kudemisalade paiknemisega; ahven ei koe vahetult põhjale). 2009 aastal olulisi erinevusi maardlate ja kontrollalade kalade mõõtmetes ei täheldatud.

2005 aastal kevadel sattus seirepüükidesse hulgaliselt lümfotsüstoosis lesta, kusjuures lümfotsüstoosiga kalade arvukus ei olnud maardla alal suurem kui kontrollalal. Kaladel esines ka skolioosi. Seevastu 2009 a sattus seirepüükidesse vaid üks lümfotsüstoosiga lest.

**LISA 1**

Tabel 1. Seireruutude nurgapunktide koordinaadid

| Seireruut | X(m) | Y(m) |
|---|---|---|
| S11 | 530000 | 6598800 |
| S11 | 530000 | 6598900 |
| S11 | 530100 | 6598800 |
| S11 | 530100 | 6598900 |
| S12 | 531400 | 6598500 |
| S12 | 531400 | 6598600 |
| S12 | 531500 | 6598500 |
| S12 | 531500 | 6598600 |
| S13 | 532900 | 6598400 |
| S13 | 532900 | 6598500 |
| S13 | 533000 | 6598400 |
| S13 | 533000 | 6598500 |
| S21 | 532600 | 6606640 |
| S21 | 532600 | 6606740 |
| S21 | 532700 | 6606640 |
| S21 | 532700 | 6606740 |
| S22 | 532650 | 6606250 |
| S22 | 532650 | 6606350 |
| S22 | 532750 | 6606250 |
| S22 | 532750 | 6606350 |
| S23 | 532740 | 6606000 |
| S23 | 532740 | 6606100 |
| S23 | 532840 | 6606000 |
| S23 | 532840 | 6606100 |
| S31 | 534400 | 6603100 |
| S31 | 534400 | 6603200 |
| S31 | 534500 | 6603100 |
| S31 | 534500 | 6603200 |
| S32 | 534830 | 6603200 |
| S32 | 534830 | 6603300 |
| S32 | 534930 | 6603200 |
| S32 | 534930 | 6603300 |
| S33 | 535500 | 6603370 |
| S33 | 535500 | 6603470 |
| S33 | 535600 | 6603370 |
| S33 | 535600 | 6603470 |

Tabel 2. Setete dünaamika seireruudus S11, S12 ja S13.

| Seireruut: | S11 | S12 | S13 |
|---|---|---|---|
| Ülemise reljeefi mõõdistus: | 2008 | 2008 | 2008 |
| Alumise reljeefi mõõdistus: | 2009 | 2009 | 2009 |
| Ülemine reljeef Z miinimum: | -20.42 | -14.90 | -8.51 |
| Ülemine reljeef Z maksimum: | -17.05 | -12.84 | -7.51 |
| Alumine reljeef Z miinimum: | -20.42 | -14.90 | -11.93 |
| Alumine reljeef Z maksimum: | -17.05 | -12.84 | -7.83 |
| Keskmine sügavus: | -18.73 | -13.87 | -8.94 |
| Vaadeldud ala kogupindala: | 10000.00 | 10000.00 | 10000.00 |
| Setete ärakande alade pindala: | 5168.20 | 5100.74 | 9216.98 |
| Setete kuhjumispiirkondade pindala: | 4831.79 | 4903.14 | 838.59 |
| Ära kantud setete maht: | 0.000007743 | 99.36 | 15434.73 |
| Kuhjunud setete maht: | 0.000006601 | 250.46 | 85.07 |
| Keskmine ära kantud setete kiht: | 0.000000001 | 0.019 | 1.67 |
| Keskmine kuhjunud setete kiht: | 0.000000001 | 0.051 | 0.10 |

Tabel 3. Setete dünaamika seireruudus S21, S22 ja S23.

| Seireruut: | S21 | S22 | S23 |
|---|---|---|---|
| Ülemise reljeefi mõõdistus: | 2008 | 2008 | 2008 |
| Alumise reljeefi mõõdistus: | 2009 | 2009 | 2009 |
| Ülemine reljeef Z miinimum: | -30.48 | -16.88 | -16.15 |
| Ülemine reljeef Z maksimum: | -18.47 | -14.54 | -12.31 |
| Alumine reljeef Z miinimum: | -30.42 | -22.70 | -16.63 |
| Alumine reljeef Z maksimum: | -23.76 | -15.38 | -12.34 |
| Keskmine sügavus: | -25.78 | -17.38 | -14.36 |
| Vaadeldud ala kogupindala: | 10000.00 | 10000.00 | 10000.00 |
| Setete ärakande alade pindala: | 3646.88 | 10029.22 | 1462.55 |
| Setete kuhjumispiirkondade pindala: | 6393.39 | 0.00 | 8544.13 |
| Ära kantud setete maht: | 1726.85 | 34820.23 | 113.82 |
| Kuhjunud setete maht: | 488.60 | 0.00 | 1054.30 |
| Keskmine ära kantud setete kiht: | 0.47 | 3.47 | 0.08 |
| Keskmine kuhjunud setete kiht: | 0.08 | 0.00 | 0.12 |

Tabel 4. Setete dünaamika seireruudus S31, S32 ja S33.

| Seireruut: | S31 | S32 | S33 |
|---|---|---|---|
| Ülemise reljeefi mõõdistus: | 2008 | 2008 | 2008 |
| Alumise reljeefi mõõdistus: | 2009 | 2009 | 2009 |
| Ülemine reljeef Z miinimum: | -17.35 | -14.79 | -13.39 |
| Ülemine reljeef Z maksimum: | -14.28 | -12.36 | -12.12 |
| Alumine reljeef Z miinimum: | -17.61 | -16.22 | -13.37 |
| Alumine reljeef Z maksimum: | -15.02 | -12.66 | -12.03 |
| Keskmine sügavus: | -16.06 | -14.01 | -12.73 |
| Vaadeldud ala kogupindala: | 10000.00 | 10000.00 | 10000.00 |
| Setete ärakande alade pindala: | 10026.95 | 9583.78 | 1563.36 |
| Setete kuhjumispiirkondade pindala: | 0.66 | 435.47 | 8438.96 |
| Ära kantud setete maht: | 9304.09 | 4792.43 | 18.34 |
| Kuhjunud setete maht: | 0.00 | 38.87 | 579.30 |
| Keskmine ära kantud setete kiht: | 0.93 | 0.50 | 0.01 |
| Keskmine kuhjunud setete kiht: | 0.01 | 0.09 | 0.07 |

**Lisa 2**

**Tabel 1.** **Mõõdistamise tulemused. K**oordinaadid on antud Eesti riiklikus geodeetilises süsteemis, mis on kehtestatud Keskkonnaministri 30 juuni 2008 määrusega nr 26 (RTL, 10.07.2008, 57, 789). Selle määruse §6 alusel on Eesti kõrgussüsteemiks Balti 1977 a kõrgussüsteem.

| Y(m) | X(m) | Z(m) |
|---|---|---|
| 531850.08 | 6600508.49 | 2.15 |
| 531850.42 | 6600509.11 | 2.15 |
| 531854.53 | 6600505.10 | 2.14 |
| 531860.70 | 6600497.03 | 2.05 |
| 531863.84 | 6600493.67 | 2.65 |
| 531866.05 | 6600490.90 | 3.76 |
| 531867.91 | 6600488.15 | 4.89 |
| 531869.73 | 6600485.46 | 4.86 |
| 531871.76 | 6600482.85 | 3.74 |
| 531873.70 | 6600479.95 | 4.70 |
| 531875.13 | 6600478.51 | 4.99 |
| 531876.72 | 6600476.29 | 3.48 |
| 531878.71 | 6600473.78 | 1.72 |
| 531880.98 | 6600471.10 | 1.91 |
| 531883.10 | 6600469.11 | 1.91 |
| 531884.65 | 6600467.60 | 1.70 |
| 531886.37 | 6600465.80 | 0.94 |
| 531855.57 | 6600480.24 | 4.28 |
| 531853.36 | 6600483.78 | 3.45 |
| 531850.72 | 6600486.93 | 2.61 |
| 531847.59 | 6600491.47 | 1.90 |
| 531843.65 | 6600497.23 | 1.79 |
| 531840.93 | 6600501.84 | 1.78 |
| 531833.41 | 6600494.46 | 1.72 |
| 531835.27 | 6600488.58 | 1.44 |
| 531836.90 | 6600482.88 | 1.77 |
| 531838.57 | 6600477.34 | 3.07 |
| 531840.94 | 6600473.56 | 4.70 |
| 531841.82 | 6600470.72 | 6.15 |
| 531843.68 | 6600466.65 | 4.13 |
| 531845.50 | 6600462.18 | 3.73 |
| 531848.63 | 6600458.34 | 4.00 |
| 531851.25 | 6600454.93 | 4.86 |
| 531856.15 | 6600458.51 | 4.76 |
| 531861.39 | 6600463.14 | 4.97 |

| | | |
|---|---|---|
| 531858.82 | 6600466.93 | 4.77 |
| 531856.29 | 6600470.88 | 5.00 |
| 531853.50 | 6600474.06 | 5.76 |
| 531847.52 | 6600469.47 | 6.28 |
| 531853.63 | 6600464.50 | 4.31 |
| 531851.99 | 6600453.71 | 4.57 |
| 531853.69 | 6600450.58 | 3.00 |
| 531856.04 | 6600447.80 | 2.57 |
| 531859.87 | 6600442.89 | 2.10 |
| 531863.20 | 6600439.41 | 1.12 |
| 531867.65 | 6600435.61 | 0.86 |
| 531869.90 | 6600433.48 | 0.40 |
| 531864.04 | 6600429.04 | 0.90 |
| 531863.80 | 6600429.30 | 0.83 |
| 531860.67 | 6600431.21 | 0.94 |
| 531856.96 | 6600434.05 | 1.12 |
| 531853.75 | 6600436.79 | 2.05 |
| 531851.06 | 6600439.73 | 2.10 |
| 531847.96 | 6600443.22 | 2.60 |
| 531846.27 | 6600445.26 | 3.86 |
| 531844.27 | 6600447.33 | 4.93 |
| 531841.23 | 6600450.55 | 4.52 |
| 531839.14 | 6600453.04 | 3.83 |
| 531837.32 | 6600455.51 | 2.98 |
| 531834.48 | 6600458.96 | 3.68 |
| 531831.84 | 6600461.61 | 4.43 |
| 531829.35 | 6600463.95 | 5.82 |
| 531827.80 | 6600466.36 | 4.38 |
| 531825.50 | 6600469.05 | 2.68 |
| 531822.74 | 6600472.24 | 1.83 |
| 531818.27 | 6600476.91 | 1.39 |
| 531811.59 | 6600472.45 | 1.29 |
| 531811.59 | 6600472.45 | 1.29 |
| 531814.64 | 6600468.36 | 1.55 |
| 531817.67 | 6600464.62 | 2.28 |
| 531820.62 | 6600461.78 | 3.39 |
| 531822.00 | 6600459.64 | 4.58 |
| 531823.41 | 6600458.61 | 5.61 |
| 531826.07 | 6600455.87 | 6.10 |
| 531827.61 | 6600452.54 | 4.64 |
| 531829.99 | 6600448.07 | 3.47 |
| 531832.65 | 6600443.58 | 4.04 |

| | | |
|---|---|---|
| 531834.79 | 6600440.23 | 4.59 |
| 531837.17 | 6600437.30 | 4.34 |
| 531838.81 | 6600434.47 | 2.96 |
| 531842.55 | 6600430.26 | 2.13 |
| 531845.93 | 6600426.31 | 1.89 |
| 531848.85 | 6600423.29 | 1.11 |
| 531851.92 | 6600420.44 | 0.97 |
| 531855.12 | 6600417.14 | 0.78 |
| 531856.74 | 6600415.46 | 0.49 |
| 531859.09 | 6600413.62 | 0.25 |
| 531852.68 | 6600404.52 | 0.29 |
| 531849.38 | 6600406.91 | 0.50 |
| 531846.44 | 6600409.38 | 0.70 |
| 531843.25 | 6600412.59 | 0.94 |
| 531840.36 | 6600415.42 | 1.44 |
| 531838.26 | 6600417.86 | 2.29 |
| 531835.20 | 6600422.07 | 2.43 |
| 531832.70 | 6600424.92 | 2.57 |
| 531830.54 | 6600427.37 | 3.05 |
| 531828.25 | 6600429.99 | 4.57 |
| 531825.62 | 6600433.77 | 4.07 |
| 531823.23 | 6600437.41 | 3.28 |
| 531821.72 | 6600440.44 | 3.03 |
| 531818.98 | 6600443.85 | 1.99 |
| 531816.84 | 6600446.99 | 1.96 |
| 531815.57 | 6600449.45 | 2.58 |
| 531814.50 | 6600451.32 | 3.93 |
| 531813.17 | 6600453.34 | 3.31 |
| 531811.17 | 6600456.24 | 2.53 |
| 531808.70 | 6600460.05 | 1.95 |
| 531806.31 | 6600463.55 | 1.52 |
| 531803.85 | 6600467.78 | 1.22 |
| 531796.41 | 6600462.81 | 1.30 |
| 531791.86 | 6600458.57 | 1.39 |
| 531795.49 | 6600455.09 | 1.50 |
| 531797.83 | 6600451.88 | 1.78 |
| 531800.40 | 6600448.18 | 2.16 |
| 531802.33 | 6600445.51 | 2.77 |
| 531803.89 | 6600443.68 | 3.40 |
| 531806.09 | 6600441.23 | 1.83 |
| 531808.87 | 6600438.04 | 1.83 |
| 531812.16 | 6600434.27 | 2.45 |

| | | |
|---|---|---|
| 531815.00 | 6600430.63 | 3.11 |
| 531817.12 | 6600428.15 | 3.86 |
| 531819.21 | 6600424.87 | 4.45 |
| 531820.64 | 6600423.13 | 4.51 |
| 531821.72 | 6600421.24 | 4.46 |
| 531822.72 | 6600419.30 | 3.06 |
| 531824.23 | 6600417.16 | 2.53 |
| 531826.46 | 6600414.69 | 2.14 |
| 531828.94 | 6600412.14 | 2.34 |
| 531829.91 | 6600410.75 | 2.42 |
| 531831.12 | 6600409.05 | 1.82 |
| 531832.39 | 6600406.58 | 1.46 |
| 531834.28 | 6600403.54 | 1.18 |
| 531835.97 | 6600400.60 | 0.83 |
| 531838.07 | 6600397.30 | 0.61 |
| 531840.67 | 6600393.17 | 0.16 |
| 531831.49 | 6600388.59 | 0.27 |
| 531829.54 | 6600390.66 | 0.65 |
| 531827.56 | 6600393.82 | 0.88 |
| 531825.84 | 6600396.45 | 1.15 |
| 531823.48 | 6600399.90 | 1.52 |
| 531821.55 | 6600403.05 | 1.83 |
| 531819.01 | 6600406.92 | 1.94 |
| 531816.52 | 6600410.04 | 2.27 |
| 531814.79 | 6600412.11 | 3.17 |
| 531811.95 | 6600413.24 | 4.54 |
| 531808.35 | 6600415.27 | 4.47 |
| 531804.68 | 6600417.39 | 3.50 |
| 531799.98 | 6600419.85 | 2.83 |
| 531795.77 | 6600422.53 | 2.89 |
| 531792.07 | 6600424.82 | 3.74 |
| 531789.80 | 6600425.44 | 3.14 |
| 531788.20 | 6600426.68 | 3.44 |
| 531784.44 | 6600428.13 | 2.55 |
| 531779.39 | 6600430.70 | 1.88 |
| 531776.13 | 6600432.88 | 1.69 |
| 531772.43 | 6600434.93 | 1.43 |
| 531769.15 | 6600437.22 | 1.42 |
| 531765.78 | 6600430.54 | 1.38 |
| 531768.46 | 6600427.31 | 1.56 |
| 531771.39 | 6600423.54 | 1.86 |
| 531774.64 | 6600420.21 | 2.39 |

| | | |
|---|---|---|
| 531776.73 | 6600417.54 | 2.77 |
| 531778.31 | 6600415.41 | 2.94 |
| 531780.31 | 6600413.09 | 2.30 |
| 531783.00 | 6600409.71 | 2.36 |
| 531786.48 | 6600406.38 | 2.41 |
| 531788.48 | 6600403.81 | 3.17 |
| 531790.41 | 6600401.64 | 4.18 |
| 531792.07 | 6600399.31 | 5.20 |
| 531793.75 | 6600397.35 | 5.27 |
| 531795.24 | 6600395.66 | 3.95 |
| 531796.36 | 6600394.04 | 3.05 |
| 531797.62 | 6600392.27 | 2.09 |
| 531800.14 | 6600388.61 | 1.73 |
| 531801.51 | 6600386.56 | 1.81 |
| 531802.52 | 6600384.96 | 1.88 |
| 531803.72 | 6600383.35 | 1.29 |
| 531805.37 | 6600381.42 | 1.14 |
| 531807.24 | 6600378.92 | 0.99 |
| 531809.10 | 6600376.24 | 0.71 |
| 531809.99 | 6600375.03 | 0.30 |
| 531803.90 | 6600369.12 | 0.27 |
| 531801.66 | 6600370.30 | 0.69 |
| 531798.39 | 6600372.99 | 0.91 |
| 531795.09 | 6600376.09 | 1.03 |
| 531792.61 | 6600378.54 | 1.29 |
| 531789.69 | 6600382.49 | 1.75 |
| 531787.47 | 6600385.47 | 2.55 |
| 531785.69 | 6600386.75 | 3.61 |
| 531784.47 | 6600388.08 | 4.41 |
| 531783.68 | 6600388.91 | 5.13 |
| 531782.51 | 6600390.39 | 5.26 |
| 531780.87 | 6600392.19 | 4.57 |
| 531779.23 | 6600394.29 | 3.75 |
| 531777.36 | 6600396.75 | 2.81 |
| 531775.47 | 6600399.06 | 2.12 |
| 531773.56 | 6600401.13 | 1.92 |
| 531771.91 | 6600403.15 | 2.19 |
| 531770.13 | 6600405.48 | 2.06 |
| 531768.57 | 6600407.40 | 2.39 |
| 531766.73 | 6600409.72 | 2.80 |
| 531765.74 | 6600411.07 | 2.88 |
| 531764.03 | 6600413.03 | 2.32 |

| | | |
|---|---|---|
| 531761.97 | 6600415.77 | 1.88 |
| 531759.74 | 6600418.41 | 1.63 |
| 531757.18 | 6600421.58 | 1.50 |
| 531755.15 | 6600424.81 | 1.48 |
| 531752.89 | 6600428.27 | 1.47 |
| 531749.34 | 6600425.87 | 1.46 |
| 531744.68 | 6600422.67 | 1.36 |
| 531749.81 | 6600414.41 | 1.56 |
| 531751.34 | 6600411.96 | 1.64 |
| 531753.60 | 6600408.34 | 1.78 |
| 531756.25 | 6600404.36 | 2.20 |
| 531758.56 | 6600400.94 | 2.32 |
| 531761.21 | 6600396.98 | 2.28 |
| 531763.65 | 6600393.50 | 1.98 |
| 531765.77 | 6600390.60 | 2.40 |
| 531768.22 | 6600387.77 | 3.03 |
| 531769.91 | 6600384.82 | 3.86 |
| 531771.24 | 6600382.42 | 5.08 |
| 531772.47 | 6600380.45 | 5.29 |
| 531773.20 | 6600378.48 | 4.95 |
| 531773.83 | 6600377.11 | 3.61 |
| 531774.77 | 6600375.74 | 3.02 |
| 531776.98 | 6600372.50 | 2.22 |
| 531779.49 | 6600369.06 | 1.82 |
| 531780.96 | 6600367.10 | 1.70 |
| 531783.03 | 6600364.42 | 1.20 |
| 531785.15 | 6600361.83 | 1.27 |
| 531787.33 | 6600358.79 | 0.78 |
| 531789.75 | 6600356.77 | 0.63 |
| 531791.47 | 6600355.21 | 0.54 |
| 531793.51 | 6600353.17 | 0.00 |
| 531787.08 | 6600344.17 | 0.08 |
| 531785.20 | 6600345.52 | 0.48 |
| 531783.12 | 6600347.91 | 0.57 |
| 531780.45 | 6600350.81 | 0.71 |
| 531778.67 | 6600352.47 | 1.10 |
| 531777.43 | 6600354.19 | 2.20 |
| 531775.96 | 6600356.46 | 1.94 |
| 531773.41 | 6600360.12 | 2.43 |
| 531771.16 | 6600363.06 | 2.66 |
| 531769.01 | 6600366.47 | 2.44 |
| 531767.18 | 6600370.45 | 2.99 |

| | | |
|---|---|---|
| 531766.76 | 6600371.86 | 3.68 |
| 531766.30 | 6600372.46 | 4.26 |
| 531765.08 | 6600373.88 | 5.14 |
| 531764.17 | 6600374.80 | 5.10 |
| 531762.59 | 6600376.48 | 4.27 |
| 531760.91 | 6600378.18 | 3.59 |
| 531758.66 | 6600380.57 | 3.21 |
| 531755.93 | 6600383.54 | 2.70 |
| 531753.10 | 6600386.72 | 2.09 |
| 531750.67 | 6600389.21 | 2.17 |
| 531749.00 | 6600391.19 | 2.23 |
| 531747.07 | 6600393.35 | 2.72 |
| 531745.27 | 6600395.38 | 2.66 |
| 531743.25 | 6600397.71 | 2.41 |
| 531741.56 | 6600399.90 | 1.99 |
| 531739.73 | 6600402.48 | 1.74 |
| 531737.46 | 6600405.84 | 1.66 |
| 531733.63 | 6600405.08 | 1.59 |
| 531727.44 | 6600401.60 | 1.52 |
| 531729.46 | 6600398.89 | 1.83 |
| 531731.00 | 6600396.06 | 2.13 |
| 531732.09 | 6600394.00 | 2.33 |
| 531733.22 | 6600391.81 | 2.45 |
| 531752.16 | 6600368.13 | 4.52 |
| 531750.85 | 6600369.89 | 3.82 |
| 531749.52 | 6600371.00 | 3.06 |
| 531748.16 | 6600372.14 | 2.69 |
| 531745.49 | 6600373.91 | 2.30 |
| 531743.95 | 6600376.41 | 2.20 |
| 531741.93 | 6600378.71 | 2.22 |
| 531739.39 | 6600381.31 | 2.17 |
| 531737.13 | 6600378.64 | 2.08 |
| 531733.16 | 6600377.99 | 2.11 |
| 531730.85 | 6600375.41 | 2.13 |
| 531730.32 | 6600372.03 | 2.05 |
| 531725.97 | 6600349.89 | 2.76 |
| 531730.55 | 6600353.18 | 2.94 |
| 531735.80 | 6600356.94 | 2.98 |
| 531741.61 | 6600359.45 | 3.92 |
| 531748.87 | 6600364.24 | 4.38 |
| 531753.78 | 6600367.27 | 4.98 |
| 531754.53 | 6600366.73 | 4.89 |

| | | |
|---|---|---|
| 531755.27 | 6600365.84 | 3.92 |
| 531756.38 | 6600364.62 | 2.96 |
| 531757.47 | 6600363.35 | 2.60 |
| 531758.22 | 6600359.72 | 2.21 |
| 531756.77 | 6600354.89 | 1.95 |
| 531757.55 | 6600350.18 | 1.87 |
| 531759.36 | 6600346.78 | 2.30 |
| 531761.49 | 6600344.68 | 2.34 |
| 531764.32 | 6600342.49 | 1.39 |
| 531767.96 | 6600340.40 | 0.68 |
| 531772.09 | 6600337.67 | 0.52 |
| 531776.56 | 6600334.71 | 0.47 |
| 531780.11 | 6600332.23 | 0.00 |
| 531781.53 | 6600336.63 | 0.20 |
| 531783.51 | 6600339.77 | 0.23 |
| 531785.87 | 6600343.83 | 0.28 |
| 531788.89 | 6600348.65 | 0.31 |
| 531793.33 | 6600354.76 | 0.26 |
| 531796.69 | 6600359.26 | 0.23 |
| 531801.27 | 6600364.92 | 0.23 |
| 531805.18 | 6600369.25 | 0.24 |
| 531808.79 | 6600372.77 | 0.24 |
| 531812.60 | 6600376.03 | 0.26 |
| 531816.73 | 6600379.35 | 0.26 |
| 531821.41 | 6600382.48 | 0.29 |
| 531825.44 | 6600385.26 | 0.32 |
| 531830.66 | 6600388.77 | 0.34 |
| 531835.18 | 6600391.87 | 0.36 |
| 531839.50 | 6600394.99 | 0.36 |
| 531843.39 | 6600397.89 | 0.42 |
| 531847.30 | 6600400.75 | 0.41 |
| 531850.39 | 6600403.86 | 0.43 |
| 531855.07 | 6600406.89 | 0.31 |
| 531857.73 | 6600410.85 | 0.30 |
| 531860.64 | 6600415.33 | 0.26 |
| 531863.65 | 6600420.18 | 0.25 |
| 531866.00 | 6600424.52 | 0.25 |
| 531868.65 | 6600429.06 | 0.22 |
| 531871.27 | 6600433.19 | 0.21 |
| 531873.45 | 6600437.17 | 0.21 |
| 531875.88 | 6600441.53 | 0.33 |
| 531875.79 | 6600441.40 | 0.30 |

| | | |
|---|---|---|
| 531879.12 | 6600444.80 | 0.31 |
| 531875.81 | 6600441.47 | 0.31 |
| 531880.92 | 6600446.61 | 0.29 |
| 531882.72 | 6600449.44 | 0.17 |
| 531871.04 | 6600450.57 | 0.95 |
| 531872.59 | 6600449.47 | 0.90 |
| 531877.05 | 6600447.57 | 0.72 |
| 531879.76 | 6600446.05 | 0.38 |
| 531882.74 | 6600445.05 | -0.03 |
| 531885.26 | 6600444.40 | -0.34 |
| 531888.57 | 6600443.55 | -0.49 |
| 531891.64 | 6600443.74 | -0.55 |
| 531894.51 | 6600443.94 | -0.62 |
| 531897.76 | 6600443.92 | -0.66 |
| 531900.92 | 6600444.34 | -0.67 |
| 531904.09 | 6600444.81 | -0.69 |
| 531907.19 | 6600445.80 | -0.72 |
| 531910.61 | 6600446.08 | -0.76 |
| 531914.10 | 6600446.77 | -0.86 |
| 531917.43 | 6600447.35 | -0.91 |
| 531920.31 | 6600447.94 | -0.95 |
| 531923.45 | 6600448.61 | -1.01 |
| 531926.07 | 6600449.84 | -1.10 |
| 531927.71 | 6600450.48 | -1.13 |
| 531928.21 | 6600451.18 | -1.16 |
| 531928.53 | 6600450.16 | -1.14 |
| 531925.67 | 6600448.51 | -1.14 |
| 531924.64 | 6600446.98 | -1.09 |
| 531923.53 | 6600445.20 | -1.06 |
| 531921.88 | 6600443.17 | -1.06 |
| 531922.06 | 6600440.86 | -1.11 |
| 531921.92 | 6600438.01 | -1.17 |
| 531922.47 | 6600435.86 | -1.20 |
| 531923.02 | 6600433.30 | -1.23 |
| 531923.55 | 6600431.52 | -1.24 |
| 531924.32 | 6600429.44 | -1.30 |
| 531922.34 | 6600427.33 | -1.25 |
| 531920.77 | 6600425.35 | -1.24 |
| 531919.14 | 6600423.68 | -1.24 |
| 531917.56 | 6600421.69 | -1.20 |
| 531915.41 | 6600419.44 | -1.16 |
| 531913.64 | 6600417.50 | -1.12 |

| | | |
|---|---|---|
| 531912.26 | 6600415.54 | -1.09 |
| 531910.61 | 6600413.15 | -1.04 |
| 531729.66 | 6600369.47 | 1.99 |
| 531729.74 | 6600366.55 | 2.27 |
| 531730.55 | 6600364.45 | 2.22 |
| 531731.82 | 6600362.31 | 2.21 |
| 531733.70 | 6600359.55 | 2.19 |
| 531734.88 | 6600357.50 | 2.73 |
| 531735.86 | 6600355.86 | 3.27 |
| 531736.22 | 6600355.47 | 3.11 |
| 531736.94 | 6600354.14 | 2.53 |
| 531738.48 | 6600351.93 | 2.29 |
| 531739.69 | 6600349.70 | 2.09 |
| 531741.15 | 6600347.22 | 1.96 |
| 531742.62 | 6600344.57 | 2.17 |
| 531743.99 | 6600341.64 | 2.14 |
| 531745.75 | 6600339.13 | 1.82 |
| 531747.66 | 6600336.58 | 1.47 |
| 531749.79 | 6600333.84 | 1.15 |
| 531751.42 | 6600331.61 | 0.84 |
| 531753.01 | 6600329.35 | 0.67 |
| 531754.80 | 6600326.57 | 0.50 |
| 531756.80 | 6600323.75 | 0.49 |
| 531758.79 | 6600321.07 | 0.49 |
| 531760.44 | 6600318.95 | 0.30 |
| 531761.69 | 6600316.75 | 0.08 |
| 531758.50 | 6600315.62 | 0.14 |
| 531755.14 | 6600313.50 | 0.13 |
| 531752.17 | 6600311.74 | 0.13 |
| 531748.71 | 6600309.89 | 0.12 |
| 531746.03 | 6600308.12 | 0.07 |
| 531744.39 | 6600310.15 | 0.33 |
| 531743.25 | 6600312.17 | 0.57 |
| 531741.33 | 6600314.93 | 0.54 |
| 531739.18 | 6600317.46 | 0.56 |
| 531736.89 | 6600320.03 | 0.61 |
| 531734.33 | 6600323.49 | 1.23 |
| 531731.16 | 6600327.43 | 1.60 |
| 531727.60 | 6600330.48 | 2.01 |
| 531725.07 | 6600332.00 | 1.96 |
| 531722.36 | 6600333.65 | 1.88 |
| 531719.06 | 6600335.62 | 2.04 |

| | | |
|---|---|---|
| 531716.11 | 6600337.71 | 2.09 |
| 531713.35 | 6600339.23 | 2.48 |
| 531711.94 | 6600340.14 | 2.91 |
| 531708.91 | 6600341.80 | 2.69 |
| 531706.51 | 6600343.17 | 2.34 |
| 531702.65 | 6600344.94 | 2.36 |
| 531699.16 | 6600344.49 | 2.02 |
| 531695.79 | 6600345.01 | 1.79 |
| 531691.63 | 6600345.95 | 1.89 |
| 531688.19 | 6600344.57 | 2.02 |
| 531688.71 | 6600341.55 | 1.81 |
| 531689.54 | 6600338.04 | 2.31 |
| 531690.46 | 6600334.81 | 2.49 |
| 531691.39 | 6600331.04 | 2.85 |
| 531692.13 | 6600327.54 | 2.84 |
| 531693.06 | 6600324.31 | 2.43 |
| 531694.12 | 6600321.24 | 2.04 |
| 531694.81 | 6600318.35 | 2.58 |
| 531695.84 | 6600315.79 | 2.53 |
| 531696.25 | 6600312.91 | 2.49 |
| 531696.70 | 6600309.96 | 2.44 |
| 531697.44 | 6600307.40 | 1.85 |
| 531698.32 | 6600305.14 | 1.27 |
| 531699.52 | 6600302.46 | 0.78 |
| 531700.59 | 6600299.29 | 0.56 |
| 531701.35 | 6600296.62 | 0.54 |
| 531702.28 | 6600294.34 | 0.48 |
| 531702.57 | 6600293.68 | 0.30 |
| 531703.38 | 6600292.10 | 0.05 |
| 531699.90 | 6600291.30 | 0.10 |
| 531696.65 | 6600290.39 | 0.10 |
| 531693.17 | 6600289.19 | 0.12 |
| 531689.82 | 6600287.57 | 0.07 |
| 531688.31 | 6600289.80 | 0.53 |
| 531687.22 | 6600291.93 | 0.61 |
| 531685.59 | 6600294.51 | 0.66 |
| 531683.66 | 6600297.45 | 1.01 |
| 531682.28 | 6600300.17 | 1.17 |
| 531680.76 | 6600303.04 | 1.60 |
| 531679.53 | 6600305.45 | 1.96 |
| 531678.03 | 6600307.19 | 2.88 |
| 531676.10 | 6600309.72 | 2.80 |

| | | |
|---|---|---|
| 531674.29 | 6600312.09 | 2.85 |
| 531672.41 | 6600314.21 | 3.06 |
| 531670.47 | 6600316.85 | 3.17 |
| 531668.90 | 6600319.32 | 3.54 |
| 531667.43 | 6600321.71 | 4.07 |
| 531668.01 | 6600324.35 | 3.76 |
| 531668.48 | 6600327.56 | 3.43 |
| 531667.57 | 6600330.85 | 3.13 |
| 531664.08 | 6600331.56 | 3.11 |
| 531660.87 | 6600331.13 | 3.14 |
| 531657.26 | 6600330.40 | 3.09 |
| 531654.00 | 6600330.38 | 3.04 |
| 531649.98 | 6600331.05 | 2.69 |
| 531647.02 | 6600331.50 | 2.61 |
| 531645.50 | 6600328.44 | 2.74 |
| 531644.84 | 6600324.95 | 3.20 |
| 531644.65 | 6600321.87 | 3.63 |
| 531644.89 | 6600319.87 | 4.24 |
| 531644.95 | 6600318.62 | 4.40 |
| 531646.07 | 6600316.46 | 3.83 |
| 531647.05 | 6600314.13 | 3.01 |
| 531647.77 | 6600312.09 | 2.27 |
| 531648.32 | 6600310.59 | 2.43 |
| 531649.27 | 6600308.16 | 2.81 |
| 531650.22 | 6600305.40 | 3.02 |
| 531650.85 | 6600302.48 | 3.12 |
| 531651.51 | 6600300.06 | 2.57 |
| 531652.01 | 6600297.84 | 2.79 |
| 531652.24 | 6600296.98 | 2.37 |
| 531652.62 | 6600296.00 | 2.02 |
| 531653.36 | 6600294.56 | 1.71 |
| 531653.77 | 6600293.66 | 1.77 |
| 531654.08 | 6600292.73 | 1.75 |
| 531654.58 | 6600291.67 | 1.37 |
| 531655.80 | 6600289.36 | 1.20 |
| 531656.60 | 6600287.78 | 1.18 |
| 531657.10 | 6600286.90 | 0.92 |
| 531657.98 | 6600285.12 | 0.74 |
| 531658.73 | 6600282.91 | 0.63 |
| 531659.52 | 6600280.82 | 0.60 |
| 531660.33 | 6600279.09 | 0.58 |
| 531660.58 | 6600278.57 | 0.36 |

| | | |
|---|---|---|
| 531661.26 | 6600276.57 | 0.07 |
| 531657.39 | 6600275.36 | 0.16 |
| 531654.21 | 6600273.80 | 0.11 |
| 531650.26 | 6600271.79 | 0.06 |
| 531649.15 | 6600273.11 | 0.29 |
| 531649.12 | 6600273.49 | 0.38 |
| 531649.10 | 6600273.89 | 0.54 |
| 531648.36 | 6600275.60 | 0.55 |
| 531647.17 | 6600277.17 | 0.53 |
| 531645.86 | 6600279.44 | 0.56 |
| 531644.49 | 6600281.14 | 0.69 |
| 531643.32 | 6600282.87 | 1.05 |
| 531642.02 | 6600284.94 | 1.22 |
| 531640.69 | 6600287.26 | 1.47 |
| 531639.29 | 6600289.53 | 1.60 |
| 531637.87 | 6600292.82 | 1.83 |
| 531637.02 | 6600295.07 | 2.75 |
| 531638.78 | 6600297.69 | 2.91 |
| 531637.07 | 6600299.96 | 2.91 |
| 531635.52 | 6600302.48 | 2.62 |
| 531634.58 | 6600304.81 | 2.16 |
| 531633.15 | 6600307.18 | 1.73 |
| 531631.98 | 6600309.05 | 1.81 |
| 531631.28 | 6600311.63 | 2.11 |
| 531630.48 | 6600314.16 | 2.87 |
| 531629.92 | 6600316.22 | 3.96 |
| 531629.44 | 6600318.15 | 4.49 |
| 531628.45 | 6600320.52 | 4.16 |
| 531627.60 | 6600322.86 | 3.89 |
| 531626.74 | 6600325.44 | 3.12 |
| 531626.15 | 6600328.29 | 2.38 |
| 531625.43 | 6600331.04 | 2.17 |
| 531624.43 | 6600334.54 | 2.12 |
| 531623.96 | 6600336.95 | 1.97 |
| 531628.34 | 6600338.82 | 1.97 |
| 531631.43 | 6600338.60 | 2.00 |
| 531634.40 | 6600338.27 | 2.17 |
| 531637.61 | 6600338.49 | 2.15 |
| 531641.12 | 6600340.72 | 1.81 |
| 531644.09 | 6600342.65 | 1.71 |
| 531647.76 | 6600344.88 | 1.72 |
| 531650.86 | 6600346.61 | 1.51 |

| | | |
|---|---|---|
| 531654.68 | 6600348.24 | 1.54 |
| 531658.72 | 6600349.08 | 1.42 |
| 531662.86 | 6600349.07 | 1.72 |
| 531666.07 | 6600351.26 | 1.84 |
| 531669.09 | 6600353.76 | 1.89 |
| 531672.81 | 6600356.66 | 1.55 |
| 531677.17 | 6600357.93 | 1.51 |
| 531681.62 | 6600359.49 | 1.60 |
| 531685.66 | 6600361.47 | 1.57 |
| 531690.72 | 6600355.68 | 2.58 |
| 531699.95 | 6600356.80 | 2.24 |
| 531703.01 | 6600359.71 | 2.33 |
| 531705.97 | 6600363.53 | 2.41 |
| 531710.43 | 6600369.04 | 2.23 |
| 531712.61 | 6600373.65 | 2.12 |
| 531713.02 | 6600381.17 | 1.81 |
| 531716.08 | 6600386.79 | 2.23 |
| 531717.48 | 6600393.04 | 1.80 |
| 531719.61 | 6600396.60 | 1.55 |
| 531722.54 | 6600398.76 | 1.58 |
| 531722.53 | 6600397.12 | 1.58 |
| 531723.50 | 6600392.89 | 1.91 |
| 531724.72 | 6600387.47 | 2.39 |
| 531728.21 | 6600382.80 | 2.84 |
| 531729.31 | 6600376.12 | 2.24 |
| 531729.46 | 6600368.05 | 2.07 |
| 531719.75 | 6600358.76 | 2.11 |
| 531724.93 | 6600353.61 | 2.44 |
| 531727.05 | 6600351.98 | 2.74 |
| 531728.60 | 6600350.68 | 3.00 |
| 531729.69 | 6600349.82 | 2.51 |
| 531731.55 | 6600348.71 | 2.01 |
| 531734.40 | 6600346.82 | 2.09 |
| 531723.89 | 6600299.04 | 0.16 |
| 531722.86 | 6600300.78 | 0.36 |
| 531722.68 | 6600301.51 | 0.50 |
| 531721.38 | 6600303.42 | 0.52 |
| 531719.75 | 6600305.63 | 0.52 |
| 531717.23 | 6600308.97 | 0.65 |
| 531715.26 | 6600312.40 | 1.33 |
| 531713.28 | 6600315.06 | 1.66 |
| 531710.56 | 6600317.85 | 2.43 |

| | | |
|---|---|---|
| 531708.51 | 6600320.35 | 2.55 |
| 531704.80 | 6600323.36 | 2.00 |
| 531702.81 | 6600329.63 | 1.95 |
| 531702.64 | 6600332.87 | 2.35 |
| 531702.79 | 6600334.27 | 2.79 |
| 531705.76 | 6600337.48 | 2.94 |
| 531710.21 | 6600340.48 | 2.85 |
| 531714.96 | 6600343.74 | 2.74 |
| 531720.27 | 6600346.25 | 2.73 |
| 531909.04 | 6600410.87 | -0.98 |
| 531907.40 | 6600409.10 | -0.94 |
| 531905.42 | 6600406.20 | -0.88 |
| 531903.73 | 6600403.11 | -0.84 |
| 531901.70 | 6600400.42 | -0.78 |
| 531899.74 | 6600397.52 | -0.77 |
| 531898.39 | 6600394.37 | -0.70 |
| 531896.87 | 6600390.71 | -0.70 |
| 531894.94 | 6600387.22 | -0.73 |
| 531893.46 | 6600384.20 | -0.78 |
| 531891.70 | 6600381.12 | -0.79 |
| 531889.65 | 6600376.90 | -0.84 |
| 531886.31 | 6600372.84 | -0.87 |
| 531883.15 | 6600369.78 | -0.88 |
| 531880.33 | 6600366.37 | -0.89 |
| 531877.93 | 6600363.09 | -0.90 |
| 531875.80 | 6600360.01 | -0.93 |
| 531872.94 | 6600356.97 | -1.01 |
| 531869.92 | 6600353.40 | -1.07 |
| 531866.79 | 6600350.90 | -1.10 |
| 531864.06 | 6600348.64 | -1.11 |
| 531861.47 | 6600346.39 | -1.09 |
| 531858.76 | 6600344.09 | -1.10 |
| 531855.96 | 6600342.23 | -1.10 |
| 531852.76 | 6600339.72 | -1.10 |
| 531849.68 | 6600336.64 | -1.13 |
| 531847.28 | 6600333.23 | -1.11 |
| 531844.69 | 6600330.53 | -1.11 |
| 531841.60 | 6600328.13 | -1.15 |
| 531838.89 | 6600325.73 | -1.12 |
| 531834.89 | 6600323.00 | -1.12 |
| 531831.97 | 6600320.53 | -1.08 |
| 531829.17 | 6600318.51 | -1.10 |

| | | |
|---|---|---|
| 531826.49 | 6600316.38 | -1.07 |
| 531823.06 | 6600313.48 | -1.05 |
| 531819.62 | 6600310.19 | -1.08 |
| 531816.06 | 6600306.75 | -1.07 |
| 531811.61 | 6600302.64 | -1.15 |
| 531807.80 | 6600300.37 | -1.14 |
| 531803.82 | 6600297.97 | -1.16 |
| 531800.61 | 6600295.27 | -1.18 |
| 531797.82 | 6600292.35 | -1.14 |
| 531794.45 | 6600289.74 | -1.10 |
| 531791.08 | 6600287.06 | -1.05 |
| 531786.04 | 6600283.03 | -0.99 |
| 531780.48 | 6600277.75 | -0.99 |
| 531773.14 | 6600271.86 | -1.03 |
| 531766.65 | 6600266.29 | -1.04 |
| 531760.93 | 6600260.70 | -1.01 |
| 531754.68 | 6600255.57 | -0.98 |
| 531749.52 | 6600254.58 | -1.00 |
| 531744.44 | 6600253.57 | -1.02 |
| 531737.76 | 6600252.63 | -1.08 |
| 531730.92 | 6600247.37 | -0.96 |
| 531724.56 | 6600239.73 | -0.95 |
| 531717.07 | 6600233.71 | -0.95 |
| 531709.43 | 6600227.21 | -0.96 |
| 531700.79 | 6600223.88 | -1.00 |
| 531694.56 | 6600220.66 | -1.04 |
| 531690.08 | 6600225.11 | -1.00 |
| 531685.43 | 6600229.90 | -0.98 |
| 531680.77 | 6600234.07 | -1.00 |
| 531864.16 | 6600480.87 | 5.67 |
| 531860.54 | 6600482.70 | 4.58 |
| 531856.47 | 6600485.56 | 3.35 |
| 531853.11 | 6600488.75 | 2.23 |
| 531849.36 | 6600492.62 | 1.78 |
| 531853.57 | 6600493.73 | 2.04 |
| 531858.27 | 6600494.90 | 2.04 |
| 531863.26 | 6600495.57 | 2.22 |
| 531867.10 | 6600494.48 | 2.75 |
| 531870.81 | 6600492.69 | 3.46 |
| 531873.32 | 6600492.06 | 3.77 |
| 531875.59 | 6600491.54 | 4.02 |
| 531880.10 | 6600490.10 | 2.78 |

| | | |
|---|---|---|
| 531883.28 | 6600489.39 | 2.56 |
| 531885.95 | 6600488.97 | 2.32 |
| 531887.13 | 6600488.94 | 2.10 |
| 531888.69 | 6600488.54 | 2.14 |
| 531890.51 | 6600488.50 | 1.73 |
| 531894.05 | 6600487.93 | 1.19 |
| 531897.73 | 6600487.39 | 1.11 |
| 531902.53 | 6600486.64 | 0.83 |
| 531908.24 | 6600485.69 | 0.52 |
| 531912.15 | 6600485.14 | 0.47 |
| 531917.14 | 6600484.65 | 0.23 |
| 531918.58 | 6600485.21 | -0.12 |
| 531913.54 | 6600491.13 | 0.02 |
| 531913.46 | 6600491.14 | 0.03 |
| 531910.00 | 6600490.82 | 0.34 |
| 531906.81 | 6600492.94 | 0.44 |
| 531902.66 | 6600495.52 | 0.46 |
| 531897.76 | 6600496.65 | 0.84 |
| 531893.62 | 6600498.59 | 1.20 |
| 531889.34 | 6600499.25 | 1.53 |
| 531886.02 | 6600500.00 | 1.89 |
| 531884.10 | 6600500.61 | 2.48 |
| 531881.47 | 6600501.32 | 3.42 |
| 531877.94 | 6600503.56 | 3.14 |
| 531874.21 | 6600505.14 | 2.79 |
| 531869.67 | 6600507.24 | 2.69 |
| 531866.02 | 6600508.94 | 2.58 |
| 531861.29 | 6600511.02 | 2.30 |
| 531857.43 | 6600512.72 | 2.38 |
| 531854.95 | 6600514.06 | 2.23 |
| 531855.93 | 6600518.56 | 2.41 |
| 531857.87 | 6600521.97 | 3.02 |
| 531860.35 | 6600524.76 | 3.26 |
| 531863.05 | 6600527.44 | 3.16 |
| 531865.04 | 6600525.09 | 3.09 |
| 531867.91 | 6600521.83 | 2.73 |
| 531872.02 | 6600519.20 | 2.67 |
| 531874.27 | 6600516.37 | 2.80 |
| 531876.20 | 6600513.72 | 2.78 |
| 531877.45 | 6600510.50 | 2.87 |
| 531878.17 | 6600508.20 | 2.96 |
| 531879.64 | 6600505.71 | 3.08 |

| | | |
|---|---|---|
| 531881.39 | 6600504.52 | 3.32 |
| 531881.61 | 6600502.71 | 3.27 |
| 531882.33 | 6600500.70 | 3.44 |
| 531882.35 | 6600498.39 | 3.48 |
| 531881.36 | 6600496.53 | 3.67 |
| 531880.22 | 6600494.77 | 3.85 |
| 531878.60 | 6600493.69 | 3.97 |
| 531876.97 | 6600492.52 | 4.06 |
| 531874.99 | 6600491.30 | 4.03 |
| 531872.90 | 6600489.81 | 3.85 |
| 531870.27 | 6600487.62 | 4.21 |
| 531868.45 | 6600485.52 | 5.28 |
| 531867.57 | 6600483.14 | 5.59 |
| 531867.06 | 6600479.14 | 5.65 |
| 531871.13 | 6600480.05 | 4.99 |
| 531873.44 | 6600480.01 | 4.69 |
| 531875.74 | 6600479.96 | 4.87 |
| 531875.97 | 6600479.36 | 4.87 |
| 531874.93 | 6600477.97 | 5.05 |
| 531874.25 | 6600476.37 | 5.34 |
| 531874.10 | 6600474.81 | 5.17 |
| 531873.48 | 6600473.92 | 4.87 |
| 531872.80 | 6600472.25 | 4.67 |
| 531871.82 | 6600471.24 | 4.79 |
| 531870.94 | 6600470.25 | 4.71 |
| 531869.15 | 6600468.51 | 4.77 |
| 531868.36 | 6600467.64 | 4.93 |
| 531867.32 | 6600467.18 | 5.08 |
| 531865.69 | 6600465.67 | 4.97 |
| 531867.49 | 6600465.09 | 4.20 |
| 531869.36 | 6600465.97 | 3.68 |
| 531871.29 | 6600467.10 | 3.04 |
| 531874.25 | 6600468.19 | 2.06 |
| 531877.64 | 6600469.92 | 1.70 |
| 531881.40 | 6600471.70 | 1.84 |
| 531883.49 | 6600473.49 | 1.96 |
| 531885.40 | 6600474.79 | 2.10 |
| 531850.74 | 6600509.25 | 2.14 |
| 531848.26 | 6600513.66 | 1.95 |
| 531845.17 | 6600520.17 | 2.08 |
| 531847.62 | 6600524.88 | 2.58 |
| 531850.43 | 6600529.29 | 3.01 |

| | | |
|---|---|---|
| 531852.53 | 6600532.30 | 3.42 |
| 531854.20 | 6600534.19 | 3.32 |
| 531855.36 | 6600535.75 | 2.33 |
| 531857.60 | 6600538.88 | 1.55 |
| 531859.98 | 6600541.68 | 1.05 |
| 531862.13 | 6600544.63 | 0.56 |
| 531864.58 | 6600547.44 | 0.47 |
| 531867.77 | 6600550.60 | 0.02 |
| 531862.53 | 6600556.80 | -0.10 |
| 531860.67 | 6600555.90 | 0.20 |
| 531858.46 | 6600554.58 | 0.40 |
| 531855.38 | 6600552.44 | 0.52 |
| 531852.54 | 6600550.44 | 0.85 |
| 531849.98 | 6600548.89 | 1.20 |
| 531847.77 | 6600547.61 | 1.61 |
| 531845.52 | 6600546.09 | 2.16 |
| 531843.67 | 6600544.71 | 2.67 |
| 531842.57 | 6600543.60 | 3.15 |
| 531839.64 | 6600541.48 | 2.95 |
| 531836.59 | 6600539.04 | 2.74 |
| 531832.02 | 6600536.13 | 2.12 |
| 531829.56 | 6600538.89 | 1.96 |
| 531827.98 | 6600541.46 | 1.89 |
| 531833.67 | 6600551.84 | 2.44 |
| 531833.99 | 6600552.87 | 2.00 |
| 531835.05 | 6600555.18 | 1.57 |
| 531836.21 | 6600558.84 | 1.21 |
| 531837.85 | 6600561.32 | 0.73 |
| 531839.26 | 6600564.04 | 0.58 |
| 531841.18 | 6600567.07 | 0.27 |
| 531843.08 | 6600570.01 | 0.20 |
| 531843.80 | 6600570.88 | 0.09 |
| 531839.83 | 6600574.65 | -0.08 |
| 531838.32 | 6600573.30 | 0.20 |
| 531836.31 | 6600570.64 | 0.23 |
| 531835.04 | 6600568.55 | 0.28 |
| 531833.54 | 6600566.77 | 0.44 |
| 531831.83 | 6600564.97 | 0.64 |
| 531829.93 | 6600563.09 | 0.56 |
| 531828.00 | 6600560.55 | 0.90 |
| 531825.28 | 6600558.23 | 1.20 |
| 531823.10 | 6600555.87 | 1.49 |

| | | |
|---|---|---|
| 531821.68 | 6600554.28 | 2.00 |
| 531821.00 | 6600553.04 | 2.73 |
| 531814.74 | 6600553.71 | 2.67 |
| 531812.15 | 6600551.44 | 2.56 |
| 531809.86 | 6600547.59 | 2.39 |
| 531805.90 | 6600549.33 | 2.55 |
| 531806.94 | 6600551.93 | 2.59 |
| 531808.17 | 6600554.38 | 3.05 |
| 531811.39 | 6600553.92 | 2.70 |
| 531814.33 | 6600555.09 | 1.95 |
| 531815.42 | 6600557.73 | 1.35 |
| 531816.95 | 6600561.25 | 0.83 |
| 531818.27 | 6600564.72 | 0.59 |
| 531819.27 | 6600568.01 | 0.32 |
| 531819.93 | 6600570.32 | 0.13 |
| 531820.96 | 6600573.47 | 0.45 |
| 531821.76 | 6600575.54 | -0.11 |
| 531817.07 | 6600578.23 | -0.02 |
| 531815.75 | 6600576.89 | 0.34 |
| 531814.46 | 6600575.11 | 0.35 |
| 531813.43 | 6600573.13 | -0.10 |
| 531812.13 | 6600571.10 | 0.12 |
| 531810.58 | 6600569.02 | 0.37 |
| 531808.12 | 6600565.94 | 0.90 |
| 531806.49 | 6600563.90 | 1.04 |
| 531804.58 | 6600561.22 | 1.29 |
| 531803.30 | 6600558.82 | 1.70 |
| 531801.65 | 6600556.29 | 2.18 |
| 531800.51 | 6600554.15 | 3.14 |
| 531798.87 | 6600553.87 | 3.13 |
| 531796.71 | 6600554.52 | 3.05 |
| 531797.42 | 6600556.29 | 3.22 |
| 531797.55 | 6600557.42 | 3.27 |
| 531798.03 | 6600558.27 | 2.40 |
| 531798.68 | 6600559.80 | 1.76 |
| 531799.28 | 6600561.20 | 1.74 |
| 531799.30 | 6600561.13 | 1.55 |
| 531800.28 | 6600562.92 | 1.43 |
| 531801.59 | 6600564.88 | 1.32 |
| 531802.90 | 6600567.07 | 0.85 |
| 531804.53 | 6600570.27 | 0.48 |
| 531806.17 | 6600573.41 | 0.25 |

| | | |
|---|---|---|
| 531808.30 | 6600576.66 | 0.39 |
| 531809.42 | 6600578.92 | 0.52 |
| 531811.17 | 6600582.27 | -0.16 |
| 531803.22 | 6600587.23 | -0.02 |
| 531801.28 | 6600585.82 | 0.45 |
| 531675.47 | 6600237.64 | -0.95 |
| 531670.21 | 6600243.98 | -0.95 |
| 531674.70 | 6600245.27 | -0.93 |
| 531682.35 | 6600248.42 | -0.97 |
| 531689.57 | 6600253.25 | -0.96 |
| 531697.45 | 6600259.14 | -1.01 |
| 531706.09 | 6600263.28 | -1.01 |
| 531712.88 | 6600266.30 | -1.03 |
| 531721.93 | 6600269.28 | -0.99 |
| 531731.68 | 6600275.12 | -1.02 |
| 531741.51 | 6600280.96 | -1.04 |
| 531750.94 | 6600288.22 | -0.99 |
| 531760.52 | 6600292.99 | -0.87 |
| 531768.58 | 6600298.30 | -0.87 |
| 531777.74 | 6600305.39 | -0.87 |
| 531785.85 | 6600311.28 | -0.91 |
| 531793.59 | 6600317.92 | -0.93 |
| 531800.15 | 6600321.97 | -0.92 |
| 531809.36 | 6600328.37 | -0.99 |
| 531817.10 | 6600335.69 | -0.96 |
| 531823.44 | 6600343.06 | -0.97 |
| 531828.22 | 6600352.99 | -0.97 |
| 531832.98 | 6600360.62 | -0.94 |
| 531840.98 | 6600368.46 | -0.88 |
| 531847.38 | 6600375.37 | -0.88 |
| 531855.27 | 6600382.59 | -0.94 |
| 531862.94 | 6600389.42 | -0.92 |
| 531871.17 | 6600397.62 | -0.96 |
| 531877.26 | 6600404.29 | -0.83 |
| 531884.87 | 6600411.29 | -0.64 |
| 531890.62 | 6600420.24 | -0.67 |
| 531895.39 | 6600429.41 | -0.81 |
| 531896.68 | 6600431.58 | -0.82 |
| 531901.43 | 6600439.79 | -0.76 |
| 531908.59 | 6600451.46 | -0.69 |
| 531913.39 | 6600457.05 | -0.63 |
| 531917.53 | 6600459.76 | -0.56 |

| | | |
|---|---|---|
| 531923.12 | 6600463.33 | -0.46 |
| 531927.41 | 6600466.88 | -0.64 |
| 531930.42 | 6600469.15 | -0.53 |
| 531933.60 | 6600471.62 | -0.69 |
| 531931.77 | 6600474.54 | -0.50 |
| 531929.22 | 6600475.49 | -0.31 |
| 531926.66 | 6600477.83 | -0.08 |
| 531924.38 | 6600477.79 | 0.17 |
| 531923.48 | 6600477.26 | 0.21 |
| 531919.84 | 6600477.36 | 0.31 |
| 531916.02 | 6600477.66 | 0.31 |
| 531910.91 | 6600477.64 | 0.43 |
| 531906.32 | 6600477.80 | 0.63 |
| 531902.53 | 6600477.93 | 0.81 |
| 531898.83 | 6600477.93 | 0.87 |
| 531895.25 | 6600478.29 | 1.07 |
| 531891.26 | 6600478.19 | 1.57 |
| 531889.28 | 6600478.09 | 1.71 |
| 531887.82 | 6600478.05 | 2.01 |
| 531885.31 | 6600478.26 | 1.99 |
| 531882.83 | 6600478.14 | 1.78 |
| 531880.22 | 6600478.13 | 2.04 |
| 531875.08 | 6600478.60 | 4.95 |
| 531872.04 | 6600478.83 | 5.19 |
| 531868.54 | 6600479.23 | 5.35 |
| 531693.63 | 6600653.35 | 3.16 |
| 531696.34 | 6600656.38 | 3.41 |
| 531697.72 | 6600657.37 | 3.74 |
| 531699.11 | 6600658.55 | 2.55 |
| 531700.85 | 6600659.74 | 1.88 |
| 531703.58 | 6600662.17 | 1.49 |
| 531706.40 | 6600664.70 | 1.21 |
| 531709.61 | 6600667.57 | 0.95 |
| 531711.78 | 6600669.99 | 0.80 |
| 531714.33 | 6600672.84 | 0.68 |
| 531716.92 | 6600675.50 | 0.69 |
| 531719.70 | 6600678.24 | 0.72 |
| 531722.36 | 6600681.19 | 0.56 |
| 531724.42 | 6600683.90 | 0.09 |
| 531723.38 | 6600686.37 | 0.00 |
| 531720.36 | 6600689.91 | 0.03 |
| 531718.32 | 6600692.81 | 0.02 |

| | | |
|---|---|---|
| 531716.31 | 6600695.50 | -0.02 |
| 531714.02 | 6600694.62 | 0.38 |
| 531710.52 | 6600696.50 | 0.53 |
| 531707.27 | 6600695.46 | 0.66 |
| 531704.01 | 6600693.90 | 0.78 |
| 531700.61 | 6600692.08 | 0.94 |
| 531697.19 | 6600689.60 | 0.96 |
| 531693.75 | 6600686.39 | 1.11 |
| 531690.32 | 6600684.23 | 1.53 |
| 531686.79 | 6600682.18 | 2.12 |
| 531685.57 | 6600681.21 | 2.54 |
| 531684.86 | 6600680.51 | 3.43 |
| 531680.18 | 6600678.09 | 3.26 |
| 531676.84 | 6600676.00 | 3.15 |
| 531673.28 | 6600678.88 | 3.05 |
| 531671.87 | 6600683.62 | 3.13 |
| 531670.36 | 6600689.18 | 3.26 |
| 531670.59 | 6600689.65 | 3.13 |
| 531669.30 | 6600693.57 | 3.24 |
| 531667.21 | 6600697.33 | 3.24 |
| 531670.00 | 6600700.46 | 3.30 |
| 531671.51 | 6600702.11 | 3.40 |
| 531672.80 | 6600703.29 | 2.42 |
| 531674.56 | 6600705.21 | 1.68 |
| 531677.71 | 6600708.22 | 1.30 |
| 531680.44 | 6600711.13 | 1.00 |
| 531683.34 | 6600713.84 | 0.97 |
| 531686.35 | 6600716.81 | 0.84 |
| 531688.87 | 6600719.62 | 0.73 |
| 531690.87 | 6600722.14 | 0.40 |
| 531691.73 | 6600723.09 | 0.19 |
| 531684.41 | 6600729.44 | 0.41 |
| 531680.99 | 6600730.59 | 0.81 |
| 531679.03 | 6600734.98 | 0.57 |
| 531675.77 | 6600734.55 | 0.82 |
| 531672.63 | 6600733.45 | 0.98 |
| 531668.62 | 6600731.74 | 1.01 |
| 531665.18 | 6600729.82 | 1.21 |
| 531661.34 | 6600727.77 | 1.72 |
| 531657.90 | 6600725.90 | 2.83 |
| 531657.21 | 6600725.31 | 3.38 |
| 531656.42 | 6600724.61 | 3.26 |

| | | |
|---|---|---|
| 531653.31 | 6600722.90 | 3.16 |
| 531650.08 | 6600721.04 | 3.05 |
| 531799.91 | 6600584.26 | 0.64 |
| 531797.58 | 6600581.90 | 0.44 |
| 531794.36 | 6600578.78 | 0.42 |
| 531791.84 | 6600576.14 | 0.72 |
| 531789.18 | 6600573.39 | 1.07 |
| 531786.88 | 6600570.85 | 1.44 |
| 531785.16 | 6600568.18 | 1.71 |
| 531782.88 | 6600565.00 | 2.02 |
| 531781.34 | 6600562.74 | 2.69 |
| 531780.38 | 6600560.98 | 3.29 |
| 531778.95 | 6600558.65 | 3.41 |
| 531777.38 | 6600555.89 | 2.95 |
| 531775.56 | 6600552.59 | 2.45 |
| 531773.75 | 6600549.99 | 2.28 |
| 531768.02 | 6600552.52 | 2.36 |
| 531765.99 | 6600554.12 | 2.28 |
| 531767.95 | 6600556.92 | 2.49 |
| 531769.68 | 6600560.16 | 2.93 |
| 531771.15 | 6600562.88 | 3.46 |
| 531772.42 | 6600565.12 | 3.89 |
| 531773.75 | 6600567.00 | 3.86 |
| 531774.06 | 6600567.40 | 3.82 |
| 531774.25 | 6600568.07 | 2.91 |
| 531775.62 | 6600569.42 | 2.19 |
| 531778.00 | 6600571.96 | 1.77 |
| 531781.20 | 6600576.01 | 1.29 |
| 531784.27 | 6600579.53 | 0.92 |
| 531786.57 | 6600581.44 | 0.70 |
| 531789.32 | 6600584.40 | 0.40 |
| 531791.72 | 6600587.17 | 0.53 |
| 531794.92 | 6600590.21 | 0.79 |
| 531797.40 | 6600592.70 | 0.02 |
| 531791.77 | 6600599.31 | 0.01 |
| 531789.94 | 6600598.12 | 0.53 |
| 531788.78 | 6600597.53 | 0.92 |
| 531786.69 | 6600596.25 | 0.76 |
| 531784.06 | 6600594.52 | 0.58 |
| 531780.96 | 6600592.70 | 0.51 |
| 531778.12 | 6600590.76 | 0.91 |
| 531774.68 | 6600588.50 | 1.13 |

| | | |
|---|---|---|
| 531770.40 | 6600585.35 | 1.24 |
| 531765.96 | 6600582.33 | 1.67 |
| 531762.52 | 6600579.89 | 2.32 |
| 531760.96 | 6600578.59 | 3.59 |
| 531759.27 | 6600576.93 | 3.54 |
| 531755.89 | 6600572.87 | 3.26 |
| 531753.00 | 6600569.29 | 2.39 |
| 531749.56 | 6600566.31 | 1.89 |
| 531747.26 | 6600571.98 | 2.21 |
| 531747.31 | 6600571.94 | 2.23 |
| 531741.76 | 6600575.33 | 2.48 |
| 531744.55 | 6600587.53 | 3.44 |
| 531746.42 | 6600589.63 | 3.61 |
| 531748.03 | 6600591.65 | 3.55 |
| 531749.00 | 6600592.59 | 3.54 |
| 531749.57 | 6600593.20 | 2.15 |
| 531751.80 | 6600596.10 | 1.66 |
| 531753.90 | 6600599.38 | 1.39 |
| 531756.31 | 6600602.24 | 1.18 |
| 531759.74 | 6600605.15 | 1.00 |
| 531762.77 | 6600607.87 | 0.99 |
| 531765.66 | 6600610.74 | 0.90 |
| 531767.54 | 6600612.47 | 0.60 |
| 531770.45 | 6600614.90 | 0.77 |
| 531772.41 | 6600616.72 | 0.82 |
| 531773.99 | 6600618.25 | 0.56 |
| 531775.77 | 6600620.61 | -0.03 |
| 531765.12 | 6600632.97 | 0.08 |
| 531762.95 | 6600632.20 | 0.49 |
| 531760.80 | 6600631.19 | 0.80 |
| 531758.08 | 6600629.05 | 0.69 |
| 531756.41 | 6600627.57 | 0.52 |
| 531754.30 | 6600625.64 | 0.89 |
| 531751.86 | 6600622.83 | 0.91 |
| 531749.32 | 6600620.07 | 0.93 |
| 531746.53 | 6600616.80 | 1.09 |
| 531743.42 | 6600613.27 | 1.38 |
| 531739.74 | 6600610.36 | 1.60 |
| 531736.82 | 6600607.29 | 2.18 |
| 531734.64 | 6600604.87 | 3.31 |
| 531732.82 | 6600603.02 | 3.60 |
| 531728.82 | 6600599.25 | 3.20 |

| | | |
|---|---|---|
| 531727.10 | 6600599.80 | 2.23 |
| 531728.96 | 6600602.36 | 3.42 |
| 531726.33 | 6600605.60 | 3.13 |
| 531727.56 | 6600611.05 | 3.86 |
| 531723.64 | 6600612.56 | 3.65 |
| 531719.40 | 6600614.16 | 3.67 |
| 531721.53 | 6600617.63 | 3.75 |
| 531722.77 | 6600619.20 | 3.19 |
| 531723.81 | 6600620.57 | 2.98 |
| 531724.66 | 6600621.53 | 2.23 |
| 531726.84 | 6600623.52 | 1.58 |
| 531729.46 | 6600626.75 | 1.31 |
| 531733.31 | 6600630.57 | 1.08 |
| 531736.21 | 6600633.83 | 0.92 |
| 531738.76 | 6600636.70 | 0.88 |
| 531742.24 | 6600640.61 | 0.84 |
| 531743.70 | 6600641.91 | 0.57 |
| 531746.24 | 6600644.34 | 0.76 |
| 531747.46 | 6600645.77 | 0.77 |
| 531749.73 | 6600647.85 | 0.32 |
| 531751.35 | 6600649.40 | -0.03 |
| 531748.08 | 6600652.64 | 0.05 |
| 531744.66 | 6600657.55 | 0.00 |
| 531741.82 | 6600661.69 | 0.00 |
| 531738.36 | 6600660.66 | 0.49 |
| 531735.31 | 6600659.32 | 0.77 |
| 531732.46 | 6600657.27 | 0.74 |
| 531730.14 | 6600655.52 | 0.61 |
| 531726.52 | 6600653.04 | 0.77 |
| 531723.82 | 6600650.81 | 0.88 |
| 531721.08 | 6600648.58 | 1.04 |
| 531717.64 | 6600646.27 | 1.28 |
| 531713.66 | 6600643.82 | 1.59 |
| 531710.14 | 6600642.05 | 2.12 |
| 531708.77 | 6600641.53 | 2.80 |
| 531706.55 | 6600639.74 | 3.62 |
| 531704.40 | 6600638.84 | 3.45 |
| 531702.78 | 6600637.88 | 3.03 |
| 531702.87 | 6600645.93 | 3.59 |
| 531700.32 | 6600649.54 | 3.36 |
| 531697.84 | 6600651.78 | 3.37 |
| 531646.38 | 6600719.04 | 2.73 |

| | | |
|---|---|---|
| 531644.32 | 6600722.52 | 2.70 |
| 531641.83 | 6600726.29 | 2.63 |
| 531639.74 | 6600730.75 | 2.74 |
| 531641.62 | 6600731.67 | 2.97 |
| 531644.75 | 6600733.25 | 3.25 |
| 531647.14 | 6600734.90 | 3.23 |
| 531650.10 | 6600736.85 | 3.56 |
| 531651.27 | 6600737.48 | 2.86 |
| 531653.89 | 6600739.32 | 1.95 |
| 531655.80 | 6600740.42 | 1.44 |
| 531659.88 | 6600743.47 | 1.16 |
| 531663.19 | 6600745.97 | 1.14 |
| 531666.19 | 6600747.98 | 0.89 |
| 531668.88 | 6600749.82 | 0.38 |
| 531670.63 | 6600751.09 | 0.05 |
| 531667.25 | 6600754.60 | 0.05 |
| 531664.18 | 6600759.40 | 0.06 |
| 531661.05 | 6600762.86 | 0.19 |
| 531658.96 | 6600762.17 | 0.49 |
| 531655.85 | 6600760.61 | 0.96 |
| 531652.74 | 6600758.68 | 1.24 |
| 531649.82 | 6600756.89 | 1.28 |
| 531646.98 | 6600754.74 | 1.51 |
| 531644.50 | 6600752.87 | 2.30 |
| 531643.19 | 6600752.04 | 3.30 |
| 531642.09 | 6600751.15 | 3.56 |
| 531640.03 | 6600749.69 | 3.45 |
| 531637.90 | 6600748.30 | 3.29 |
| 531636.15 | 6600747.31 | 3.13 |
| 531633.86 | 6600746.07 | 2.99 |
| 531632.42 | 6600748.96 | 3.00 |
| 531630.94 | 6600752.24 | 3.03 |
| 531628.33 | 6600755.45 | 3.07 |
| 531630.01 | 6600756.69 | 3.37 |
| 531632.22 | 6600758.01 | 3.53 |
| 531634.65 | 6600759.49 | 3.48 |
| 531636.13 | 6600760.45 | 3.34 |
| 531637.12 | 6600761.17 | 2.52 |
| 531639.07 | 6600762.25 | 1.82 |
| 531641.49 | 6600764.13 | 1.37 |
| 531644.15 | 6600766.17 | 1.27 |
| 531646.58 | 6600768.04 | 1.16 |

| | | |
|---|---|---|
| 531649.09 | 6600769.93 | 0.94 |
| 531651.19 | 6600771.39 | 0.54 |
| 531653.78 | 6600773.19 | 0.31 |
| 531655.33 | 6600774.38 | 0.02 |
| 531651.88 | 6600778.70 | 0.04 |
| 531648.20 | 6600783.75 | 0.11 |
| 531646.29 | 6600782.99 | 0.43 |
| 531644.22 | 6600781.63 | 0.63 |
| 531641.86 | 6600780.10 | 0.95 |
| 531638.98 | 6600778.08 | 1.23 |
| 531635.71 | 6600775.98 | 1.41 |
| 531633.28 | 6600774.46 | 1.63 |
| 531631.03 | 6600772.82 | 2.43 |
| 531629.81 | 6600771.86 | 3.25 |
| 531626.88 | 6600769.86 | 3.40 |
| 531624.37 | 6600768.25 | 3.36 |
| 531621.44 | 6600766.67 | 3.01 |
| 531618.34 | 6600764.98 | 2.66 |
| 531616.86 | 6600768.20 | 2.56 |
| 531616.28 | 6600772.19 | 2.79 |
| 531619.01 | 6600776.75 | 3.31 |
| 531621.37 | 6600778.17 | 3.28 |
| 531624.12 | 6600779.65 | 3.26 |
| 531625.57 | 6600780.68 | 3.02 |
| 531627.52 | 6600781.95 | 1.94 |
| 531629.89 | 6600783.31 | 1.48 |
| 531632.74 | 6600785.10 | 1.24 |
| 531635.57 | 6600787.12 | 1.01 |
| 531638.36 | 6600789.05 | 0.76 |
| 531640.62 | 6600790.76 | 0.48 |
| 531642.82 | 6600792.42 | 0.07 |
| 531639.40 | 6600796.22 | 0.10 |
| 531635.40 | 6600801.68 | 0.06 |
| 531633.53 | 6600800.70 | 0.39 |
| 531631.48 | 6600799.36 | 0.73 |
| 531630.05 | 6600798.29 | 0.63 |
| 531626.91 | 6600795.83 | 1.21 |
| 531624.37 | 6600793.96 | 1.40 |
| 531621.71 | 6600791.83 | 1.62 |
| 531619.71 | 6600790.09 | 2.30 |
| 531617.57 | 6600788.38 | 2.89 |
| 531615.88 | 6600786.70 | 3.49 |

| | | |
|---|---|---|
| 531614.27 | 6600785.41 | 3.47 |
| 531612.71 | 6600784.24 | 3.32 |
| 531610.56 | 6600782.66 | 3.06 |
| 531609.37 | 6600784.23 | 2.97 |
| 531609.02 | 6600785.19 | 2.78 |
| 531606.05 | 6600789.16 | 2.94 |
| 531607.80 | 6600790.34 | 3.14 |
| 531609.80 | 6600791.61 | 3.38 |
| 531611.55 | 6600792.82 | 3.36 |
| 531612.09 | 6600793.37 | 3.41 |
| 531613.71 | 6600794.46 | 3.08 |
| 531615.48 | 6600795.89 | 2.70 |
| 531617.04 | 6600796.61 | 1.96 |
| 531618.79 | 6600797.66 | 1.51 |
| 531621.18 | 6600799.15 | 1.40 |
| 531623.75 | 6600800.93 | 1.12 |
| 531626.02 | 6600802.73 | 0.91 |
| 531628.02 | 6600804.10 | 0.62 |
| 531629.68 | 6600805.47 | 0.19 |
| 531631.90 | 6600807.25 | -0.02 |
| 531628.85 | 6600811.01 | 0.01 |
| 531626.41 | 6600815.24 | -0.02 |
| 531624.38 | 6600814.28 | 0.28 |
| 531622.10 | 6600812.83 | 0.70 |
| 531620.44 | 6600811.66 | 0.87 |
| 531618.16 | 6600810.11 | 1.05 |
| 531616.24 | 6600808.72 | 1.26 |
| 531613.96 | 6600807.41 | 1.43 |
| 531611.50 | 6600806.10 | 1.88 |
| 531609.78 | 6600804.90 | 2.44 |
| 531607.54 | 6600803.59 | 2.88 |
| 531605.40 | 6600802.14 | 3.42 |
| 531602.53 | 6600800.13 | 3.28 |
| 531600.42 | 6600798.85 | 3.04 |
| 531597.96 | 6600801.12 | 3.02 |
| 531595.62 | 6600803.53 | 2.97 |
| 531594.86 | 6600804.54 | 2.89 |
| 531590.38 | 6600808.97 | 2.95 |
| 531588.64 | 6600810.95 | 2.92 |
| 531589.90 | 6600811.89 | 3.10 |
| 531592.69 | 6600813.83 | 3.23 |
| 531593.29 | 6600814.28 | 2.93 |

| | | |
|---|---|---|
| 531597.49 | 6600817.31 | 3.08 |
| 531599.31 | 6600818.65 | 2.82 |
| 531600.97 | 6600820.11 | 2.01 |
| 531603.06 | 6600821.83 | 1.44 |
| 531605.85 | 6600823.96 | 1.29 |
| 531608.91 | 6600826.23 | 0.91 |
| 531611.37 | 6600827.81 | 0.67 |
| 531613.83 | 6600829.59 | 0.35 |
| 531615.91 | 6600831.13 | -0.01 |
| 531612.85 | 6600836.01 | -0.14 |
| 531609.19 | 6600840.33 | -0.14 |
| 531607.51 | 6600840.08 | 0.25 |
| 531605.76 | 6600839.27 | 0.66 |
| 531603.52 | 6600837.76 | 0.76 |
| 531601.26 | 6600836.36 | 0.96 |
| 531598.93 | 6600834.78 | 1.23 |
| 531596.29 | 6600832.94 | 1.39 |
| 531594.38 | 6600831.73 | 1.55 |
| 531592.62 | 6600830.60 | 2.33 |
| 531590.52 | 6600829.12 | 2.74 |
| 531588.06 | 6600827.37 | 3.26 |
| 531585.69 | 6600825.72 | 3.19 |
| 531583.16 | 6600823.93 | 3.21 |
| 531581.08 | 6600822.41 | 3.14 |
| 531577.36 | 6600824.33 | 3.13 |
| 531574.98 | 6600827.43 | 3.17 |
| 531572.32 | 6600831.25 | 3.12 |
| 531569.17 | 6600835.80 | 2.99 |
| 531571.34 | 6600837.71 | 3.13 |
| 531574.22 | 6600839.92 | 3.03 |
| 531575.75 | 6600840.97 | 3.08 |
| 531577.40 | 6600841.84 | 3.28 |
| 531579.66 | 6600843.10 | 2.81 |
| 531581.69 | 6600844.62 | 2.58 |
| 531583.43 | 6600845.93 | 2.16 |
| 531586.30 | 6600847.87 | 1.41 |
| 531589.45 | 6600849.89 | 1.13 |
| 531592.52 | 6600851.98 | 0.87 |
| 531594.42 | 6600853.26 | 0.69 |
| 531596.89 | 6600855.06 | -0.08 |
| 531594.91 | 6600858.15 | -0.17 |
| 531592.15 | 6600861.64 | -0.08 |

| | | |
|---|---|---|
| 531589.02 | 6600865.37 | -0.13 |
| 531587.77 | 6600864.61 | 0.25 |
| 531586.46 | 6600863.54 | 0.62 |
| 531585.39 | 6600862.89 | 0.91 |
| 531583.03 | 6600861.08 | 1.07 |
| 531580.53 | 6600859.35 | 1.42 |
| 531577.99 | 6600857.47 | 1.57 |
| 531576.28 | 6600856.43 | 2.28 |
| 531574.83 | 6600855.46 | 2.63 |
| 531573.01 | 6600854.22 | 2.74 |
| 531570.69 | 6600852.66 | 2.96 |
| 531568.77 | 6600851.18 | 3.17 |
| 531566.74 | 6600850.18 | 3.05 |
| 531564.35 | 6600847.71 | 3.28 |
| 531561.87 | 6600850.70 | 3.23 |
| 531559.75 | 6600853.48 | 3.21 |
| 531557.41 | 6600856.67 | 3.22 |
| 531554.78 | 6600860.02 | 3.37 |
| 531556.47 | 6600861.52 | 3.26 |
| 531558.56 | 6600862.81 | 3.14 |
| 531560.79 | 6600864.27 | 2.80 |
| 531563.12 | 6600865.96 | 2.62 |
| 531565.33 | 6600867.28 | 2.73 |
| 531567.10 | 6600868.61 | 2.23 |
| 531569.01 | 6600869.82 | 1.60 |
| 531571.15 | 6600871.17 | 1.42 |
| 531573.45 | 6600872.80 | 1.18 |
| 531575.61 | 6600874.19 | 0.97 |
| 531577.53 | 6600875.31 | 0.67 |
| 531579.22 | 6600876.50 | 0.25 |
| 531580.67 | 6600877.34 | -0.05 |
| 531578.42 | 6600881.86 | -0.07 |
| 531575.62 | 6600885.65 | -0.17 |
| 531572.87 | 6600888.76 | 0.23 |
| 531572.48 | 6600888.73 | 0.28 |
| 531570.59 | 6600887.79 | 0.58 |
| 531568.07 | 6600886.65 | 0.87 |
| 531565.22 | 6600885.15 | 1.16 |
| 531562.26 | 6600883.55 | 1.51 |
| 531560.16 | 6600882.32 | 1.85 |
| 531558.55 | 6600881.55 | 2.48 |
| 531556.26 | 6600879.85 | 2.59 |

| | | |
|---|---|---|
| 531554.58 | 6600878.79 | 2.57 |
| 531552.67 | 6600877.59 | 2.63 |
| 531550.94 | 6600876.51 | 2.94 |
| 531549.93 | 6600875.79 | 3.13 |
| 531547.92 | 6600878.68 | 3.29 |
| 531545.87 | 6600881.26 | 3.28 |
| 531543.23 | 6600884.47 | 3.25 |
| 531541.05 | 6600887.76 | 3.23 |
| 531538.56 | 6600891.43 | 3.22 |
| 531540.02 | 6600892.71 | 2.77 |
| 531542.38 | 6600894.10 | 2.48 |
| 531544.18 | 6600895.34 | 2.63 |
| 531546.40 | 6600896.75 | 2.37 |
| 531548.50 | 6600898.47 | 2.03 |
| 531550.89 | 6600900.29 | 1.48 |
| 531553.45 | 6600902.18 | 1.21 |
| 531555.50 | 6600903.65 | 0.92 |
| 531558.04 | 6600905.49 | 0.66 |
| 531560.52 | 6600907.58 | 0.32 |
| 531561.82 | 6600908.62 | -0.02 |
| 531558.74 | 6600912.16 | -0.21 |
| 531558.98 | 6600912.82 | -0.09 |
| 531556.71 | 6600915.93 | -0.09 |
| 531553.97 | 6600919.23 | -0.01 |
| 531552.37 | 6600918.34 | 0.33 |
| 531550.85 | 6600917.27 | 0.70 |
| 531548.52 | 6600915.93 | 0.93 |
| 531546.35 | 6600914.58 | 1.21 |
| 531543.56 | 6600912.86 | 1.44 |
| 531541.16 | 6600911.27 | 1.78 |
| 531538.97 | 6600909.67 | 2.22 |
| 531536.57 | 6600907.86 | 2.44 |
| 531534.29 | 6600906.35 | 2.58 |
| 531531.95 | 6600904.71 | 2.86 |
| 531530.31 | 6600903.62 | 2.97 |
| 531527.58 | 6600906.44 | 3.15 |
| 531525.23 | 6600909.63 | 3.03 |
| 531523.76 | 6600913.49 | 3.23 |
| 531525.87 | 6600914.74 | 2.84 |
| 531527.77 | 6600915.76 | 2.31 |
| 531530.24 | 6600917.51 | 2.43 |
| 531532.44 | 6600918.63 | 2.20 |

| | | |
|---|---|---|
| 531535.04 | 6600920.51 | 1.74 |
| 531537.67 | 6600922.12 | 1.47 |
| 531540.49 | 6600923.88 | 1.16 |
| 531542.93 | 6600925.32 | 0.89 |
| 531544.55 | 6600926.35 | 0.76 |
| 531546.51 | 6600927.68 | 0.14 |
| 531544.11 | 6600931.99 | -0.08 |
| 531541.61 | 6600936.38 | -0.01 |
| 531539.78 | 6600935.95 | 0.37 |
| 531538.09 | 6600935.14 | 0.81 |
| 531535.55 | 6600933.95 | 1.03 |
| 531532.61 | 6600932.46 | 1.30 |
| 531529.85 | 6600931.10 | 1.55 |
| 531527.30 | 6600929.72 | 1.90 |
| 531525.22 | 6600928.46 | 2.31 |
| 531522.35 | 6600926.73 | 2.36 |
| 531519.95 | 6600925.32 | 2.33 |
| 531517.65 | 6600923.94 | 2.93 |
| 531515.37 | 6600922.59 | 3.30 |
| 531512.11 | 6600920.40 | 3.15 |
| 531509.29 | 6600919.02 | 3.03 |
| 531505.56 | 6600916.73 | 2.82 |
| 531503.05 | 6600920.04 | 2.78 |
| 531500.30 | 6600923.67 | 2.84 |
| 531467.51 | 6601046.54 | 0.34 |
| 531469.02 | 6601047.55 | 0.02 |
| 531465.76 | 6601052.38 | 0.05 |
| 531462.89 | 6601057.23 | -0.01 |
| 531461.08 | 6601056.60 | 0.36 |
| 531459.46 | 6601055.87 | 0.64 |
| 531457.35 | 6601054.67 | 0.97 |
| 531455.09 | 6601053.08 | 1.17 |
| 531452.59 | 6601051.68 | 1.31 |
| 531450.21 | 6601050.16 | 1.74 |
| 531447.82 | 6601048.62 | 2.23 |
| 531446.57 | 6601047.91 | 2.18 |
| 531444.82 | 6601046.94 | 1.87 |
| 531442.49 | 6601045.56 | 2.27 |
| 531440.09 | 6601044.10 | 2.52 |
| 531437.79 | 6601042.89 | 2.57 |
| 531435.03 | 6601041.22 | 2.82 |
| 531432.54 | 6601039.80 | 3.15 |

| | | |
|---|---|---|
| 531432.56 | 6601039.78 | 3.15 |
| 531429.71 | 6601043.71 | 3.14 |
| 531427.45 | 6601047.10 | 3.35 |
| 531424.55 | 6601051.01 | 3.13 |
| 531422.21 | 6601054.82 | 3.15 |
| 531422.91 | 6601055.00 | 2.87 |
| 531424.67 | 6601056.31 | 2.70 |
| 531427.46 | 6601057.69 | 2.63 |
| 531430.50 | 6601059.38 | 2.61 |
| 531432.40 | 6601060.37 | 2.32 |
| 531433.63 | 6601061.21 | 1.85 |
| 531436.27 | 6601062.77 | 2.10 |
| 531438.02 | 6601063.80 | 2.10 |
| 531439.57 | 6601064.49 | 1.70 |
| 531442.13 | 6601066.16 | 1.35 |
| 531444.43 | 6601067.44 | 1.17 |
| 531446.94 | 6601069.07 | 0.92 |
| 531449.41 | 6601070.48 | 0.71 |
| 531451.36 | 6601071.47 | 0.41 |
| 531453.24 | 6601072.71 | 0.12 |
| 531450.08 | 6601078.53 | 0.03 |
| 531446.88 | 6601081.97 | 0.10 |
| 531447.08 | 6601083.29 | 0.04 |
| 531445.10 | 6601082.24 | 0.45 |
| 531443.55 | 6601081.67 | 0.65 |
| 531440.96 | 6601080.45 | 0.76 |
| 531437.80 | 6601079.23 | 1.11 |
| 531435.05 | 6601078.17 | 1.34 |
| 531431.90 | 6601076.79 | 1.75 |
| 531429.55 | 6601075.78 | 1.84 |
| 531427.14 | 6601074.74 | 2.05 |
| 531424.78 | 6601073.54 | 2.46 |
| 531422.51 | 6601072.43 | 2.56 |
| 531420.16 | 6601071.00 | 2.58 |
| 531417.14 | 6601069.82 | 2.63 |
| 531414.79 | 6601072.50 | 2.70 |
| 531412.25 | 6601075.81 | 2.65 |
| 531411.34 | 6601077.82 | 2.67 |
| 531409.71 | 6601079.96 | 2.68 |
| 531407.80 | 6601083.66 | 2.69 |
| 531409.55 | 6601084.62 | 2.67 |
| 531412.23 | 6601085.98 | 2.60 |

| | | |
|---|---|---|
| 531415.07 | 6601087.46 | 2.46 |
| 531417.61 | 6601088.49 | 2.07 |
| 531420.77 | 6601090.06 | 1.98 |
| 531423.36 | 6601091.28 | 1.64 |
| 531426.36 | 6601093.01 | 1.25 |
| 531429.17 | 6601094.50 | 0.96 |
| 531432.30 | 6601096.06 | 0.71 |
| 531434.99 | 6601097.38 | 0.57 |
| 531437.33 | 6601098.70 | 0.25 |
| 531434.42 | 6601104.41 | 0.10 |
| 531431.25 | 6601109.82 | 0.04 |
| 531428.93 | 6601108.71 | 0.55 |
| 531426.51 | 6601107.72 | 0.72 |
| 531423.49 | 6601106.17 | 0.74 |
| 531420.65 | 6601105.06 | 1.08 |
| 531417.47 | 6601103.56 | 1.54 |
| 531415.38 | 6601102.55 | 2.06 |
| 531413.21 | 6601101.61 | 1.85 |
| 531410.48 | 6601100.37 | 2.11 |
| 531408.40 | 6601099.40 | 2.16 |
| 531406.68 | 6601098.33 | 2.39 |
| 531403.16 | 6601096.28 | 2.72 |
| 531400.40 | 6601099.28 | 2.73 |
| 531398.15 | 6601101.81 | 2.69 |
| 531395.46 | 6601105.55 | 2.70 |
| 531393.81 | 6601111.45 | 2.80 |
| 531396.01 | 6601112.65 | 2.88 |
| 531398.38 | 6601113.95 | 2.25 |
| 531400.64 | 6601115.14 | 2.16 |
| 531404.26 | 6601117.13 | 1.88 |
| 531406.22 | 6601118.05 | 1.81 |
| 531409.25 | 6601119.55 | 1.23 |
| 531412.62 | 6601121.08 | 0.85 |
| 531745.36 | 6600680.73 | -1.17 |
| 531740.45 | 6600686.95 | -1.20 |
| 531737.25 | 6600692.49 | -1.17 |
| 531733.81 | 6600696.99 | -1.22 |
| 531729.73 | 6600703.74 | -1.14 |
| 531724.32 | 6600710.79 | -1.14 |
| 531719.23 | 6600717.61 | -1.05 |
| 531712.08 | 6600725.95 | -1.04 |
| 531703.65 | 6600735.24 | -1.03 |

| | | |
|---|---|---|
| 531696.86 | 6600743.68 | -1.04 |
| 531691.19 | 6600750.50 | -0.99 |
| 531685.48 | 6600758.28 | -1.11 |
| 531676.64 | 6600768.53 | -1.05 |
| 531670.66 | 6600775.82 | -1.06 |
| 531666.25 | 6600782.27 | -1.04 |
| 531661.36 | 6600788.60 | -1.10 |
| 531656.14 | 6600796.30 | -0.96 |
| 531651.18 | 6600803.26 | -0.91 |
| 531644.90 | 6600811.64 | -0.92 |
| 531640.36 | 6600818.22 | -0.93 |
| 531635.07 | 6600825.72 | -0.91 |
| 531630.03 | 6600832.66 | -0.84 |
| 531625.92 | 6600839.29 | -0.71 |
| 531617.42 | 6600848.76 | -0.54 |
| 531610.71 | 6600857.65 | -0.62 |
| 531602.31 | 6600869.89 | -0.74 |
| 531595.69 | 6600880.34 | -0.94 |
| 531590.85 | 6600889.45 | -0.93 |
| 531587.60 | 6600897.20 | -0.65 |
| 531583.05 | 6600904.36 | -0.53 |
| 531497.96 | 6600927.55 | 2.81 |
| 531499.57 | 6600930.37 | 3.10 |
| 531502.30 | 6600932.18 | 3.19 |
| 531504.90 | 6600933.99 | 3.07 |
| 531507.16 | 6600935.31 | 3.20 |
| 531509.94 | 6600937.25 | 2.62 |
| 531511.37 | 6600938.20 | 2.40 |
| 531514.37 | 6600939.94 | 2.38 |
| 531517.46 | 6600941.57 | 2.09 |
| 531520.10 | 6600943.04 | 1.79 |
| 531523.09 | 6600945.03 | 1.37 |
| 531526.03 | 6600946.60 | 1.10 |
| 531528.69 | 6600948.19 | 0.87 |
| 531530.31 | 6600949.11 | 0.68 |
| 531531.98 | 6600950.19 | 0.05 |
| 531529.96 | 6600954.23 | 0.10 |
| 531526.69 | 6600958.68 | 0.28 |
| 531524.85 | 6600958.08 | 0.71 |
| 531522.93 | 6600956.95 | 0.85 |
| 531520.30 | 6600955.55 | 1.00 |
| 531517.81 | 6600953.89 | 1.24 |

| | | |
|---|---|---|
| 531515.59 | 6600952.52 | 1.49 |
| 531515.61 | 6600952.54 | 1.49 |
| 531513.33 | 6600951.26 | 1.90 |
| 531511.11 | 6600949.95 | 1.93 |
| 531508.62 | 6600948.83 | 2.29 |
| 531505.97 | 6600947.64 | 2.39 |
| 531503.31 | 6600946.35 | 2.63 |
| 531500.69 | 6600944.99 | 3.15 |
| 531497.57 | 6600943.61 | 3.08 |
| 531495.29 | 6600945.64 | 3.08 |
| 531493.63 | 6600947.55 | 3.06 |
| 531492.05 | 6600949.82 | 3.10 |
| 531493.80 | 6600951.63 | 2.94 |
| 531495.45 | 6600952.63 | 3.08 |
| 531496.27 | 6600953.24 | 2.94 |
| 531497.70 | 6600954.01 | 2.64 |
| 531500.37 | 6600955.39 | 2.37 |
| 531503.01 | 6600956.58 | 2.28 |
| 531505.98 | 6600957.93 | 2.06 |
| 531508.01 | 6600959.28 | 1.87 |
| 531510.50 | 6600960.97 | 1.49 |
| 531513.09 | 6600962.78 | 1.17 |
| 531515.45 | 6600964.30 | 0.93 |
| 531517.59 | 6600965.56 | 0.80 |
| 531519.43 | 6600966.83 | 0.76 |
| 531521.08 | 6600967.75 | 0.41 |
| 531523.01 | 6600968.90 | 0.00 |
| 531520.61 | 6600973.02 | -0.01 |
| 531518.42 | 6600977.23 | -0.10 |
| 531515.38 | 6600981.81 | -0.05 |
| 531512.12 | 6600981.04 | 0.53 |
| 531509.90 | 6600979.58 | 0.76 |
| 531507.46 | 6600978.10 | 0.85 |
| 531504.70 | 6600976.35 | 1.17 |
| 531502.04 | 6600974.53 | 1.48 |
| 531498.97 | 6600972.66 | 1.95 |
| 531496.25 | 6600970.94 | 2.22 |
| 531493.67 | 6600969.29 | 2.33 |
| 531490.92 | 6600967.62 | 2.27 |
| 531488.73 | 6600966.43 | 2.73 |
| 531487.01 | 6600965.20 | 3.04 |
| 531485.06 | 6600963.71 | 2.90 |

| | | |
|---|---|---|
| 531483.78 | 6600963.14 | 2.85 |
| 531482.05 | 6600966.21 | 2.89 |
| 531479.92 | 6600969.00 | 2.81 |
| 531477.91 | 6600972.28 | 2.84 |
| 531475.70 | 6600975.78 | 2.86 |
| 531477.14 | 6600976.76 | 2.91 |
| 531479.13 | 6600977.97 | 2.96 |
| 531481.81 | 6600979.63 | 2.35 |
| 531483.72 | 6600980.93 | 2.39 |
| 531486.05 | 6600982.84 | 2.13 |
| 531487.69 | 6600984.18 | 1.95 |
| 531489.19 | 6600985.07 | 2.07 |
| 531491.37 | 6600986.50 | 1.74 |
| 531493.51 | 6600988.01 | 1.49 |
| 531495.87 | 6600989.37 | 1.15 |
| 531498.74 | 6600991.34 | 0.82 |
| 531501.16 | 6600992.80 | 0.75 |
| 531503.09 | 6600994.09 | 0.69 |
| 531505.56 | 6600995.64 | 0.09 |
| 531501.98 | 6601000.26 | 0.07 |
| 531498.26 | 6601005.08 | 0.15 |
| 531496.96 | 6601004.54 | 0.58 |
| 531496.34 | 6601004.22 | 0.73 |
| 531494.27 | 6601003.24 | 0.75 |
| 531492.92 | 6601002.51 | 0.70 |
| 531489.34 | 6601000.46 | 1.14 |
| 531487.02 | 6600999.01 | 1.37 |
| 531484.71 | 6600997.39 | 1.71 |
| 531482.03 | 6600995.85 | 2.10 |
| 531480.64 | 6600995.03 | 2.21 |
| 531478.90 | 6600993.95 | 2.01 |
| 531476.74 | 6600992.60 | 2.32 |
| 531474.92 | 6600991.43 | 2.49 |
| 531473.34 | 6600990.24 | 2.57 |
| 531471.64 | 6600989.25 | 2.85 |
| 531469.45 | 6600987.89 | 2.89 |
| 531465.29 | 6600993.48 | 2.88 |
| 531462.97 | 6600997.22 | 2.93 |
| 531461.59 | 6600999.97 | 2.85 |
| 531463.35 | 6601001.34 | 2.73 |
| 531466.24 | 6601003.17 | 2.45 |
| 531466.40 | 6601003.43 | 2.47 |

| | | |
|---|---|---|
| 531469.29 | 6601005.01 | 2.22 |
| 531471.66 | 6601006.57 | 1.98 |
| 531473.36 | 6601007.41 | 2.30 |
| 531475.23 | 6601008.59 | 1.85 |
| 531478.18 | 6601010.09 | 1.45 |
| 531481.13 | 6601011.67 | 1.14 |
| 531484.10 | 6601013.12 | 0.89 |
| 531486.17 | 6601014.45 | 0.78 |
| 531487.93 | 6601015.46 | 0.81 |
| 531489.89 | 6601016.78 | 0.26 |
| 531487.64 | 6601021.27 | 0.12 |
| 531484.04 | 6601026.03 | 0.17 |
| 531482.53 | 6601025.44 | 0.53 |
| 531481.35 | 6601024.86 | 0.78 |
| 531478.86 | 6601023.44 | 0.89 |
| 531476.48 | 6601021.99 | 1.10 |
| 531473.96 | 6601020.56 | 1.29 |
| 531471.81 | 6601019.43 | 1.46 |
| 531469.05 | 6601017.96 | 1.94 |
| 531467.31 | 6601017.00 | 2.38 |
| 531465.78 | 6601016.19 | 2.00 |
| 531463.17 | 6601014.97 | 2.30 |
| 531460.71 | 6601013.49 | 2.51 |
| 531457.89 | 6601011.95 | 2.56 |
| 531455.15 | 6601010.46 | 2.75 |
| 531451.82 | 6601008.72 | 2.96 |
| 531448.73 | 6601007.06 | 2.87 |
| 531445.58 | 6601010.09 | 2.94 |
| 531443.23 | 6601014.29 | 2.98 |
| 531440.27 | 6601019.44 | 3.06 |
| 531437.61 | 6601023.02 | 3.02 |
| 531439.83 | 6601025.46 | 3.12 |
| 531442.38 | 6601026.83 | 3.01 |
| 531441.15 | 6601029.59 | 2.99 |
| 531440.13 | 6601031.42 | 2.97 |
| 531441.37 | 6601032.20 | 2.70 |
| 531443.61 | 6601033.34 | 2.66 |
| 531445.06 | 6601034.01 | 2.55 |
| 531447.26 | 6601035.00 | 2.47 |
| 531449.95 | 6601036.15 | 2.08 |
| 531452.11 | 6601037.27 | 1.91 |
| 531453.78 | 6601038.05 | 2.21 |

| | | |
|---|---|---|
| 531455.00 | 6601038.65 | 2.02 |
| 531457.05 | 6601039.81 | 1.56 |
| 531459.80 | 6601041.30 | 1.30 |
| 531462.26 | 6601043.07 | 1.13 |
| 531464.33 | 6601044.35 | 0.91 |
| 531466.05 | 6601045.55 | 0.72 |
| 531415.64 | 6601122.71 | 0.77 |
| 531417.61 | 6601123.72 | 0.54 |
| 531419.43 | 6601124.86 | 0.13 |
| 531416.60 | 6601130.33 | -0.02 |
| 531413.44 | 6601134.70 | -0.01 |
| 531411.37 | 6601134.00 | 0.38 |
| 531409.48 | 6601133.10 | 0.69 |
| 531406.98 | 6601131.64 | 0.81 |
| 531404.45 | 6601130.55 | 0.99 |
| 531401.51 | 6601128.95 | 1.36 |
| 531399.12 | 6601127.88 | 1.72 |
| 531396.89 | 6601126.55 | 2.10 |
| 531395.05 | 6601125.42 | 2.24 |
| 531391.37 | 6601123.82 | 2.46 |
| 531391.38 | 6601123.89 | 2.44 |
| 531389.17 | 6601127.35 | 2.50 |
| 531386.79 | 6601130.85 | 2.35 |
| 531382.67 | 6601137.25 | 2.39 |
| 531379.21 | 6601143.18 | 2.49 |
| 531380.92 | 6601144.27 | 2.10 |
| 531383.81 | 6601145.77 | 2.15 |
| 531387.01 | 6601147.61 | 1.73 |
| 531389.87 | 6601148.68 | 1.18 |
| 531393.66 | 6601150.15 | 0.85 |
| 531393.73 | 6601150.20 | 0.86 |
| 531396.81 | 6601151.69 | 0.66 |
| 531398.80 | 6601152.89 | 0.36 |
| 531400.17 | 6601153.56 | 0.11 |
| 531400.47 | 6601151.89 | 0.25 |
| 531403.89 | 6601147.34 | 0.25 |
| 531407.93 | 6601140.67 | 0.24 |
| 531412.15 | 6601134.99 | 0.13 |
| 531415.63 | 6601130.07 | 0.16 |
| 531420.02 | 6601123.58 | 0.21 |
| 531424.66 | 6601117.08 | 0.15 |
| 531429.36 | 6601111.34 | 0.09 |

| | | |
|---|---|---|
| 531434.54 | 6601104.61 | 0.12 |
| 531438.79 | 6601097.54 | 0.15 |
| 531442.82 | 6601089.86 | 0.14 |
| 531447.89 | 6601081.32 | 0.12 |
| 531453.06 | 6601072.29 | 0.19 |
| 531458.82 | 6601063.08 | 0.09 |
| 531463.31 | 6601055.64 | 0.07 |
| 531467.54 | 6601048.80 | 0.11 |
| 531473.59 | 6601040.84 | 0.09 |
| 531478.98 | 6601032.86 | 0.12 |
| 531484.53 | 6601026.03 | 0.08 |
| 531488.92 | 6601019.75 | 0.06 |
| 531493.42 | 6601012.88 | 0.10 |
| 531498.37 | 6601005.89 | -0.02 |
| 531502.36 | 6600999.50 | 0.14 |
| 531506.74 | 6600992.92 | 0.17 |
| 531511.94 | 6600985.81 | 0.11 |
| 531516.37 | 6600977.77 | 0.18 |
| 531521.37 | 6600970.11 | 0.10 |
| 531525.98 | 6600961.68 | 0.11 |
| 531530.31 | 6600952.75 | 0.23 |
| 531535.19 | 6600944.96 | 0.19 |
| 531540.18 | 6600936.68 | 0.20 |
| 531544.76 | 6600929.32 | 0.20 |
| 531549.71 | 6600922.74 | 0.15 |
| 531555.24 | 6600915.54 | 0.15 |
| 531561.89 | 6600906.36 | 0.20 |
| 531568.27 | 6600897.44 | 0.22 |
| 531573.35 | 6600887.86 | 0.21 |
| 531577.78 | 6600878.80 | 0.22 |
| 531584.51 | 6600869.41 | 0.09 |
| 531590.45 | 6600861.75 | 0.10 |
| 531596.50 | 6600854.21 | 0.19 |
| 531602.09 | 6600846.67 | 0.14 |
| 531607.64 | 6600839.63 | 0.12 |
| 531613.84 | 6600830.70 | 0.13 |
| 531618.58 | 6600824.06 | 0.16 |
| 531622.65 | 6600817.33 | 0.19 |
| 531627.69 | 6600810.50 | 0.16 |
| 531632.34 | 6600803.04 | -0.19 |
| 531636.69 | 6600798.88 | 0.14 |
| 531641.18 | 6600793.02 | 0.14 |

| | | |
|---|---|---|
| 531645.86 | 6600787.00 | 0.12 |
| 531649.36 | 6600781.14 | 0.18 |
| 531653.90 | 6600774.20 | 0.18 |
| 531657.98 | 6600767.53 | 0.10 |
| 531663.09 | 6600760.16 | 0.11 |
| 531668.12 | 6600753.26 | 0.12 |
| 531672.35 | 6600747.30 | 0.12 |
| 531678.67 | 6600740.12 | 0.13 |
| 531684.63 | 6600732.99 | 0.14 |
| 531690.41 | 6600726.16 | 0.15 |
| 531696.11 | 6600718.55 | 0.12 |
| 531701.62 | 6600711.51 | 0.22 |
| 531707.76 | 6600704.23 | 0.26 |
| 531712.28 | 6600698.46 | 0.21 |
| 531717.42 | 6600691.41 | 0.29 |
| 531723.06 | 6600684.16 | 0.33 |
| 531728.65 | 6600677.15 | 0.20 |
| 531733.82 | 6600669.97 | 0.42 |
| 531739.02 | 6600662.56 | 0.31 |
| 531744.25 | 6600655.43 | 0.31 |
| 531750.63 | 6600647.90 | 0.29 |
| 531757.67 | 6600640.37 | 0.16 |
| 531764.69 | 6600632.02 | 0.23 |
| 531771.51 | 6600624.20 | 0.21 |
| 531777.06 | 6600617.11 | 0.27 |
| 531784.12 | 6600608.27 | 0.22 |
| 531790.26 | 6600600.34 | 0.16 |
| 531795.09 | 6600593.95 | 0.23 |
| 531802.20 | 6600587.52 | 0.12 |
| 531807.75 | 6600582.86 | 0.14 |
| 531812.95 | 6600579.46 | 0.13 |
| 531819.12 | 6600576.43 | 0.13 |
| 531825.99 | 6600574.26 | 0.10 |
| 531833.07 | 6600573.84 | 0.17 |
| 531839.27 | 6600572.91 | -0.16 |
| 531839.00 | 6600570.53 | 0.25 |
| 531838.17 | 6600566.35 | 0.44 |
| 531837.17 | 6600557.94 | 1.33 |
| 531835.31 | 6600554.22 | 1.71 |
| 531833.62 | 6600552.13 | 2.57 |
| 531833.18 | 6600547.09 | 2.52 |
| 531507.06 | 6600902.55 | 2.51 |

| | | |
|---|---|---|
| 531510.22 | 6600905.41 | 2.79 |
| 531510.24 | 6600905.27 | 2.76 |
| 531514.75 | 6600908.29 | 2.88 |
| 531414.63 | 6601161.16 | -0.62 |
| 531418.53 | 6601154.49 | -0.65 |
| 531423.95 | 6601147.06 | -0.71 |
| 531430.73 | 6601139.03 | -0.77 |
| 531437.05 | 6601130.31 | -0.68 |
| 531441.95 | 6601121.41 | -0.67 |
| 531450.31 | 6601119.36 | -0.70 |
| 531458.50 | 6601110.27 | -0.69 |
| 531462.02 | 6601096.30 | -0.65 |
| 531460.66 | 6601094.00 | -0.72 |
| 531462.02 | 6601096.30 | -0.65 |
| 531489.67 | 6601066.90 | -0.92 |
| 531503.02 | 6601049.88 | -0.98 |
| 531508.86 | 6601042.53 | -0.92 |
| 531518.32 | 6601030.63 | -0.82 |
| 531525.15 | 6601019.32 | -0.73 |
| 531525.15 | 6601019.36 | -0.75 |
| 531530.42 | 6601012.58 | -0.79 |
| 531530.38 | 6601012.44 | -0.80 |
| 531538.20 | 6601000.86 | -0.86 |
| 531543.99 | 6600992.39 | -0.77 |
| 531551.70 | 6600982.45 | -0.92 |
| 531556.74 | 6600973.47 | -1.04 |
| 531560.53 | 6600961.76 | -0.92 |
| 531565.31 | 6600954.90 | -0.97 |
| 531571.94 | 6600945.34 | -0.81 |
| 531579.24 | 6600935.81 | -0.75 |
| 531584.91 | 6600927.52 | -0.79 |
| 531590.63 | 6600919.25 | -0.80 |
| 531597.02 | 6600910.56 | -0.79 |
| 531601.94 | 6600903.69 | -0.79 |
| 531608.05 | 6600896.27 | -0.82 |
| 531614.72 | 6600888.85 | -0.89 |
| 531619.99 | 6600879.62 | -1.04 |
| 531623.78 | 6600870.22 | -0.94 |
| 531630.21 | 6600861.93 | -0.82 |
| 531637.27 | 6600853.34 | -0.72 |
| 531646.23 | 6600844.63 | -0.83 |
| 531653.81 | 6600836.93 | -0.87 |

| | | |
|---|---|---|
| 531662.44 | 6600826.77 | -0.86 |
| 531672.38 | 6600819.98 | -1.04 |
| 531680.25 | 6600812.51 | -1.07 |
| 531687.45 | 6600802.42 | -1.25 |
| 531689.62 | 6600800.18 | -1.01 |
| 531693.84 | 6600793.69 | -0.99 |
| 531701.09 | 6600786.46 | -1.00 |
| 531709.25 | 6600774.92 | -1.11 |
| 531713.68 | 6600767.59 | -1.08 |
| 531718.56 | 6600758.24 | -1.03 |
| 531724.34 | 6600751.20 | -0.95 |
| 531731.86 | 6600743.30 | -0.98 |
| 531740.71 | 6600735.13 | -1.03 |
| 531749.63 | 6600726.58 | -1.05 |
| 531757.50 | 6600718.56 | -0.92 |
| 531762.59 | 6600711.23 | -0.91 |
| 531770.34 | 6600700.64 | -0.92 |
| 531776.10 | 6600692.84 | -0.87 |
| 531783.43 | 6600681.46 | -0.88 |
| 531788.62 | 6600667.71 | -0.76 |
| 531795.96 | 6600654.70 | -0.71 |
| 531804.22 | 6600642.10 | -0.68 |
| 531809.91 | 6600634.43 | -0.60 |
| 531818.99 | 6600624.21 | -0.76 |
| 531823.40 | 6600617.36 | -1.00 |
| 531825.34 | 6600612.40 | -1.05 |
| 531828.65 | 6600606.86 | -1.02 |
| 531832.26 | 6600602.74 | -1.04 |
| 531838.79 | 6600598.24 | -0.97 |
| 531845.75 | 6600593.14 | -0.89 |
| 531854.82 | 6600587.88 | -0.78 |
| 531858.28 | 6600586.74 | -0.90 |
| 531851.29 | 6600586.89 | -0.84 |
| 531844.18 | 6600585.73 | -0.77 |
| 531837.15 | 6600587.94 | -0.78 |
| 531832.94 | 6600586.50 | -0.77 |
| 531823.85 | 6600586.81 | -0.72 |
| 531820.62 | 6600591.44 | -0.85 |
| 531816.22 | 6600597.49 | -0.88 |
| 531811.08 | 6600599.71 | -1.00 |
| 531806.14 | 6600604.47 | -1.01 |
| 531801.01 | 6600610.28 | -1.06 |

| | | |
|---|---|---|
| 531796.44 | 6600615.67 | -1.07 |
| 531791.14 | 6600622.09 | -1.10 |
| 531786.22 | 6600628.04 | -1.10 |
| 531781.26 | 6600634.15 | -0.99 |
| 531776.27 | 6600641.27 | -0.96 |
| 531772.05 | 6600648.01 | -1.00 |
| 531765.41 | 6600655.14 | -0.98 |
| 531759.81 | 6600663.01 | -1.05 |
| 531754.43 | 6600669.14 | -1.03 |
| 531749.65 | 6600675.70 | -1.09 |
| 531577.64 | 6600911.93 | -0.54 |
| 531571.42 | 6600922.59 | -0.81 |
| 531567.44 | 6600928.10 | -1.04 |
| 531564.22 | 6600933.33 | -1.06 |
| 531559.81 | 6600940.82 | -0.98 |
| 531555.73 | 6600947.53 | -0.98 |
| 531552.57 | 6600953.85 | -0.97 |
| 531547.57 | 6600961.13 | -0.90 |
| 531540.63 | 6600971.52 | -0.87 |
| 531536.25 | 6600977.53 | -0.91 |
| 531530.89 | 6600984.72 | -0.90 |
| 531526.11 | 6600991.44 | -0.90 |
| 531520.41 | 6600998.15 | -0.90 |
| 531515.85 | 6601004.52 | -0.90 |
| 531511.76 | 6601011.72 | -0.91 |
| 531506.95 | 6601017.60 | -0.90 |
| 531502.46 | 6601024.12 | -0.86 |
| 531497.25 | 6601030.58 | -0.89 |
| 531491.33 | 6601037.01 | -0.89 |
| 531487.45 | 6601042.18 | -0.92 |
| 531483.42 | 6601047.60 | -1.01 |
| 531479.81 | 6601052.72 | -1.09 |
| 531476.19 | 6601058.15 | -1.09 |
| 531472.31 | 6601063.92 | -0.97 |
| 531468.46 | 6601069.16 | -0.86 |
| 531464.99 | 6601074.30 | -0.85 |

**Lisa 3**

# Fotod

Foto 1. Rand Hülkari neemest põhjas (2006).

Foto 2. Rand Hülkari neemest põhjas (2009).

Hülkari neemest põhjas on rand lai. Võrreldes 2006 aastaga on ajuvee piiril olev rannaastang taganenud ja osa vabanenud materjalist on kuhjunud astangu ees olevale rannale 1 ja 1.5 m kõrgusvahemikku.

Foto 3. Rand Hülkari neeme tipus (2006).

Foto 4. Rand Hülkari neeme tipus (2009).

Foto 5. Rand Hülkari neemest edelas (2006).

Foto 6. Rand Hülkari neemest edelas (2009).