



TTÜ Meresüsteemide Instituut

Akadeemia tee 15a, Tallinn, 12618, Eesti

Telefon: +372 6204302 Faks: +372 620 4301

Veebileht: www.msi.ttu.ee e-post: msi@msi.ttu.ee

Tellija: Ramboll Eesti AS

**Loode-Eesti rannikumerre kavandatava meretuulepargi
keskkonnamõju hindamise raames keskkonnaalaste
lisauuringute läbiviimine ning keskkonnamõju hindamise
menetluses (edaspidi „KMH“) osalemine**

Aruanne – valitud KMH peatükid

Projekti juht:	Urmas Lips, urmas.lips@msi.ttu.ee
Ekspertgrupp:	Germo Väli, Taavi Liblik
Projekti referentsid:	Töövõtuleping nr 2013-56-AT-1, 29.01.2014
Väljastatud:	11. juuli 2016

SISUKORD

8.2 MÕJU HÜDRODÜNAAMIKALE	3
8.2.1 Mõju lainetusele, hoovustele ja segunemisele	3
8.2.2 Mõju vee kvaliteedile.....	8
8.2.3 Mõju heljumi levikule.....	10
9.1 JÄÄGA SEOTUD RISKID.....	13
9.2 NAVIGATSIOONIRISKID, SH MÕJU NAVIGATSIOONILE	13
9.3 VÕIMALIK ÕLILAIGU LEVIKU PROGNOOS	17
9.3.1 Mudeli kirjeldus	17
9.3.2 Mudeli tulemused.....	17
9.3.3 Järeldused ja soovitused.....	22

8.2 Mõju hüdrodünaamikale

8.2.1 Mõju lainetusele, hoovustele ja segunemisele

Avamere tuulikud, kui vette asetatud takistused, mõjutavad otseselt lainetust, hoovusi ja segunemist vahetult nende ümbruses. Olenevalt tuulikute paiknemisest ja tuulepargi suurusest võivad need mõjud ulatuda ka teatud kaugusele tuulepargist. Tuulikud mõjutavad ka tuuletingimusi tuulikute vahetuses läheduses ja teatud vahemaa taha allatuult, mis omakorda põhjustavad muutusi lainetuse, hoovuste ja segunemise tingimustes tuulikute allatuult.

Hiiumaa avamere tuuleparkidega rajamisega seotud tuule kiiruse vähenemist on varem modelleeritud (EMD International A/S, 2008 ja 2010). Tuule kiiruse keskmiseks kahanemiseks tuuleparkide vahetus läheduses hinnati kuni 8,5%. Suurima mõjuga suunast hinnati erinevates tuuleparkides tuule keskmiseks kahanemiseks 21,1–62,7% ja maksimaalseks kahanemiseks 52,0–80,8%. Kõrgeimad kahanemise protsentuaalsed väärtused saadi nõrkade (4 m/s) tuulte puhul.

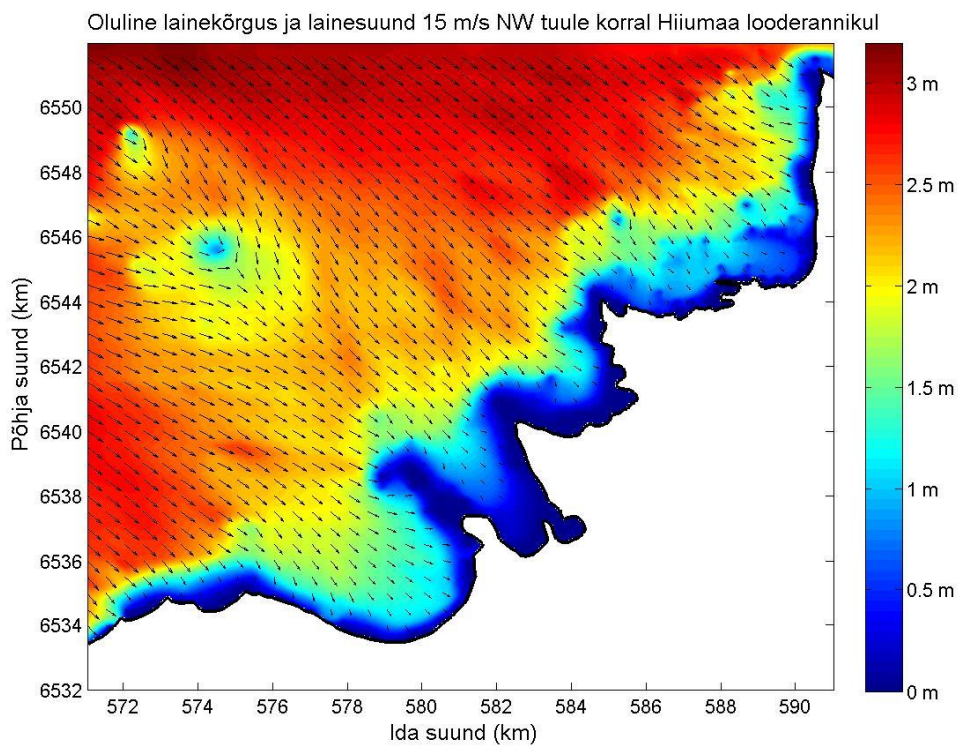
Nimetatud uuringus hinnati ka tuule kiiruse vähenemist rannikul (EMD International A/S, 2008). Neljast rannikupunktist kolmes jäi keskmine kahanemine 0,5 % piiresse. Suurima mõjuga suunast ei ületanud keskmine ja maksimaalne kahanemine vastavalt 3,0% ja 6,8%. Oluliselt suurem mõju hinnati tol ajal Neupokojevi madalale planeeritud tuulepargi mõjualasse jäänud punktis (Ristnas), mis asus lähimast tuulikust vähem kui 5 km kaugusel.

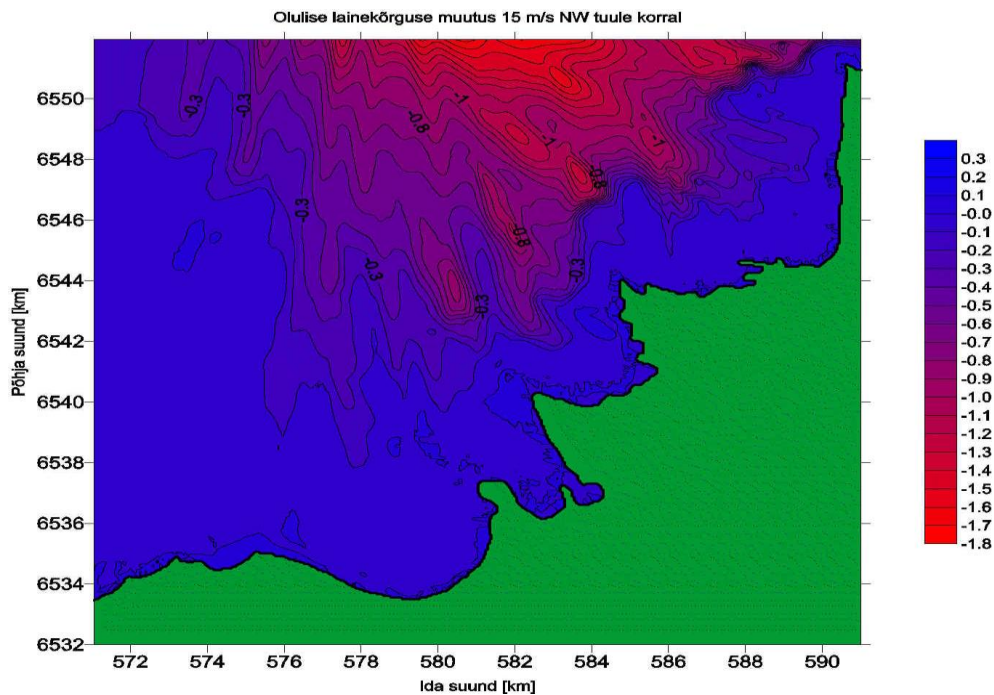
Kaugusega tuulikute mõju tuule tugevusele väheneb oluliselt. Modelleerimise abil on hinnatud, et tuule kiirus taastub täielikult 2 kuni 14 km kaugusel avamere tuulikute (Frandsen *et al*, 2004). Kuna planeeritava tuulepargi puhul ei kavandata tuuliku rannikule lähemale kui 12 km, siis on tuule kahanemine tuuleparkide tõttu rannikul marginaalne. Lisaks on modelleerimisega näidatud, et Hiiumaa avamerre planeeritavate tuulikute poolt tekitatud turbulentsi on võimalik foonist eristada kuni 1,8 km kaugusel tuulepargist (EMD International A/S, 2010).

Tuulikute kerde mõju lainetuse parameetritele Hiiumaa rannikumeres on uuritud spetsiaalse modelleerimiseksperimenti käigus (TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2008). Hinnati 1) Neupokojevi madalale paigutatud tuulikute mõju Kõpu poolsaare rannikumeres lainetusele ja 2) Vinkovi madalale paigutatud tuulikute mõju Hiiumaa põhjarannikul (asukohad ja mõjualad on toodud joonisel 8.2.1.1). Kuna käesoleva KMH käigus ei käsitleta enam Neupokojevi madalat ühe tuulepargi võimaliku asukohana, siis otseselt on kasutatavad hinnangud Vinkovi madala tuulepargi mõjust ja Neupokojevi madala tuulikute mõju hinnanguid käsitleme siin kui tausteksperimenti.



Joonis 8.2.1.1. Mõjuala piirkonnad (punasega) ning tuulikute paiknemine mudeleksperimentis.





Joonis 8.2.1.2. Oluline lainekõrgus 15 m/s puhuva loodetuule korral (ülemine paneel) ja Vinkovi madalale paigutatud tuulikute poolt põhjustatud olulise lainekõrguse muutus (cm, samuti 15 m/s puhuva loodetuule korral) Hiiumaa looderanniku lähistel (alumine paneel).

Mudeleksperimendid näitasid, et laine kõrgus kahaneb tugeva tuule puhul (15 m/s) tuulikute 3-4 km kaugusel vähem kui 2cm ja 10-13 km kaugusel alla 1 cm. Sellised muutused ei ole praktiliselt võimalik tuvastada. Oluline on märkida, et kirjeldatud mudeleksperimentides ei arvestatud tuule tugevuse vähenemist tuulikute allatuult, mis omakorda võib vähendada lainekõrgust. Kahjuks puuduvad meie piirkonnas selle efekti kohta varasemad uuringud. Kombineerides erinevaid empiirilisi meetodeid on hinnatud, et tuuleparkide vahetus läheduses ja selle sees on tuule kahanemisest tingitud laine kõrguste vähenemine võimalik, kuid võrreldes looduslike faktoritega (nt. merepõhja topograafia) on Hiiumaa rannikul see efekt pigem tagasihoidlik (OÜ Alkranel jt., 2014).Tuleb rõhutada, et tegemist on idealiseeritud meetodite kombineerimisega, mis ei arvesta lokaalseid olusid.

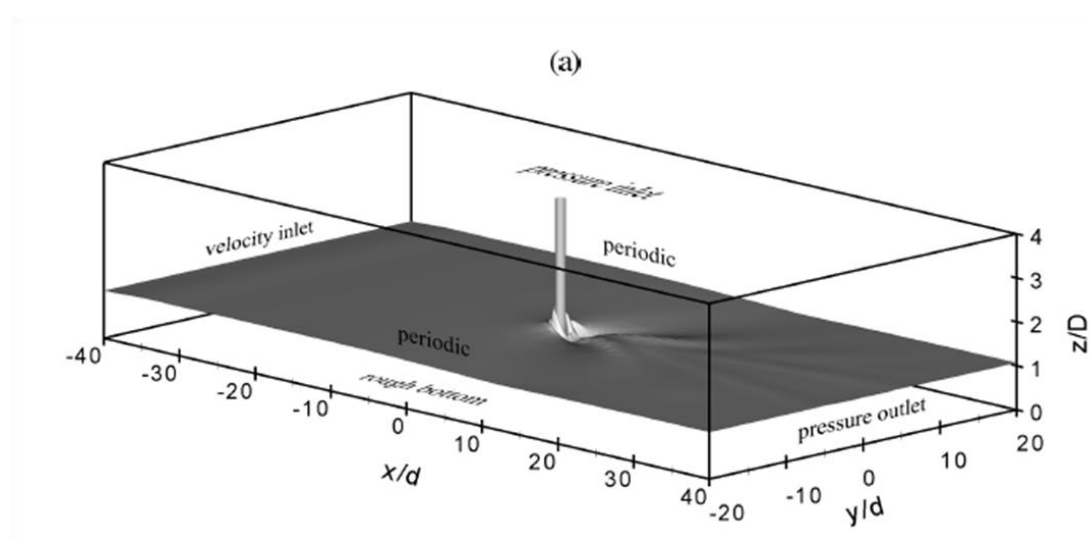
Eesmärgiga hinnata tuule kahanemisest tingitud mõju lainetusele on TTÜ Meresüsteemide Instituudis läbi viidud teoreetiline mudeleksperiment lainemudeliga SWAN (Booij, 1999). Arvutustes kasutati küllastunud laineväljasid läänetuule 10-20 m/s tingimustes ning eeldati, et 10 x 10 km alal Hiiumaast edelas on tuule kahanemine 30%. Tulemuseks saadi, et laine kõrguse kahanemine virtuaalse tuuleparki vahetuses läheduses alla tuult on 15 cm (tuulega 10 m/s; esialgse olulise lainekõrguse 1,5-2 m juures) kuni 50 cm (tuulega 20 m/s; esialgse olulise lainekõrguse 5-6 m juures). Seega teoreetiliselt võib tuule kahanemine lokaalselt vähendada laine kõrgust ligikaudu 10 %. Laine kõrguse kahanemine rannikul on väiksem, sest tuuleparki ja rannajoone vahel koguvad lained taas energiat. Kirjeldatud teoreetilise eksperimendi tulemuste põhjal väheneb lainekõrgus ranniku lähedal

vähem kui 2 % esialgsest lainekõrgusest, ehk samas suurusjärgus või veidi suurem, kui modelleeritud tuuliku kerde mõju (TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2008).

Saadud teoreetiline hinnang sõltub suuresti sisendandmetest, st eksperimendis kasutatavast tuulevälja kahanemisest nii tuulepargi sees kui sellest allatuult. Nagu EMD International (2008 ja 2010) tööd Hiiumaa piirkonnas on näidanud, on see väga varieeruv ja sõltub konkreetsest projektlahendusest. Et tuule vähenemisest tingitud mõju lainetusele kindlaks määrata on vaja: (1) modelleerida konkreetsele projektlahendusele (tuulikute paiknemine, tüüp jne) tuule kahanemine ning seejärel võttes arvesse saadud tuuleväljad (2) modelleerida lainetus.

Olemasolevate andmete ja hinnangute põhjal võib väita, et valdavate tuulesuundade (edelast-läänest) puhul arvestatavat mõju tuulerežiimile ja lainetusele surfajatele-puhkajatele olulisel alal Kõpu poolsaare lääneosa rannikumeres (Ristna) kavandatava meretuulepark ei avalda. Arvestades kavandatavaid tuulikute asukohti on rannikumere lainetingimuste seisukohast olulisim mõju põhjasektori tuulte korral, mis esinevad piirkonnas alla 20%.

Tuulikute mõju hoovustele ja segunemisele on põhjalikult uuritud seoses Läänemere lõunaossa kavandatavate suurte tuuleparkidega. Sealsetes tingimustes on tuulikute mõju arvestamine vee ja ainete transpordile väga oluline kogu Läänemere keskkonnaseisundi kontekstis, kuna piirkond on oluliseks Läänemere ja Põhjameri vahelise veevahetuse jaoks.



Joonis 8.2.1.3. Vette paigutatud tuuliku jala mõju modelleerimise skeem (Rennau, 2011).

Üksiku tuuliku mõju hoovustele ja segunemisele on modelleeritud mudeli piirkonnas, mis on toodud joonisel 8.2.1.3. Tuulikute integreeritud mõju hindamiseks võeti arvesse Saksamaa, Taani ja Rootsi vahelisele madalale merealale planeeritavad ligikaudu 1200 tuulikut. Tuulikute jala läbimõõduks arvestati kuni 10 m (Rennau, 2011). Vastavalt projekti QuantAS tulemustele, leiti, et taolise suurusega tuuleparkide rajamine mõjutab Läänemere ja Põhjameri veevahetust suhteliselt vähe – maksimaalselt võivad soolsuse muutused piirkonna sügavamates kihtides ulatuda

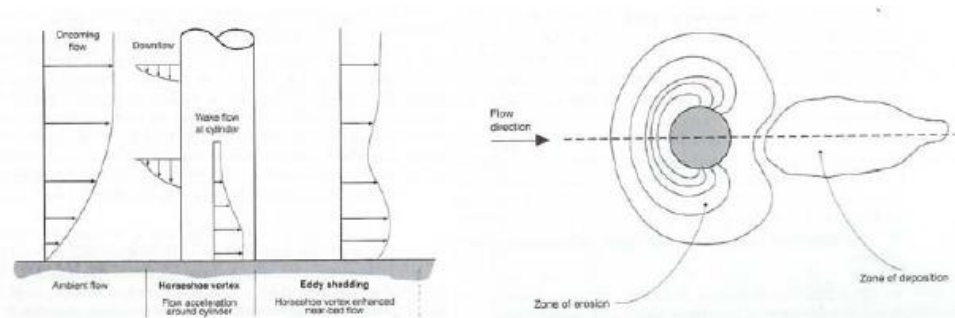
väärtuseni 0,3 g/kg; mis on oluliselt väiksem, kui looduslik muutlikkus (<http://www2008.io-warnemuende.de/quantas/index.php>). Peamiseks põhjuseks, miks ainete transpordi muutused aset leiavad, on tuulikute aluste poolt tingitud vertikaalse segunemise intensiivsuse kasv.

Võrreldes Hiiumaa avamere tuulepargi kavandatavat suurust eelpool toodud uuringu tuulikute arvuga, võib eeldada, et kuigi täiendav segunemine seoses tuulikute kerde hüdrodünaamilise mõjuga kindlasti esineb, ei ole see oluline. Peamiseks vertikaalse segunemise protsessiks hüppekiihiga (sesoonne termokliin) eraldatud veemasside vahel on stratifitseeritud Läänemeres siselainete murdumine nõlva (madalike) läheduses. Intensiivsemat segunemist Apollo ja Vinkovi madalate piirkonnas on näidanud ka 2007. aastal siin teostatud mõõtmised (TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2007).

Vastavalt eelpool toodud uuringu tulemustele on vertikaalne segunemine mõjutatud tuulikute kerde poolt ainult mõne kere diameetri ulatuses (Rennau, 2011). Hiiumaa avameretuulepargi rajamisel kasutatakse eeldatavalt gravitatsioonvundamente (seoses jääoludega piirkonnas), mille diameeter merepõhjas on 23,5 m ja veepiiril 6,5 m (gravitatsioonivundamenti puhul on tegu koonusvundamendiga; vt. peatükk 2.6). Arvestades tuulikute vahelist kaugust vähemalt 1000 m, tuuliku kere diameetrit 6,5 m ja diameetrist 4 korda suuremat mõjuala, võib vertikaalne segunemine olla mõjutatud tuulikute poolt 0,05 % tuulepargi pindalast. Kui arvestada, et mere põhjast väljaulatava vundamenti koonuse diameeter ei ületa 20 m, siis saame maksimaalseks mõjutatud ala osakaaluks 0,5 % tuulepargi pindalast.

Kui tuulikute otsene mõju segunemisele on segunemise suurenemise suunas, siis kaudne mõju (seoses tuulekiiruse vähenemisega tuulikute vahetus läheduses) on pigem segunemist pärssiva iseloomuga. Mõju avaldub tuulepinge vähenemise kaudu mere pinnale, mis võiks vähendada triivhoovuse kiirusi ja seeläbi ka hoovustest (ja lainetusest) tingitud segunemist madala mere põhjalähedases kihis.

Tuulikute lokaalse hüdrodünaamilise mõju merepõhja topograafia ja setete jaotusele on hinnatud mitmetes uuringutes. Joonisel 8.2.1.4 toodud hoovuse ja tuuliku vastasmõju poolt põhjustatud erosiooni ja täiskandumise skeem. Erosiooniga haaratud piirkonna ulatus on ca 2 tuuliku toru diameetrit ja täiskandumise ala asub tuulikust 1-4 toru diameetri kaugusel. Seega on märgatav setete liikumine suhteliselt lokaalse iseloomuga. Kui eeldada, et tuuliku toru diameeter on 6-7 m, siis ulatuks hüdrodünaamiline mõju maksimaalselt 30 meetri kaugusele tuulikust. Kui rajada tuulikule vundament, mille diameeter ületab tuuliku toru diameetrit 2-3 korda, on hüdrodünaamiline mõju märgatav sama palju kordi suuremal alal. Kuna kavandatavate tuulikute piirkonnas on tegu valdavalt jämedateralise settega, siis on erosiooni mõju pigem väiksema ulatusega, kui toodud näites. Mõju jääb lokaalseks ja omab rohkem tähtsust tuulikute püsivuse hindamisel kui keskkonnamõju kontekstis.



Joonis 8.2.1.4. Pinnase erosioon ja täiskandumine püsivast suunast liikuva hoovuse ja toruja tuuliku vastasmõju tagajärjel (Whitehouse, R, 1998).

Järeldused:

- Tuuleparkide kasutamisest tulenev tuule kahanemine rannikul on marginaalne, vaid põhjakaarte tuulte puhul võib väikest mõju eeldada. Tuulepargi sees ning selle lähipiirkonnas (allatuult) võib tuule kiiruse kahanemine olla märkimisväärne.
- Tuulikute kerede mõju laineväljadele on marginaalne, laine kõrguse kahanemise suurusjärg 3-4 km kaugusel jääb alla 2 cm. Teostatud teoreetiliste arvutuste põhjal avaldub tuule kahanemisest tingitud mõju lainekõrgusele selle vähenemise kaudu kuni 10 % tuulepargi vahetus läheduses ja alla 2 % rannikul. Tuule kahanemisest tingitud mõju täpsemaks hindamiseks lainetusele on vajalik teostada lisauuring, mille sisendiks on konkreetse projektlahenduse jaoks tehtud tuule kahanemise hinnangud.
- Arvestades kavandatavaid tuulikute asukohti ei mõjuta need valdavate tuulesuundade (edelast-läänest) puhul ei tuulerežiimi ega tõenäoliselt ka lainetust surfajatele-puhkajatele olulisel alal Kõpu poolsaare lääneosa rannikumeres (Ristna). Mõju ei saa välistada põhjakaarte tuulte puhul, mis esinevad piirkonnas alla 20%.
- Tuulikute mõju hoovustele ja vertikaalsele segunemisele on lokaalne ja loodusliku muutlikkuse taustal tõenäoliselt eristamatu.
- Mõju merepõhja topograafiale jääb lokaalseks.

Soovitus:

- Teostada täiendav lainetuse parameetrite modelleerimine, mis arvestab tuuleparkide projektlahendust ja sellest tulenevat tuule nõrgenemist tuulikute allatuult.

8.2.2 Mõju vee kvaliteedile

Veekvaliteedile võib teatud mõju olla tuulepargi rajamise faasis, mil teostatakse järgmisi pinnaseteid – vajadusel põhja tasandamine iga turbiini paigaldamise kohas kuni 75 m diameetriga alal, vundamendi aluse stabiliseerimine täitematerjaliga, vundamendi koonuse täitmine liivaga ja kaabli paigaldamine. Kõikide põhja häiringuid põhjustavate tööde puhul sõltub mõju vee kvaliteedile põhjast veesambasse

paisatud setete kogusest ja kvaliteedist ning valitsevatest hüdrodünaamilistest tingimustest.

Vastavalt 2007. aastal teostatud uuringutele on saasteainete kontsentratsioonid tuulepargi alade setetes alla Eestis pinnasele kehtestatud sihtarvused (Kask & Kask, 2007). Sama tulemus on saadud ka 2014. aastal teostatud täiendavate uuringutega varem uurimata aladel (Kask & Suuroja, 2014). Viimaste analüüside põhjal on raskmetallide (Cd, Cu, Pb, Zn, Hg) kontsentratsioonid planeeritavate tööde piirkonnas madalamad, kui vastavad Eestis kehtestatud sihtarvud maismaa pinnase jaoks (<https://www.riigiteataja.ee/akt/13348997>). Võrreldes Soome lahes 2010-2011 teostatud setete uuringute tulemustega (TTÜ Meresüsteemide Instituut & TÜ Eesti Mereinstituut, 2011), on planeeritava tuulepargi piirkonna setetes kõikide nimetatud ohtlike ainete kontsentratsioonid vähemalt 2 korda väiksemad, kui Soome lahe keskosas.

Sihtarvust suuremaid naftasaaduste kontsentratsioone on leitud piirkonna viies mõõtmispunktis, kuid kõik väärtused jäävad allapoole maismaa pinnase jaoks Eestis kehtestatud piirarve elumaal. Seega ei põhjusta antud aladel pinnasetööd olulist ohtlike ainete veesambasse paiskamist ja levimist laiemale alale. Kuna ühes punktis Vinkovi madalast läänes on mõõdetud teistest tulemustest kõrgem naftasaaduste kontsentratsioon, mis ainult veidi jääb allapoole elumaale kehtestatud piirarvu, on antud soovitus enne tööde algust võtta selles piirkonnas – Vinkovi madalast läänes – täiendavad proovid naftasaaduste määramiseks (Kask & Suuroja, 2014).

Heljumi leviku poolt kaudselt mõjutatud ala ulatust on hinnatud järgmises peatükis. Töödega seotud riske ja õlilaigu levikut hinnatakse peatükis 9. Allpool käsitleme tööde mõju Läänemere ühe peamise keskkonnaprobleemi – eutrofeerumise kontekstis.

Kavandatava tuulepargi ala asub väga suure loodusliku muutlikkuse piirkonnas, kus Läänemere avaosa veed puutuvad kokku Soome lahe veemassiga. Enamus keskkonnaseisundi hinnanguid piirkonnas (eutrofeerumise valdkonnas) on andnud tulemuseks, et rannikumere veed on kesise veekvaliteediga (TÜ Eesti Mereinstituut, 2012) ja avamere veed ei ole saavutanud head keskkonnaseisundit (HELCOM, 2014). Samas on ka selge, et peamine eutrofeerumist mõjutav survetegur on toitainete sissekanne maismaalt. Kavandatavad tööd võivad eutrofeerumisele avaldada mõju kahel viisil – vabastades põhjasetetest täiendavaid toitaineid (tuulepargi rajamise faasis) ja muutes vertikaalse segunemise tingimusi (ekspluatatsiooni faasis). Nagu alapeatükis 8.2.1 järeldatud, on mõju vertikaalsele segunemisele väheoluline; seepärast peatume allpool võimaliku mõju hinnangul ehitusfaasis.

Gravitatsioonvundamentide rajamisel on peamiseks tegevuseks, mille käigus setted võivad veesambasse sattuda, pinnase ettevalmistamine vundamendi paigaldamiseks. Sõltuvalt merepõhja tasasusest ja pinnase omadustest, sh tasandamist vajava ala ulatusest ja eemaldatava/täidetava kihi paksusest, võib tööde maht olla väga erinev. Kui arvestada, et tasandamist vajab 30-meetrise läbimõõduga ala kihi paksusega 1 m, saame häiritava ala suuruseks 700 m² ja teisaldamist vajava materjali koguse hinnanguks ligikaudu 700 m³ ühe tuuliku kohta.

Peamiseks produktsiooni limiteerivaks toitaineks Läänemeres on fosfor. Tööde mõjul veesambasse vabaneva fosfori hulka võib hinnata häiritava setete pindala ja ühe

pindalaühiku kohta setetes oleva mobiilse fosfori kontsentratsiooni korrutisena. Võttes fosfori kontsentratsiooniks setete pindmises kihis (pindala ühiku kohta) 10 mg/m² (Rootsi rannikumere jaoks on määratud fosfori sisalduseks pehmetes setetes 1,5-18,2 g/m²; vt. Malmaeus et al., 2012), saame ühe tuuliku paigaldamisega potentsiaalselt vette vabanenud fosfori hulgaks ligikaudu 7 kg. Planeeritud 160 tuuliku kohta oleks kogus ca 1000 kg fosforit. Võrreldes seda Eesti maismaalt pärit fosfori koormusega, mis 2008. aasta andmete põhjal oli 1400 tonni aastas (HELCOM, 2012), moodustab Hiiumaa avamere tuulepargi rajamisega maksimaalselt kaasnev täiendav fosfori koormus 0,07 % olemasolevast koormusest.

Kuna tuulepark rajatakse madalatele, mis ei ole toitainete setetesse akumulatsioonise piirkondadeks ja eelkõige on tegu suhteliselt jämedateraliste setetega (Kask & Kask, 2007; Kask & Suuroja, 2014), siis siinkohal antud hinnang on selgelt ülehinnatud. Seepärast, kui arvesse võtta ka veekvaliteedi parameetrite looduslikku muutlikkust piirkonnas, võib väita, et tuulikute mõju veekvaliteedile eutrofeerumise kontekstis on loodusliku muutlikkuse taustal väheoluline.

Järeldused:

- Tuulikute rajamise mõju veekvaliteedile on tuulepargi rajamise faasis negatiivne, kuid väheoluline, sest mõju on lühiajaline ja lokaalne ning võrreldes loodusliku muutlikkusega ja muude inimtegevuse mõjudega väike.

8.2.3 Mõju heljumi levikule

Heljumi leviku ja selle mõju hindamisel tuuleparkide rajamisel on tavaliselt eelduseks, et pinnasetööde maht nende rajamisel on suhteliselt piiratud. Kuna Hiiumaa avamere tuulepargi piirkonnas võib esineda jääkatet (eelkõige triivjääd), mille staatilise ja dünaamilise mõjuga tuulikutele tuleb arvestada, siis eelistatuimaks tuulikute tüübiks on gravitatsioonvundamendil tuulikud. Nende paigaldamisel satub vette hõljuvainer põhja tasandamise, vundamendi aluse stabiliseerimise, vundamendi koonuse liivaga täitmise ja kaablite paigaldamise käigus. Väga ligikaudse hinnangu järgi teisldatakse eeldatavalt kasutatavate tuulikute puhul 700 m³ pinnast (põhja tasandamise ja aluse stabiliseerimise). Arvestades tuulepargi rajamise tööde perioodi pikkusega kuni 2 aastat, on korraga vette sattuva hõljuvaine hulk suhteliselt piiratud.

Peamine heljumi levikut mõjutav protsess on hoovused. Vähemtähtsad avamere tingimustes on lainetus ja selle poolt indutseeritud hoovused, kuna ümbritsev mereala on suhteliselt sügav. Põhja häiringutega seotud töödest põhjustatud heljumi leviku ulatus sõltub peamiselt veesambasse paisatud materjali omadustest (lõimiselisest koostisest, mis määrab settimise kiiruse) ja tööde perioodil valitsevatest tuuletingimustest. Pinnaseanalüüsid (Kask & Kask, 2007; Kask & Suuroja, 2014) näitavad, et valdavaks põhjasetteks uuritud piirkondades on suhteliselt jämedateraline materjal ja vähesel määral peenliiv. Viimase uuringu andmetel on analüüsitud 12 punktist kolmes valdavaks aleuriit ja savi (osakeste suurused < 0,063 mm). Üks nimetatud punktidest asub Vinkovi madalast läänes ja kaks Apollo madalast lõunas.

Allpool toodud hinnangutes on võetud eelduseks, et valdavaks setteks on peenliiv. Piirkondadest, kus on valdavaks aleuriit, võib veesambasse paisatud hõljuvaine levida kaugemale, kui toodud hinnangutes. Seepärast oleks otstarbekas enne nendesse

piirkondadesse tuulikute paigutamise otsustamist teostada pehmete setete ala kaardistamine (vt. soovitus töös Kask & Suuroja, 2014) ning sõltuvalt käideldava pinnase mahust ka heljumi leviku modelleerimine.

Kui võtta osakeste diameetriks 130 µm (peenliiv), siis saab osakeste settimiskiiruseks 0,4 cm/s (Khurts et al., 2004). Maksimaalsed hoovuste kiirused (vt peatükk 6.3.3) tuulepargi piirkondades on saadud kuni 60 cm/s. Hoovuste keskmised kiirused aga on suurusjärgus 20-30 cm/s. Mere sügavuse 20 m juures annaks ülaltoodud maksimaalse hoovuskiiruse kasutamine heljumi leviku (maksimaalse) ulatuse hinnanguks kuni 3 km. Keskmise hoovuskiiruse 25 cm/s juures oleks heljumi leviku ulatus 1,25 km.

Seega, võttes arvesse vaadeldavate piirkondade kaugust rannikust, võib järeldada, et heljumi levik on tööde piirkonna lähistel suhteliselt lokaalse tähtsusega (madalate piirkond) ja Hiiumaa rannikumere heljumi mõju ei peaks ulatuma. Maksimaalselt oleks heljumi leviku ulatus kuni 3 km. Analoogete tulemusi heljumi leviku lokaalsest iseloomust on andnud ka teised heljumi leviku modelleerimise ja seire tööd (näiteks: Paldiski Lõunasadama süvendusjärgne ja 6 kai pikenduse merekeskkonna seire 2005-2006 (TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2006).

Heljumi leviku valdavat suunda saab hinnata lähtudes tuuleandmete statistikast ja valdavatele tuultele vastavate hoovuste esinemisest. Viie aasta pikkuse (2009-2014) modelleerimise eksperimendi andmetel on hoovuste suunad kavandatava tuulepargi erinevates piirkondades lühidalt järgmised (vt ka ptk. 6.3.3). Piirkonnas 1 on enim esinevaks hoovuse suunaks edelasuund (43%), kirde, kagu ja loodesuundades on hoovus vastavalt 27%, 16% ja 14% ajast. Tugevate hoovuste puhul (kiirused suuremad kui 60 cm/s) oli enim esinevaks suunaks kirdesuund, mis moodustas tugevatest hoovustest 46%. Piirkonnas 2 ja Vinkovi madalal on enim esinevaks hoovuse suunaks edel-lääs (maksimum on rohkem läände kui edelasse) – 36%. Kirdesse ja loodesse on hoovus suunatud võrdselt – 24% ja kagusse 15% ajast. Tugevate hoovuste korral oli enim esinevaks suunaks kirdesuund – 56%. Apollo madala piirkonnas on hoovus suunatud enim loodesse 36%. Läänesuunalist hoovust esines 24%, kagusuunalist 23% ja kirdesuunalist 17% juhtudest. ja edelasse Piirkonnas 4 on hoovuste jaotus anisotroopne rohkem ida-lääne sihis võrreldes ülejäänud piirkondadega, kus anisotroopsus oli rohkem edela-kirde sihis. Tugevad hoovusesündmused oli sarnaselt eelmiste piirkondadega suunatud rohkem kirdesse (43% tugevatest hoovusesündmustest).

Tööde planeerimisel tuleks arvestada toodud statistikat – hoovused (heljumi levik) on suurema tõenäosusega suunatud edelasse (Apollo madalal läände-loodesse), kuid maksimaalne heljumi leviku ulatus ilmneb tugevate edelatuulte puhul, mil hoovus on suunatud kirdesse. Arvestades vaadeldava nelja piirkonna erinevat asetust maismaa (madala rannikumere) suhtes on heljumi levik suunatud ranniku poole nendest piirkondadest kõige tõenäolisem erinevate tuulte korral. Piirkondadest 1, 2 ja Vinkovi madalalt on suunatud heljumi transport Hiiumaa ranniku suunas loode-, Vinkovi madalalt ka põhjatuulte korral. Apollo madalalt on hoovus suunatud Eesti mandriosa rannikumere suunas tugevate länetuulte korral.

Kuna kavandatavate tuuleparkide läheduses asuvad kaitsealad (näiteks Hiiu madala hoiuala), siis on konkreetsete tuulikute paiknemise skeemide (mis määravad põhja häiringute konkreetsete asukohad) selgumisel vaja hinnata, kas põhjahäiringute alad

asuvad hoiualast/kaitstavatest objektidest kaugemal kui 3 km või mitte. Viimasel juhul oleks otstarbekas teostada töid ainult tingimustes, kus ei esine tugevaid tuuli, mis põhjustavad heljumi transporti kaitseala/hoiuala suunas.

Arvestades planeeritavat looduskaitseala Apollo madalale on tuulepargi asukohta selles piirkonnas muudetud võrreldes esialgsete plaanidega. Kuna tuulikud paikneksid Apollo madala piirkonnas kaitseala piirile lähemal kui 3 km on vajalik siin erilise tähelepanuga suhtuda võimalikku heljumi levikusse kaitsealale. Heljumi levik toimuks kaitseala suunas lõuna- ja kagutuulte puhul. Tugevaid (üle 10 m/s) lõuna- ja kagutuuli esineb piirkonnas kuni 5% ajast, eriti talvel ja sügisel, aga ka kevadel. Kuigi ülestõstetud hõljuvaine kogus ei ole väga suur ja materjal settib suhteliselt kiiresti, tuleks vältida tööde teostamist tugevate lõuna- ja kagutuulte tingimustes, et hoida ära tööde mõju kaitsealale.

Lisaks põhjahäiringutega seotud töödele tekib heljum ka tuulikute koonuste liivaga täitmisel (heljumirikas vesi voolab koonusest välja selle liivaga täitmisel). Mõju minimeerimiseks peab kasutama saasteainetest puhast liiva ja arvestama tööde teostamisel käesolevas peatükis antud soovitusetega.

Tuulepargi ja maismaa vaheliste ühenduskaablite paigaldamise juures tuleb samuti arvestada heljumi võimaliku levikuga tundlikele aladele (näiteks kalakoelmud). Kaablite paigaldamine eeldab madalas rannikumeres nende süvendamist pinnasesse, millega kaasneb setete paiskamine veesambasse. Praeguseks ajaks ei ole kindlaks määratud täpsed kaablite randumise kohad (on skemaatiline alus) ja seega puuduvad ka setete uuringud nendes piirkondades. Enne kaablite paigaldamise alustamist, tuleb teha setete uuringud ning hinnata heljumi levikut ja selle mõju konkreetses piirkonnas.

Järeldused

- Heljumi levik tööde piirkonnast ja selle mõju on suhteliselt lokaalse tähtsusega, mille ulatus ei ületa ka tugevate (10 m/s) tuulte korral 3 km;
- Heljumi levik on suunatud rannikumere suunas Apollo madalatelt tugevate läänetuulte korral, piirkondadest 1 ja 2 ning Vinkovi madalalt tugevate loode (ka põhja-loode) tuulte korral;
- Arvestades Apollo madala piirkonda rajatava tuulepargi osa vahetut lähedust planeeritavale kaitsealale, leviks heljum kaitsealale tugevate lõuna- ja kagutuulte puhul, mida esineb piirkonnas 5% ajast;
- Tuulikute rajamisel pehmete setete piirkondadesse võib heljumi levik olla laiaulatuslikum.

Soovitused

- Eesmärgiga hoida heljumi leviku mõju piiratud alal, on soovitatav süvendustöid ja muid pinnasetöid mitte teostada tugevate tuulte tingimustes – tuulekiirus pikaajaliselt üle 10 m/s, eriti, kui tuulesuund on läänest või loodest-põhjust.
- Mitte teostada tuulikute aluste paigaldamisega seotud töid Apollo madala piirkonnas tugevate (üle 10 m/s) lõuna- ja kagutuulte korral;

- Juhul kui tuulikuid paigaldatakse pehmete setete piirkonda ja käideldava peeneteralise pinnase kogus ületab 10 000 m³, tuleb anda heljumi levikule täiendav hinnang (vajadusel mudelarvutuste põhjal).
- Ühenduskaablite paigaldamise eel tuleb hinnata setete iseloomu ja heljumi levikut konkreetses piirkonnas, et anda soovitus keskkonnamõju vähendamiseks tööde käigus.

9.1 Jäaga seotud riskid

Tuulepargi projekteerimisel ja rajamisel tuleb arvestada piirkonna jääoludega. Kuni 50 % aastatest esineb planeeritava Hiiumaa avamere tuulepargi piirkonnas triivjää, erakordselt karmidel talvedel võib tekkida ka püsijää – arvestades tuulepargi elueaga kuni 50 aastat on sellise karmi talve esinemine vähemalt korra tõenäoline. Oluline on valida selline tuuliku vundamendi tüüp, mis on mõeldud ja projekteeritud taluma jää poolt tekitatavat staatilist ja dünaamilist jõudu. Maksimaalseks kuu keskmiseks jää paksuseks tuulepargi piirkonnas on 20 aasta jooksul olnud 20 cm – kusjuures piirkondades 1, 2 ja Vinkovi madalal on jää esinemise tõenäosus ja selle keskmine maksimaalne paksus väiksem kui vastavad parameetrid Apollo madalal. Väga karmil talvel võib jää paksus piirkonnas ulatuda kuni 30 cm (Haapala & Leppäranta, 1996). Riskide maandamiseks tuleb arvestada ka võimalusega, et piirkonda triivivad paksemad jääpangad Soome lahest.

Arendaja poolt on kaalutud võimalike tuuliku vundamendi tüüpidega vaivundamenti, sõrestikvundamenti, kolmjalgvundamenti ja gravitatsioonvundamenti. Arvestades piirkonna jääolusid on riskide vältimiseks eelistatuimaks vundamendi tüübiks gravitatsioonvundament, mis on võimeline (eelkõige tänu oma massile, betoonist vundamendi koonus täidetakse liivaga) vastu pidama triivjää poolt avaldatavale dünaamilisele survele.

Lisaks tuulikutele jää poolt avaldatavale dünaamilisele mõjule on oluline arvestada ka jäätingimustega tuulepargi rajamise ajal – soovitav on ehitustöid mitte teostada jää esinemise perioodidel. Samuti tuleb arvestada, et talvel võib tekkida olukordi, kus jääklassi mitte-omavate laevadega ei ole tuulikute teenindamine teatud aja jooksul võimalik.

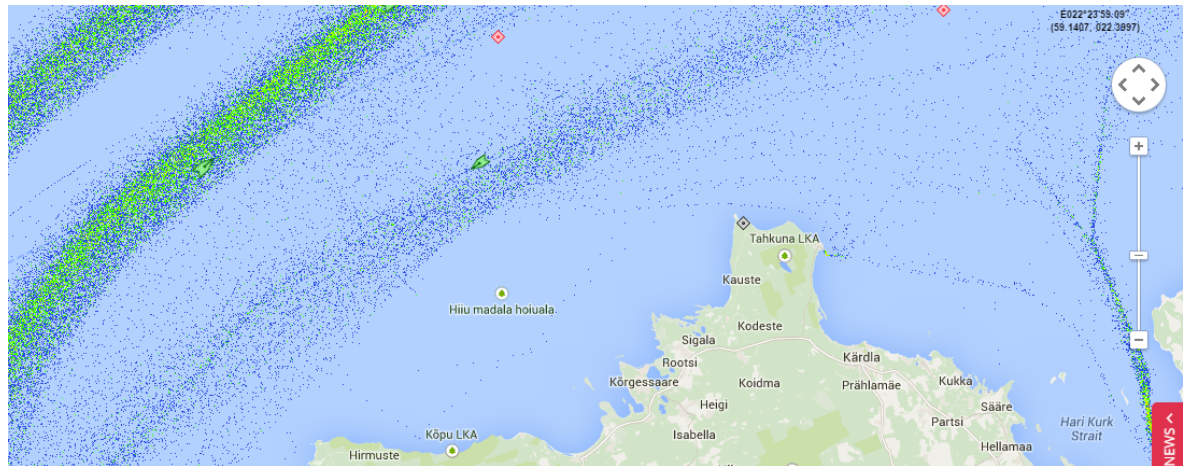
Soovitused

- Vundamendi tüübi valikul ja projekteerimisel tuleb arvestada 50 aasta jooksul esineda võiva karmima talve jäätingimustega.
- Arendaja (operaator) peab koostama ja ellu rakendama kava tuulikute teenindamiseks jäätingimustes.

9.2 Navigatsiooniriskid, sh mõju navigatsioonile

Navigatsiooniriskid ja sellest tulenevad riskid mere reostusele eksisteerivad nii tuulepargi rajamise kui ka opereerimise faasis. Rajatava tuulepargi lähipiirkonnast

sõidab läbi Soome lahe sadamatesse suunduv meretransport. Soome lahte sisenevate ja väljuvate laevade hulk oli 2006. aasta andmete põhjal ligikaudu 37000 laeva aastas (HELCOM, 2007) ja 2012. aasta andmete põhjal ligikaudu 41000 laeva aastas (HELCOM, 2014b). Kuigi peamine laevatee läheb kavandatavast tuulepargist põhjapoolt, on AIS andmetest selgelt näha, et laevad läbivad suhteliselt sageli ka võimalikku tuulepargi ala (vt. joonis 9.2.1). Lisaks on Hiiumaast põhjapoole jääv sügavam mereala oluline kalapüügipiirkond, mis eeldab kalalaevade liikumist sadamatest püügi aladele ja nende vahel rajatava tuulepargi vahetus läheduses. Järjest intensiivsem on ka väikelaevade ja purjejahtide liiklus Hiiumaa merealal.



Joonis 9.2.1. Laevaliikluse intensiivsus AIS (Automatic Identification System) andmetel (allikas: Marinetraffic.com, 23.10.2014).

Keskkonnanriskid tuulepargi ehitamisel seisnevad põhiliselt pinnase tasandamise ja vundamendi aluse stabiliseerimise ning tuulikute paigaldamisega seonduvates võimalikes avariides. Arendaja peab tagama, et ehitustöödel osalevad laevad järgivad kehtestatud ohutusreegleid. Näiteks, kuna tegemist on hüdrodünaamiliselt aktiivse (lainetusele avatud) piirkonnaga, siis tuleks ehitusaegsete avariide tõenäosuse minimeerimiseks töid teostada üksnes vastavate tuuleoludega. Samuti ei ole ohutu teostada töid jäätingimustes.

Ehitusaegsel perioodil on kõrgendatud ka laevaõnnetuste risk piirkonnas, kuna piirkond on tiheda laevaliiklusega. Seetõttu tuleks rajatava tuulepargi ehituse perioodiks koostada kava laevaliikluse reguleerimiseks vahetult tööde piirkonnas ja see kooskõlastada Veeteede Ametiga. Töölaevade ümber tuleb kehtestada ohutustsoonid, millest anda teada navigatsiooniteabe abil. Kuna ohutuse tagamiseks tuleb seada piiranguid navigatsioonile, avaldab tuulepargi rajamine teatud mõju navigatsioonile piirkonnas. Kuna tuulepargist avamere suunas jääv ala on looduslikult laevatatav, siis ei tekita tuulepargi rajamine laevaliikluses seisakuid— laevad korrigeerivad oma trajektoori ja teevad töödepiirkonnast ümbersõidu.

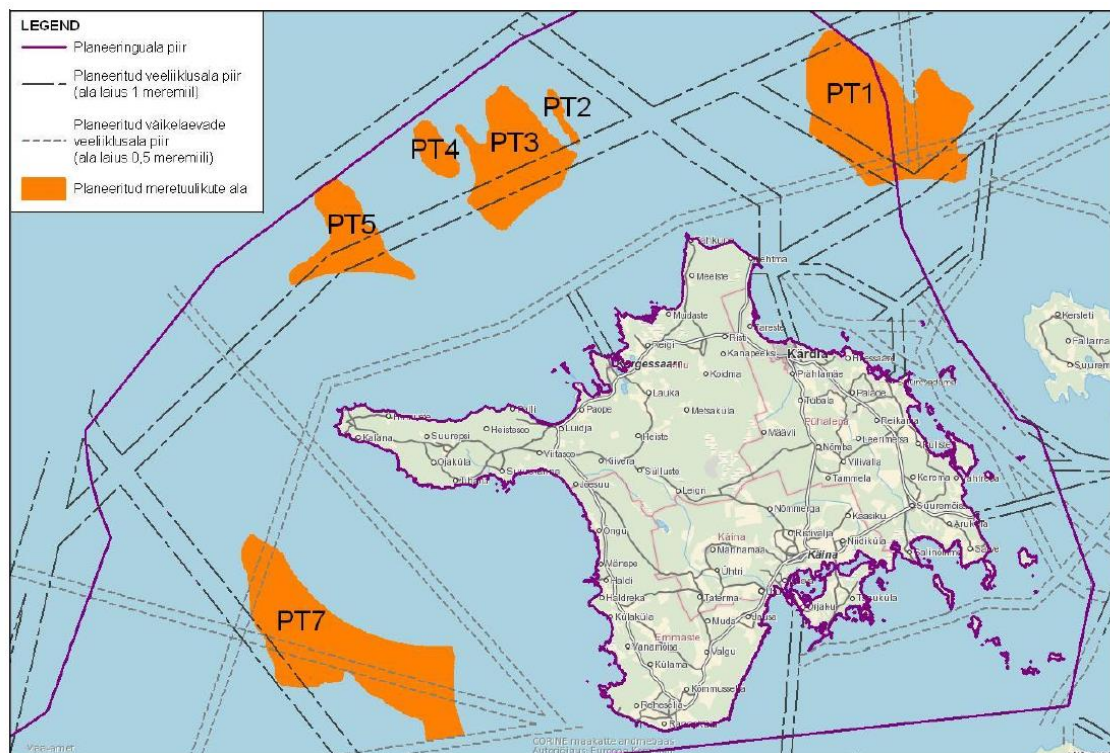
Keskkonnanriskid eksploateerimisel on põhiliselt seotud navigeerimisriskide ja sellest tulenevalt ka õlireostuse riskidega. HELCOM andmetel toimus 2012. aastal Läänemeres kokku 149 laevaõnnetust. Üheks sageli esinevaks õnnetuse tüübiks (22 %

õnnetustest) oli kokkupõrge muu objektiga (mitte laevaga; HELCOM, 2014b). Enim levinud avarii põhjuseks (43 %) oli inimlik viga.

Samasugused põhjused võivad olla eeldatavalt ka peamisteks põhjusteks võimalikule laeva otsasõidule tuulikule. Arvestades laevaavariide statistikat on modelleerimise teel näidatud, et laeva ja tuuliku kokkupõrge Läänemere suhteliselt tiheda laevaliikluse korral (Kriegers Flak I projekt Läänemere lõunaosas) võib esineda kord 56-58 aasta jooksul (vt. SSPA Sweden AB, 2010). Tunduvalt suurema tõenäosusega kokkupõrke tüübiks on triiviva laeva võimalik kokkupõrge tuulikuga (tõenäoliselt kord 71 aasta jooksul) kui liikumisvõimelise laeva puhul (tõenäoliselt kord 305 aasta jooksul).

Kuna tuulepargi alad paiknevad laevasõidu piirkonnas või asuvad selle vahetus läheduses, siis tuleks selgelt määratleda piirkonna veeteede skeem. Vastavalt olemasolevale olukorrale järgib enamuse laevu kehtivat liiklusskeemi, mille alusel Soome lahte suunduv ja sealt väljuv laevaliiklus möödub tuulepargist põhjapoolt. Teatud osa liiklusest Läänemere avaosa ja Soome lahe vahel läbib hetkel ka tuuleparkide ala (joonis 9.2.1) – laevad liiguvad Apollo madalast mööda põhja poolt ja Vinkovi madalast lõuna poolt, st Vinkovi ja Hiiu madala vahelist ala pidi.

Hiiu mereala planeeringu koostamise protsessis on Veeteede Amet teinud ettepaneku veeliiklusalade ja väikelaevade veeliiklusalade kohta kavandatava tuulepargi piirkonnas (vt joonis 9.2.2). Tuulepargi alade ja tuulikute paiknemise valikul tuleb kindlasti vältida navigatsiooniriskide suurendamist piirkonnas. Selleks peab tuuleparkide paigutus võimaldama, et planeeritud 1 meremiili laiune veeliiklusala (vt joonis 9.2.) läbiks piirkonda suhteliselt sirgjooneliselt. Väikelaevade veeliiklusalade laiuseks on planeeritud 0,5 meremiili. Tuulikute paiknemise konkreetse skeemi koostamisel (projekteerimisel) igas tuulepargi piirkonnas (joonisel 9.2.2 piirkonnad PT1, PT3, PT4 ja PT5) tuleb nende paigutus kooskõlastada Veeteede Ametiga.



Joonis 9.2.2. Planeeringuga kavandatud veeliiklusalad ja meretuulikute alad (allikas: OÜ Alkranel jt., 2014).

Oluliseks eelduseks meresõiduohutuse tagamisel tuulepargi piirkonnas on tuulepargi ala ja vajadusel ka piirkonda läbiva veeliiklusalala ning väikelaevade veeliiklusalala nõuetele vastav märgistamine. Arendaja peab koostama vastava projekti ja selle Veeteede Ametiga kooskõlastama.

Soovitused

- Ehitusaegse riski maandamiseks peab arendajal ja tööde teostajatel olema riskide ennetamise kava.
- Tuulikute paiknemine tuulepargi alal on vajalik kooskõlastada Veeteede Ametiga, et tagada ohutu laevaliiklus ja väikelaevade liiklus (vajadusel veeliiklusalade ja väikelaevade veeliiklusalade kehtestamine) piirkonnas.
- Arendaja peab esitama Veeteede Ametile ehitustegevuse ajakava, millele vastavalt kehtestatakse tööde teostamise ajaks konkreetsete piirkondade ümber laevaliikluse piirangud.
- Tuulepargi ala ja veeliikluse alad läbi tuulepargi või tuulepargi läheduses peavad olema nõuetele vastavalt märgistatud, et tagada meresõiduohutus piirkonnas.

9.3 Võimalik õlilaigu leviku prognoos

9.3.1 Mudeli kirjeldus

Käesolevas töös on reostuslevi tõenäosusliku käitumise hindamiseks tuuleparkide asukohas kasutatud TTÜ Meresüsteemide Instituudis välja töötatud mudelit (Elken, 2001). Nimetatud mudel kasutab sisendina HIROMB mudeli abil arvutatud ja salvestatud hoovusi pinnakihis ning HIRLAM mudeliga arvutatud tuuli Läänemere regioonis. Ajaline lahutus nimetatud sisenditel on 1 tund. Reostuslevi on arvutatud Lagrange'i osakeste liikumisena, milledele mõjuvad eelpool nimetatud kiirusväljad. Trajektoorie tõenäosuste hindamiseks vaadeldakse suvalist ajaperioodi, mille jaoks on olemas kiirusväli. Nimetatud perioodi alguses alustab liikumist n arv osakesi, mis moodustavad ringi raadiusega r ümber valitud algkoordinaadi. Iga tund lisatakse n arv osakesi algpunkti vaadeldava perioodi lõpuni ning osakesel lastakse levida k arv tunde. Iga k arv tunde levinud osakeste lõppkoordinaadid salvestatakse loendurmassiivis, mis normeeritakse kogu osakeste arvuga. Loendurmassiivi maksimaalne väärtus on 100 (kui kõik osakeses liiguvad ühte vaadeldavasse punkti) ning 0 kui ükski osake ei liigu k arv tunni lõpuks nimetatud punkti.

Käesolevas töös on vaadeldud kahte perioodi 1. jaanuar 2011 – 31. detsember 2011 ning 1. jaanuar – 31. detsember 2012. Lagrange'i osakeste arvuks valiti 1000, mis jaotati ringi raadiusega 0.1 (normeeritud võrgupunktina) ning iga arvutuse perioodiks (levimisaegadeks) valiti 6, 24, 36 ja 48 tundi. Kasutatud tuuletriivi teguriks on 1.5% (nt. Carracedo et al. 2006) ning reostusallikaks on punkt uuritavate tuuleparkide võimalike asukoha piirkonnast. Vaatlusaluseid asukohti on 4.

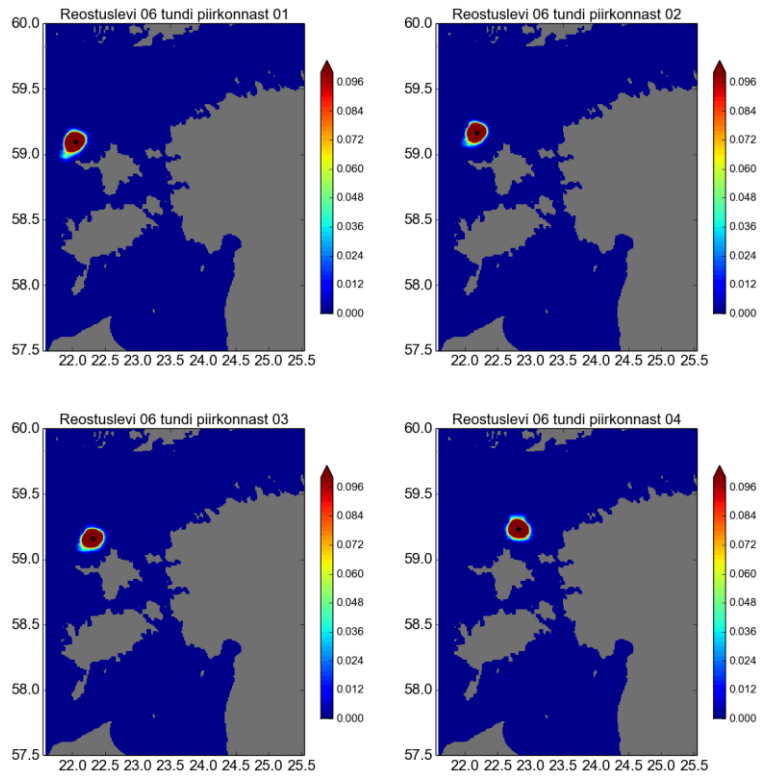
9.3.2 Mudeli tulemused

Joonistel 9.3.2.1–9.3.2.10 on kujutatud reostuslevi erinevatest tuuleparkide asukohtadest 6, 12, 24, 36 ja 48 tunni jooksul aastatel 2011 ja 2012 esinenud hoovuste põhjal.

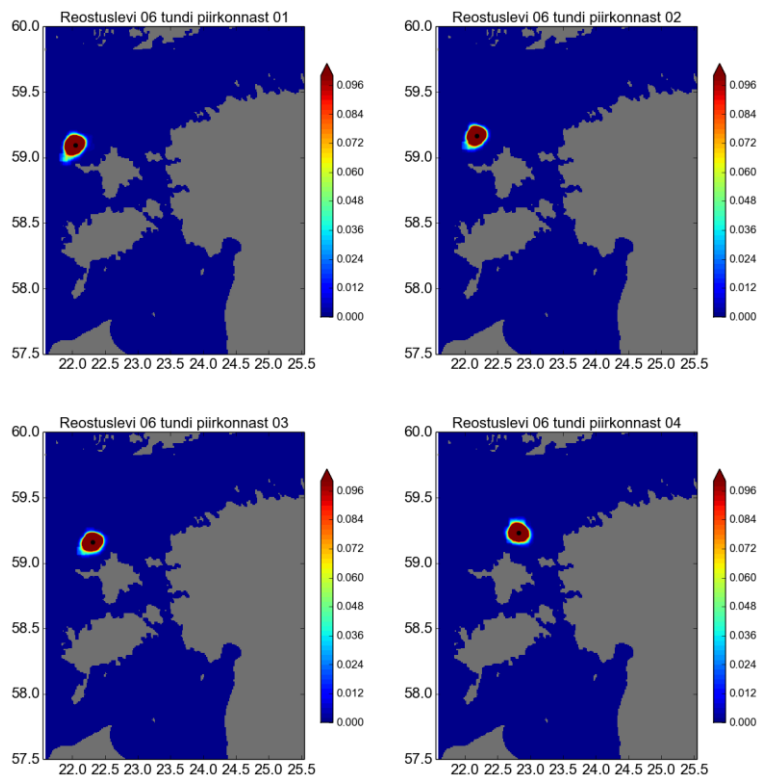
Modelleeritud tulemuste põhjal on tõenäosus, et reostus valitud tuuleparkide asukohast 6 või 12 tunni jooksul rannikule jõuaks, olematu nii 2011. kui ka 2012. aasta arvutuste korral.

24-tunnise leviku korral eksisteerib võimalus, et tuuleparkide asukohast levib reostus rannikule kõikidest piirkondadest – 1. piirkonnast võib reostus tabada Kõpu poolsaare põhjaosa, piirkondadest 2 ja 3 Tahkuna poolsaare loodeosa ning piirkonnast 4 Loode-Eesti mandriosa.

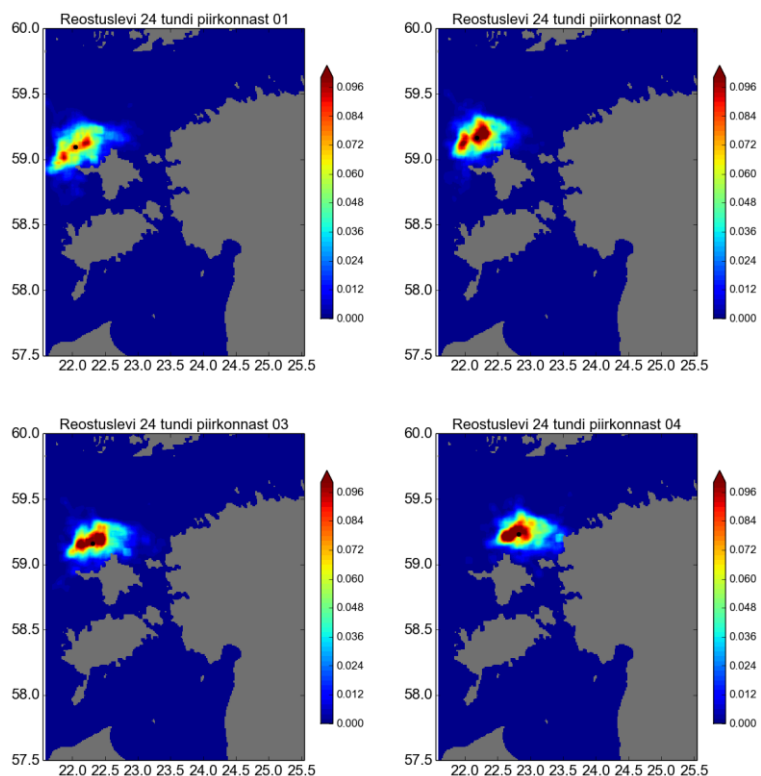
Suurem osa Lagrange'i osakesi ei levi 24 tunni jooksul algallikast kaugele nii 2011. kui ka 2012. aasta modelleeritud hoovuste korral, mistõttu sündmuse esinemine, kus reostus jõuab 24 tunni jooksul randa tuuleparkide võimalikest asukohtadest, on pigem vähetõenäoline.



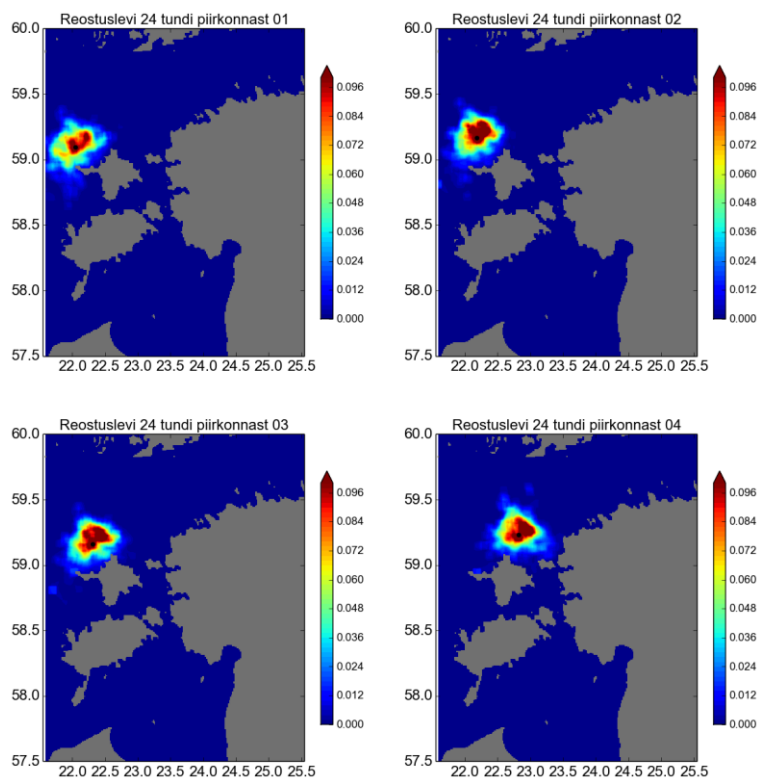
Joonis 9.3.2.1. Reostuslevi tõenäosus 6 tunni jooksul erinevatest tuuleparkide asukohtadest 2011. aastal. Must täpp on algallika asukoht.



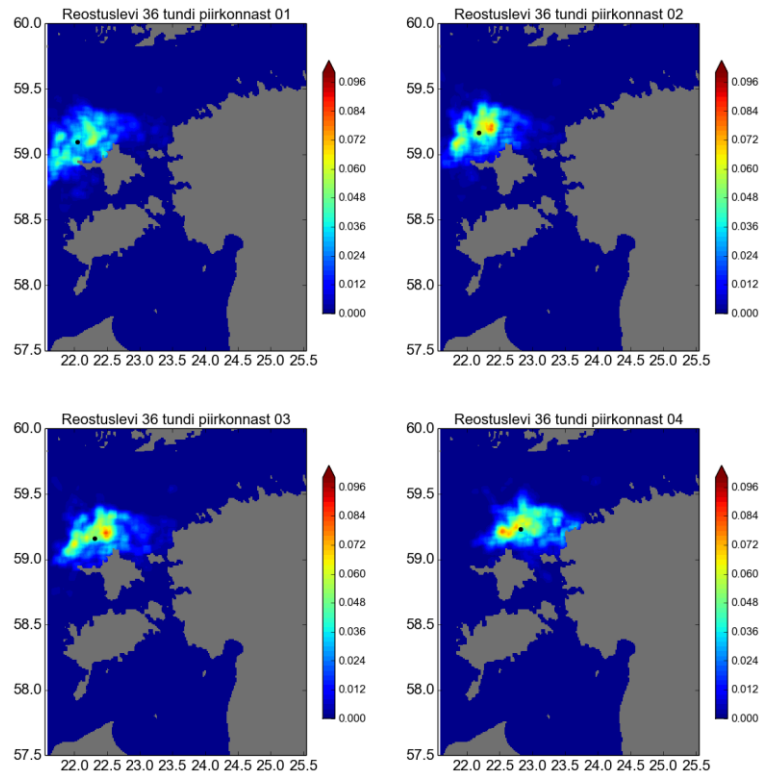
Joonis 9.3.2.2. Reostuslevi tõenäosus 6 tunni jooksul erinevatest tuuleparkide asukohtadest 2012. aastal.



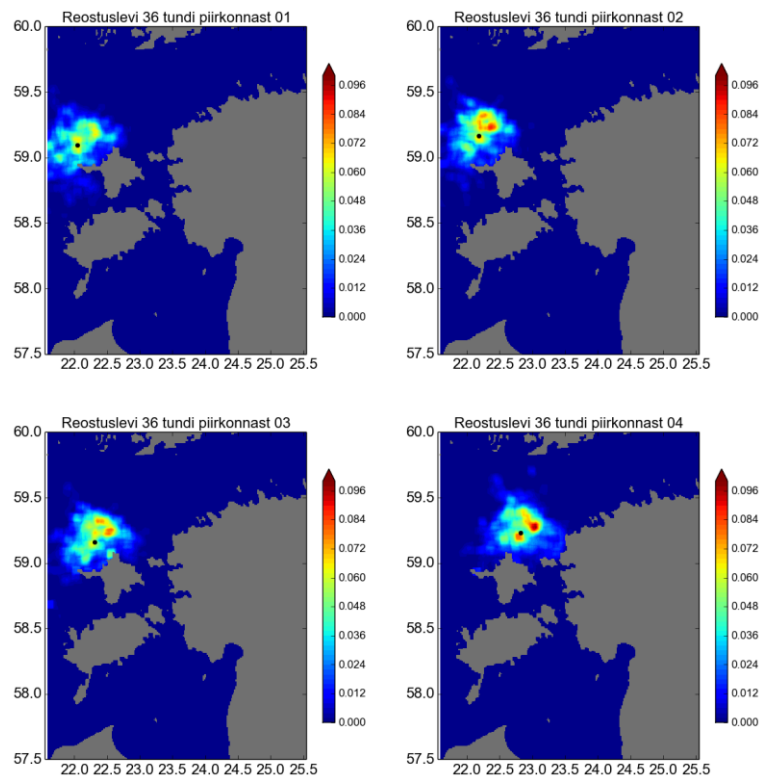
Joonis 9.3.2.3. Reostuslevi tõenäosus 24 tunni jooksul erinevatest tuuleparkide asukohtadest 2011. aastal.



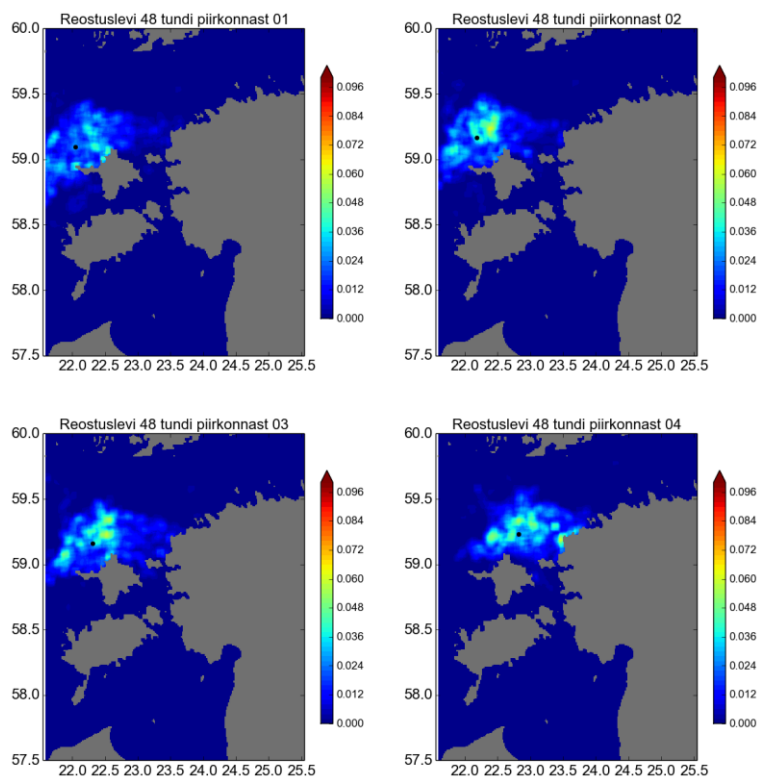
Joonis 9.3.2.4. Reostuslevi tõenäosus 24 tunni jooksul erinevatest tuuleparkide asukohtadest 2012. aastal.



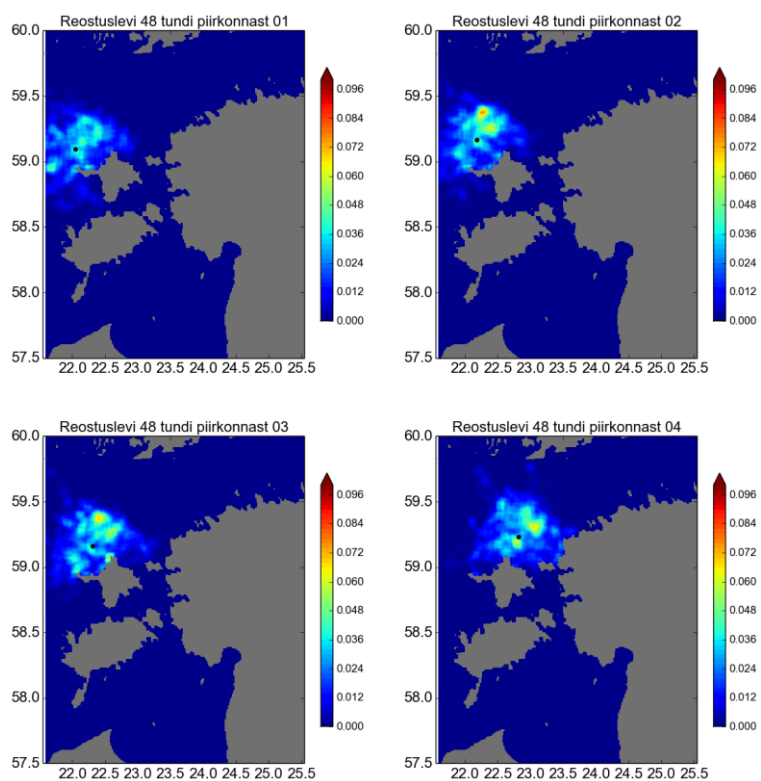
Joonis 9.3.2.5. Reostuslevi tõenäosus 36 tunni jooksul erinevatest tuuleparkide asukohtadest 2011. aastal.



Joonis 9.3.2.6. Reostuslevi tõenäosus 36 tunni jooksul erinevatest tuuleparkide asukohtadest 2012. aastal.



Joonis 9.3.2.7. Reostuslevi tõenäosus 48 tunni jooksul erinevatest tuuleparkide asukohtadest 2011. aastal.



Joonis 9.3.2.8. Reostuslevi tõenäosus 48 tunni jooksul erinevatest tuuleparkide asukohtadest 2012. aastal.

36 tunnise leviku korral on reostuse hajumine algallikate ümber suurem ning rannikule jõudmise tõenäosus suurenenud nii 2011. kui ka 2012. aasta modelleeritud hoovuste korral. Enim ohustatud piirkondadeks on Hiiumaa loode- ja põhjaosa (kui reostus pärineb piirkondadest 1, 2 ja 3) ning mandri Eesti loodeosa ja Hiiumaa kirdeosa (kui reostus pärineb piirkonnast 4). 48 tunnise leviku korral on selgesti ohustatud nii Hiiumaa põhjarannik kui ka mandri Eesti loodeosa.

Ettepanek, muuta Apollo madala piirkonnas tuulepargi asukohta (seoses planeeritava kaitsealaga Apollo madalal), nihutab tuulepargi piiri ligikaudu 3 km võrra lähemale Loode-Eesti mandriosale ja Vormsi saarele. Järelikult suureneks tõenäosus, et reostus jõuab Loode-Eesti rannikule ja lüheneks reostuse rannikule jõudmise aeg. Näiteks, hoovuse kiiruse 25-30 cm/s lüheneks aeg ligikaudu 3 tunni võrra. Samas jääb tõenäosus reostuse rannikule jõudmiseks 24 tunni jooksul peale reostuse tekkimist endiselt vähetõenäoliseks. Et vältida võimaliku reostuse mõju planeeritavale kaitsealale Apollo madalal ei ole soovitatav teostada töid tugevate (üle 10 m/s) lõuna- ja kagutuulte esinemisel.

9.3.3 Järeldused ja soovitused

Õlireostuse leviku modelleerimise tulemused võib kokku võtta järgmiselt:

Järeldused

- Võimaliku õlireostuse jõudmine rannikule võib toimuda (kuid suhteliselt väikese tõenäosusega, sõltuvalt valitsevatest meteoroloogilistest tingimustest) 24 tunni jooksul peale reostuse tekkimist;
- Vinkovi madalal tekkiva võimaliku reostuse korral on suurim oht õlilaigu levikul rannikule tugevate (>10 m/s) loode-põhja tuulte korral; ohustatud rannikualaks on Hiiumaa põhjarannik Tahkuna poolsaarest läänes;
- Piirkonnas 1 tekkiva võimaliku reostuse korral jõuab reostus rannikule kõige kiiremini tugevate ja mõõdukate (> 8 m/s) loode- ja läänetuulte korral; ohustatud rannikupiirkonnaks on Hiiumaa põhjarannik, Luidja laht;
- Apollo madala piirkonnas tekkiv reostus võib kõige tõenäolisemalt sattuda rannikule Dirhami piirkonnas, Vormsil või Hiiumaa põhjarannikul, kui valdavaks on tugevad lääne- või loodetuuled (> 10 m/s).

Soovitused

- Eelkõige on vajalik järgida tööde teostamisel ohutusreegleid, mis välistaksid õlireostuse tekke;
- Kuna õlireostuse tekkimiseks on teatud oht tuulepargi rajamise ajal, siis oleks soovitatav töid mitte teostada pikaajaliselt puhuvate tugevate (üle 10 m/s) tuulte tingimustes (suunad eelkõige – põhjast, loodest, läänest, edelast; et välistada mõju Apollo kaitsealale ka lõuna- ja kagutuulte puhul);
- Tuulepargi ekspluaterijal peavad olema võimalused reostuse likvideerimiseks selle tekkimisest vähemalt ööpäeva jooksul, mis oluliselt vähendaks reostuse rannikule sattumise tõenäosust.

Hinnangu kokkuvõte ja soovitused

Käesolevas töös kajastatud KMH peatükkidele vastava analüüsi tulemusena on järgnevalt toodud kokkuvõtvad hinnangud ehitusaegsete ja kasutusaegsete mõjude kohta erinevate teemade kaupa ning antud soovitused vajalike uuringute/seire teostamiseks.

Tabel X.1. Meretuulepargi rajamisega seotud mõjud

	Ehitusaegne mõju	Kasutusaegne mõju	Otsene/ kaudne mõju	Soovitused täiendavatele uuringutele	Piirangud
Mõju lainetusele, hoovustele, segunemisele	0 (neutraalne)	-1 (väheoluline negatiivne)	Otsene ja kaudne (lainetus alla tuult)	Lainetuse täiendav modelleerimine; mõõtmised ühe piirkonna jaoks enne ja peale tuulikute paigaldamist	-
Mõju vee kvaliteedile	-1 (väheoluline negatiivne)	0 (neutraalne)	Otsene ja kaudne	Veekvaliteedi seire tööde ajal	-
Mõju heljumi levikule	-1 (väheoluline negatiivne)	0 (neutraalne)	Kaudne	Ühenduskaablite piirkondades määrata setete struktuur ja hinnata heljumi levikut; seire tööde ajal	Töid mitte teostada tugevate tuulte tingimustes; eriti Apollo madala piirkonnas tugevate lõuna- ja kagutuulte puhul
Mõju õlilaigu levikule	-1 (väheoluline negatiivne / vähetõenäoline)	-1 (väheoluline negatiivne / vähetõenäoline)	Otsene	-	Töid mitte teostada tugevate tuulte tingimustes
Mõju navigatsiooniriskidele	-1 (väheoluline negatiivne)	-1 (väheoluline negatiivne)	Otsene	-	Ehituse ajal laevaliikluse piiramine tööde tsoonis; tuulepargi ja veeliiklusalade tähistamine
Mõju jääga seotud riskidele	0 (neutraalne, kui arvestada soovitusi)	0 (neutraalne, kui arvestada soovitusi)	-	-	Kasutada piisava tugevusega vundamente; töid mitte teostada jäätingimustes

Kasutatud kirjandus

Alari, V & van Vledder, G., 2013. Spatial variability of directional misalignment between waves and wind in the Baltic Sea-model study. Joint Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology (JCOMM), 1–16.

Alkranel OÜ, TTÜ Meresüsteemide Instituut, OÜ Artes Terrae, 2014. Hiiu maakonnaga piirneva mereala maakonnaplaneeringu keskkonnamõju strateegiline hindamine. Aruande eelnõu (20.02.2014).

Booij, N., Ris, R.C., Holthuijsen, L.H., 1999. A third-generation model for coastal regions. 1. Model description and validation. *J. Geophys. Res.* C104, 7649-7666.

P. Carracedo, S. Torres-López, M. Barreiro, P. Montero, C.F. Balseiro, E. Penabad, P.C. Leitao, V. Pérez-Muñuzuri, 2006. Improvement of pollutant drift forecast system applied to the Prestige oil spills in Galicia Coast (NW of Spain): Development of an operational system, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 53, 5–7, 350-360, ISSN 0025-326X, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2005.11.014>.

Christensen, C. F; L.W. Andersen; P.H. Pedersen. Ship collision risk for an offshore wind farm. (<http://www.ramboll-wind.com>).

Elken, J. Modelling of coastal circulation and oil drift at possible deep harbour sites, north-western Saaremaa island. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences. Engineering.* 2001.

EMD International A/S, 2010. Hiiumaa offshore wind farm, turbulence impact assesment.

EMD International A/S, 2008b. Hiiumaa offshore windfarm. Wake impact assessment.

Frandsen, S., Barthelmie, R., Pryor, S., Rathmann, O., Larsen, S. & Højstrup, J., 2004. The necessary distance between large wind farms offshore – study. Risø National Laboratory, Risø-R-1518(EN).

Haapala J. and Leppäranta, M., 1996. Simulating the Baltic Sea ice season with a coupled ice-ocean model. *Tellus A*, 48: 622–643. doi: 10.1034/j.1600-0870.1996.t01-4-00003.x

HELCOM, 2014a. Eutrophication status of the Baltic Sea 2007-2011. A concise thematic assessment. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 143.

HELCOM, 2014b. Annual report on shipping accidents in the Baltic Sea area during 2012.

HELCOM, 2012. The Fifth Baltic Sea Pollution Load Compilation (PLC-5) – An Executive Summary. *Balt. Sea Environ. Proc.* No. 128A

HELCOM, 2007. Towards a Baltic Sea with environmentally friendly maritime activities. Draft HELCOM overview 2007.

Jaagus, J., 2005. Trends in sea ice conditions in the Baltic Sea near the Estonian coast during the period 1949/1950-2003/2004 and their relationship to large scale atmospheric circulation. *Boreal Environment Research*, 11, 169-183.

Jaagus, J., 2006. Climatic changes in Estonia during the second half of the 20th century in relationship with changes in large-scale atmospheric circulation. *Theor. Appl. Climatol.* 83, 77–88, DOI 10.1007/s00704-005-0161-0.

Kask, A., & Kask, J., 2007. Hiiumaast läänes, loodes ja põhjas asuvate madalate põhjasetete uuringud.

Kask, A. & Suuroja, S., 2014. Merepõhjasetete uuringud Loode-Eesti rannikumerre kavandatava meretuulepargi keskkonnamõju hindamiseks.

Kuhrts, C; W. Fennel; T. Seifert. 2004. Model studies of transport of sedimentary material in the western Baltic. *Journal of Marine Systems* 52, 167-190.

Liblik, T. & Lips, U, 2011. Spreading of suspended matter in a shallow sea area influenced by dredging activities and variable atmospheric forcing: results of in-situ measurements. *Journal of Coastal Research*, SI 64, 561 - 566.

Liblik, T. & Lips, U., 2006. Analysis of hydrometeorological conditions for environmental impact assessment of reconstruction of Rohuküla and Heltermaa harbors. *Eesti Mereakadeemia Toimetised*, 3, 32 – 43.

Malmaeus, J.K., Rydin, E., Jonsson, P., Lindgren, D., Karlsson, O.M., 2012. Estimating the amount of mobile phosphorus in Baltic coastal soft sediments of central Sweden. *Boreal Environmental Research*, 17, 425-436.

Myrberg, K. & Andrejev, O., 2003. Main upwelling regions in the Baltic Sea – a statistical analysis based on three-dimensional modelling. *Boreal Environment Research* 8 (2), 97–112.

Nord Stream, 2006. Offshore Pipeline through the Baltic sea. Project information Document.

Randrup-Thomsen, S; L. W. Andersen; J. K. Gaarde. Risk of Oil Pollution due to Ship Collision with Offshore Wind Farms (<http://www.ramboll-wind.com>).

Rennau, H., 2011. Natural, numerical and structure-induced mixing in dense gravity currents: idealised and realistic model studies. PhD thesis.

Soomere, T. & S. Keevallik, 2003. Directional and extreme wind properties in the Gulf of Finland. *Proc. Estonian Acad. Sci. Eng.* 9(2), 73-90.

Soomere, T. & S. Keevallik, 2001. Anisotropy of moderate and strong wind in the Baltic Proper. *Proceedings of the Estonian Acad. Sci. Eng.*, 7(1), 35 – 49.

SSPA Sweden AB, 2008. Methodology for Assessing Risks to Ship Traffic from Offshore Wind Farms.

Žukova, V., 2009. Eesti rannikujaamade võimalused meretuule hindamisel. Magistritöö Tallinna Tehnikaülikooli Meresüsteemide Instituudis

TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2006. Paldiski Lõunasadama süvendusjärgne ja 6. kai pikenduse merekeskkonna seire.

TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2007. Mõõdistustööd lainetuse parameetrite ja hoovuse režiimi hindamiseks madalike piirkonnas.

TTÜ Meresüsteemide Instituut, 2008. Hiiumaa avamere tuulepargi mõju lainetuse režiimi muutusele Hiiumaa lääne- ja põhjarannikul.

TTÜ Meresüsteemide Instituut & TÜ Eesti Mereinstituut, 2011. Nord Streami gaasijuhtme rajamise mõju-uuring Soome lahe merekeskkonnale. Lõpparuanne.

TÜ Eesti Mereinstituut, 2012. Eesti mereala keskkonnaseisundi esialgne hindamine. Tallinn.

Whitehouse, R.J.S., 1998. Scour at Marine Structures. Thomas Telford, 216 p.