



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
EESTI MEREAKADEEMIA
Merenduskeskus

Kert Süsmalainen

**KAVANDATAVATE AVAMERE TUULEPARKIDE JA
LAEVALIIKLUSE KOOSTOIME EESTIS**

Magistritöö

Juhendaja: PhD Inga Zaitseva-Pärnaste

Tallinn 2021

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõikidele teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Kert Süsmalainen

.....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase kood: 182837VAAM

Üliõpilase e-posti aadress: kert.sysmalainen@gmail.com

Juhendaja PhD Inga Zaitseva-Pärnaste:

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees: Meelike Paalberg, Itella Logistics OÜ juhatuse esimees

Lubatud kaitsmisele

.....

(ametikoht, nimi, allkiri, kuupäev)

Sisukord

Jooniste loetelu	5
Tabelite loetelu	7
Kasutatud mõisted ja lühendid	8
Annotatsioon.....	9
Sissejuhatus	10
1 Mereala ruumiline planeerimine ja tuuleenergeetika arendusalad	13
1.1 Tuuleenergeetika arendusalade ja nende asukohtade kirjeldus	14
1.2 Liivi lahe kirjeldus	14
1.2.1 Liivi lahe tuuleenergeetika ala kirjeldus.....	15
1.2.2 Tuuleenergeetika ala 1 kirjeldus.....	16
1.3 Läänemere keskosa kirjeldus	17
1.3.1 Tuuleenergeetika ala 2 kirjeldus.....	17
2 Laevaliikluse ja AIS-i kirjeldus ning rahvusvahelised laevaliikluse regulatsioonid.....	19
2.1 Rahvusvahelised laevaliikluse regulatsioonid	19
2.1.1 Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni mereõiguse konventsioon	20
2.1.2 Rahvusvahelise laevakokkupõrgete vältimise eeskirja konventsioon	21
2.1.3 Laevaliikluse suunamise üldsätted	22
2.2 Automaatne tuvastussüsteem	23
2.3 Piirkonna sadamate ülevaade	26
2.3.1 Pärnu sadam.....	27
2.3.2 Riia sadam	28
3 Metoodika kirjeldus.....	30
3.1 Laevaliikluse sõiduraja laiuse määramine	30
3.2 Sõiduraja kõrvale ohutusala määramine	31
3.3 AIS-andmete töötlemine ja laevaliikluse tiheduskaardi koostamine	34
4 Laevaliikluse analüüs	36
4.1 Laevaliiklus Liivi lahes.....	36
4.1.1 Kaubalaevade liiklus Liivi lahes.....	36
4.1.2 Tankerite liiklus Liivi lahes	38
4.1.3 Reisilaevade liiklus Liivi lahes.....	38
4.1.4 Kalalaevade liiklus Liivi lahes	39
4.1.5 Väike laevade ja huvilaevade liiklus Liivi lahes	40

4.1.6	Kogu laevaliiklus Liivi lahes	41
4.2	Laevaliiklus Saaremaa läänerannikul	42
4.2.1	Kaubalaevade liiklus Saaremaa läänerannikul	43
4.2.2	Tankerite liiklus Saaremaa läänerannikul.....	44
4.2.3	Reisilaevade liiklus Saaremaa läänerannikul	44
4.2.4	Kalalaevade liiklus Saaremaa läänerannikul	45
4.2.5	Väike laevade ja huvilaevade liiklus Saaremaa läänerannikul	46
4.2.6	Kogu laevaliiklus Saaremaa läänerannikul.....	47
5	Tulemused ja ettepanekud	49
5.1	Liivi lahe tuuleenergeetika ala ja laevaliikluse koostoime	49
5.2	Tuuleenergeetika ala 1 ja laevaliikluse koostoime	51
5.3	Tuuleenergeetika ala 2 ja laevaliikluse koostoime	53
	Kokkuvõte	58
	Võõrkeelne lühikokkuvõte	61
	Viidatud allikad	64
	Lisa 1. Nõuded minimaalsele ohutuskaugusele laevaliikluse ja avamere tuuleparkide vahel	68
	Lisa 2. Väljavõte AIS-andmete töötamise sisendiks olnud csv-failist	69
	Lisa 3. Suurimate laevade mõõtmed Liivi lahe tuuleenergeetika alas	70
	Lisa 4. Suurimate laevade mõõtmed tuuleenergeetika alas 1	71
	Lisa 5. Suurimate laevade mõõtmed tuuleenergeetika alas 2	72

Jooniste loetelu

Joonis 1. Liivi lahe tuuleenergeetika ala asukoht	15
Joonis 2. Eesti mereala planeeringu tuuleenergeetika ala 1 asukoht	16
Joonis 3. Mereala planeeringu tuuleenergeetika ala 2 asukoht	18
Joonis 4. AIS-andmete kasutamine Euroopa riikide mereala planeeringutes ja projektides	26
Joonis 5. Pärnu sadama kaubakäive, kõik lastiliigid kokku	27
Joonis 6. Pärnu sadama kaubalaevade külastused	28
Joonis 7. Riia sadama kogu-kaubakäive	28
Joonis 8. Riia sadamas käideldava kauba jaotus	29
Joonis 9. Riia sadama laevakülastused	29
Joonis 10. Laeva täispöörde test	32
Joonis 11. Vajalik ruum sõiduraja ja paremale poole jääva tuulepargi vahel	33
Joonis 12. Vajalik ruum sõiduraja ja vasakule poole jääva tuulepargi vahel	33
Joonis 13. AIS-andmete töötlemine: punkti ja joone objektiklassid ning sellest loodud tiheduskaart	34
Joonis 14. Tiheduskaardi loomine. Rasteri ruutu läbivate sõidujoonte arv annab ruudule liiklussageduse väärtuse.	35
Joonis 15. Kaubalaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes	37
Joonis 16. Tankerite liiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes	38
Joonis 17. Reisilaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes	39
Joonis 18. Kalalaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes	40
Joonis 19. Väike laevade ja huvilaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes	41
Joonis 20. Kogu laevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes	42
Joonis 21. Kaubalaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika ala Saaremaa läänerannikul	43
Joonis 22. Tankerite liiklustihedus ja tuuleenergia ala Saaremaa läänerannikul	44
Joonis 23. Reisilaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika ala Saaremaa läänerannikul	45
Joonis 24. Kalalaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika ala Saaremaa läänerannikul	46
Joonis 25. Väike ja huvilaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika ala Saaremaa läänerannikul	46
Joonis 26. Kogu laevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika ala Saaremaa läänerannikul	47
Joonis 27. Laevaliiklusele vajalik ala ja Liivi lahe tuuleenergeetika ala	50
Joonis 28. Laevaliiklusele vajaliku ala laius, alternatiivne sõidurada ja tuuleenergeetika ala 1 ...	52
Joonis 29. Riia – Stockholmi vahelise parvlaevade sõidujooned	54
Joonis 30. Laevaliiklusele vajalik ala ja tuuleenergeetika ala 2	55

Joonis 31. Irbe teljepoi nr 1 ja hargnev laevaliiklus	56
---	----

Tabelite loetelu

Tabel 1. AIS-teadetes esitatav teave laeva kohta	24
Tabel 2. Pärnu sadamas vastuvõetava veesõiduki suurimad mõõtmed	27
Tabel 3. Sõiduraja laiuste määramine 400 m pikkuse laeva näitel	31

Kasutatud mõisted ja lühendid

AIS	Automaatne tuvastussüsteem (<i>Automatic Identification System</i>)
COLREG	Rahvusvahelise laevakokkupõrgete vältimise eeskirja konventsioon (<i>Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea</i>)
EMDE	Elektroniline mereinfosüsteem (<i>Electronic Maritime Information System</i>)
GPSR	IMO Laevaliikluse korraldamise üldsätted (<i>IMO General Provisions On Ships' Routing</i>)
HELCOM	Helsingi komisjon ehk Läänemere merekeskkonna kaitse komisjon (<i>Baltic Marine Environment Protection Commission</i>)
HIS	Hüdrograafia Infosüsteem (<i>Hydrographic Database System</i>)
IALA	Rahvusvaheline Meremärgistuse ja Tuletornide Administratsioonide Assotsiatsioon (<i>International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities</i>)
IMO	Rahvusvaheline Mereorganisatsioon (<i>International Maritime Organization</i>)
MMSI	Mereside raadiosaatja tunnuscode (<i>Maritime Mobile Service Identity</i>)
PIANC	Maailma Veetransporditaristu Liit (<i>World Association for Waterborne Transport Infrastructure</i>)
UNCLOS	Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni mereõiguse konventsioon (<i>The United Nations Convention on the Law of the Sea</i>)
WWF	Maailma Looduse Fond (<i>World Wide Fund for Nature</i>)

Annotatsioon

Uute kasutusvaldkondade kasvav huvi merealade vastu suurendab konkurentsi mereruumi pärast kogu maailmas. Traditsioonilised merekasutuse valdkonnad, nagu laevaliiklus ja kalandus, peavad hakkama mereruumi jagama uute kasutusalaadega. Konfliktide lahendamiseks on otstarbekas kasutada merealade planeerimist. Eestis on merealade planeerimisel tõusnud fookusesse tuuleenergeetikale sobilike alade leidmine. Kuna tuuleenergeetika vajab kulutõhususe saavutamiseks suuri merealasid, siis paratamatult tekib konflikt paljude teiste tegevusaladega. Planeeringutes tuuleenergeetikale sobilike alade määramisel tuleb teiste tegurite seas põhjalikult analüüsida ka laevaliiklust ja sellele vajalikku ruumi, arvestades meresõiduohutusega ning kaaludes mõjusid meretranspordile.

Käesolevas töös analüüsiti kolme Eestisse kavandatavat tuuleenergeetika arendusala laevaliiklusest lähtuvalt. Analüüsi käigus tuvastati AIS-andmete põhjal tuuleenergeetika alasid läbivad suurema liiklustihedusega marsruudid, määrati laevaliiklusele vajalikud laiusega sõidurajad ja ohutusladad ning võrreldi tuuleenergeetika ja laevaliikluse alade kattuvust.

Liivi lahe tuuleenergeetika ala pindala on 181,15 km², millest 2,6% ehk 4,78 km² kattub laevaliiklusele vajaliku alaga. Tuuleenergeetika ala 1 pindala on 535 km², millest laevaliikluse alaga kattub 74,55 km², mis moodustab tuuleenergeetika alast 13,9%. Töös välja pakutud alternatiivse tee puhul oleks alade kattuvus 35,67 km² ehk 6,7%. Tuuleenergeetika ala 2 pindala on 1280 km² ja see kattub mitme laevaliiklusele olulise alaga. Kõik laevaliiklusele vajalikud alad kokku moodustavad kogu kavandatava tuuleenergeetika ala 2 pindalast 339,63 km² ehk 26,5%. Tuuleparkide rajamisel tuleb arvestada, et kirjeldatud aladel peab eeliskasutus jääma laevaliiklusele.

Võtmesõnad: mereala planeerimine, tuuleenergeetika, tuulepargid, laevaliiklus, AIS-andmed

Sissejuhatus

Mereruumi planeerimine muutub laevandussektori jaoks kogu maailmas järjest aktuaalsemaks teemaks. Uute mere kasutusvaldkondade, nagu tuuleenergeetika ja vesiviljelus, üha suurenev nõudlus mereruumi järele võib tekitada konflikte traditsiooniliste merenduse valdkondadega, nagu laevandus ja kalapüük. Selleks, et vähendada konflikte sektorite vahel ning luua sünergia erinevate tegevuste vahel on vaja mereruumi sidusalt majandada.

Magistritöö eesmärgiks on analüüsida Eesti vetesse kavandatavate tuuleenergeetika arendusalade ja laevaliikluse vahel tekkida võivaid ruumilisi konflikte. Eesti merealale ei ole veel rajatud ühtegi avamere tuuleparki, kuid Eesti taastuvenergiaettevõtted näevad avamere tuuleparkides suurt potentsiaali taastuvenergia arenguks ning mitmed neist on esitanud taotluse hoonestusloa menetluse algatamiseks (Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon 2021). Koostatud on Hiiu ja Pärnu maakonnaga piirneva mereala maakonnaplaneeringud ning koostamisel on kogu ülejäänud Eesti mereala planeering. Nende planeeringute üheks peamiseks fookuseks on olnud tuuleparkidele sobilike alade leidmine. Samas on nimetatud planeeringutega määratud tuuleenergeetika alad tinglikud ning täpne avamere tuulepargi asukoht tuleb paika panna hoonestusloa menetluse käigus, kui on tehtud kõik vajalikud uuringud. Käsitlevates piirkondades toimub ka erinevates suundades rohkem või vähem intensiivne laevaliiklus. Selleks, et tuuleparkide ja laevaliikluse vahelisi võimalikke konflikte vältida, tuleb võimalikult varajases etapis välja selgitada, kuidas kavandatav tuulepark võib väljakujunenud laevaliiklust mõjutama hakata.

Uutele avamere kasutusvaldkondadele alade määramisel ei saa ilma põhjaliku analüüsita eeldada, et laevaliiklust ja laevateid saab oluliste tagajärgedeta muuta. Nende muudatuste mõju ja võimalikke tagajärgi on vaja täielikult mõista ning leida optimaalsed lahendused, sest laevaliiklusega mitteametliku tagajärjeks võivad olla õnnetused, keskkonna- või majanduslikud kahjud. Mõnel juhul võib laevatee ümbersuunamine olla õigustatud, kui selle tulemusena näiteks pakutakse kohalikule kogukonnale hüvesid. Paljudel juhtudel aga võib laevaliiklusega arvestamata tuuleparkide püstitamine suurendada laevade kokkupõrke või madalikule sõitmise riski vastuvõetamatule tasemele, suurendada transpordikuludid või muuta laevaliikluse piirkondliku toimimist selliselt, et sadamad või laevandusteenused muutuksid konkurentsivõimetuks. (Patriko, Holthus 2013)

Selles magistritöös on vaatluse alla kolm kavandatavat tuuleenergeetika arendusala, millest kaks asuvad Liivi lahes, üks Kihnu saarest lõunas ja teine Ruhnu saarest põhjas, ning kolmas Läänemeres Saaremaa läänerannikul. Tuuleenergeetika arendusaladest on kaks planeerimise etapis ja ühele on algatatud hoonestusloa menetlus. Töös analüüsitakse 2020. aastal avalikustatud Eesti mereala planeeringu põhilahenduses tutvustatud alasid (Eesti mereala planeering 2020). Kuna Eesti mereala planeering ei ole selle töö koostamise ajal veel kinnitamiseks esitatud ning jätkuvad arutelud huvigruppidega ja avalikud väljapanekud, siis võivad selles toodud tuuleenergeetika arendusalade piirid veel olulisel määral muutuda.

Töös on laevaliikluse analüüsiks kasutatud laevade AIS-andmeid, millest on võimalik tuvastada laevade kasutatud liikumisteid (nn sõidujälgi) või mõnda merepiirkonda kasutatavate laevade arv, nende mõõtmed, sihtsadam ja palju muud informatsiooni. AIS-andmete analüüs annab hea ülevaate laevade liikumisest ja eelistatud marsruutidest ka seal, kus liikluskorraldus- ja navigatsioonivahenditega ei ole laevaliiklust suunatud. Laevade AIS-sõidujoontest saab koostada liiklustiheduse kaarte, mida saab kasutada sisendina mereala ruumilisel planeerimisel.

Mereala ruumilisel planeerimisel on vaja arvestada meresõiduohutusega ning selleks on vaja kaardistada ja määrata laevaliiklusele vajalikud alad. Laevaliiklusele vajaliku ala laiuse määramiseks on maailmas kasutusel erinevaid meetodeid ja juhendeid, kuid selles töös on rakendatud PIANC-i, HELCOM-i, Põhjamere laevanduse nõuandekogu (*Shipping Advisory Board North Sea*) ja Hollandi transpordiministeerium soovitatud meetodit.

Töö teoreetilises osas antakse ülevaade mereala ruumilise planeerimise raamistikust ning Euroopa Liidu ja Eesti taastuvenergia allikatest energia tootmise eesmärkidest. Tutvustatakse vaatluse all olevaid avamere tuuleenergeetika arendusalasid ja nende veekogude hüdroloogilisi ja geoloogilisi tingimusi. Samuti on ülevaade olulisematest rahvusvahelistest õigusnormidest, mis annavad suunised mereala planeerimiseks ja millest lähtudes saab määrata laevadele vajalikust manööverdusruumist tuleneva ohutu kauguse avamererajatistest. Selles peatükis vaadeldakse ka laevaliikluse trende Läänemeres ja Eestis ning tuuakse välja suurimate Liivi lahe äärsete sadamate – Riia ja Pärnu, üldised näitajad. Töös on olulisel kohal AIS-andmete töötlemine, seega selgitatakse AIS-seadmete kasutamist ning selle võimalikke ebatäpsusi ja valesid andmeid, mida tuleb analüüsimisel arvestada ja kriitiliselt hinnata.

Metoodilises osas selgitatakse laevaliikluse sõiduraja laiuse määramise põhimõtet, mis tugineb AIS-andmetest saadavale infole laevade liiklustiheduse ja mõõtmete kohta ning omakorda nendest andmetest tulenevalt vajalikust ruumist laevadele. Lisaks selgitatakse sõiduraja kõrvale määratava ohutusala vajalik laiusega ala määramist. Ohutusala koosneb kahest alast, mille piires saab teha õnnetuse vältimiseks vajalikke manöövreid. Samuti antakse ülevaade AIS-andmete töötlemist ja liiklustiheduskaartide koostamist Esri tarkvaraga ArcGIS Pro. Töös kaustatakse AIS-andmeid, kuna see on efektiivne, kaasaegne ja praktiliselt ainuke viis laevade täpseid liikumisteid teada saada.

Analüüsimiseks koostatakse liiklustiheduskaardid Liivi lahe ja Saaremaa lääneranniku laevaliikluse kohta ning parema ülevaate saamiseks tehakse need erinevate laevatüüpide järgi: kaubalaevad, tankerid, reisilaevad, väikelaevad, kalalaevad ja kõik laevatüübid kokku.

Tulemuste analüüsis võrreldakse tihedama laevaliiklusega liikumisteid ja kavandatavate tuuleenergeetika arendusalasid ning nende kasutusvaldkondade omavahelisel ruumilisel kattumisel, määratakse töös kirjeldatud meetodi abil laevade sõidurajad ja ohutusalad. Tehakse ka ettepanekud, millised alad peavad analüüsi tulemusel jääma eeliskasutusega laevaliiklusele ja seal peab olema välistatud uute kasutusvaldkondade arendused.

Autor on tänulik kaasamõtlemise ja abi eest Transpordiameti laevateede osakonna töötajatele Ott Kүүsmaale, Pärtel Keskkülale ja Maarius Utsale. Autor tänab juhendajat Inga Zaitseva-Pärnastet juhendamise eest. Eriline tänu kuulub abikaasale Liis Süsmalainenile, mõistmise ja toetuse eest.

1 Mereala ruumiline planeerimine ja tuuleenergeetika arendusalad

Mereala ruumiline planeerimine on defineeritud kui ühendatud merenduspoliitika peamine vahend, mis aitab riigiasutustel ja huvigruppidel oma tegevust paremini koordineerida ning parendab mereala kasutamist, tuues kasu nii majanduse arengule kui ka merekeskkonnale. (Euroopa Ühenduste Komisjon 2008)

Euroopa Parlament ja Nõukogu võtsid 2014. aasta vastu direktiivi, millega kehtestati mereruumi planeerimise raamistik. Selle direktiivi järgi tuleb liikmesriikidel kehtestada mereala planeeringud võimalikult kiiresti ning hilisemaks tähtajaks oli 2021. aasta märtsi lõpp (Euroopa Parlament ja Nõukogu 2014). Sellest tulenevalt algatas Eesti Vabariigi Valitsus 2017. aastal üleriigilise planeeringu teemaplaneeringu Eesti mereala ja sellega piirneva rannikuala ja majandusvööndi planeerimiseks ning keskkonnamõju strateegiliseks hindamiseks (Üleriigilise planeeringu ... 2017).

Eesti mereala planeerimise koostamise korraldajaks on määratud Rahandusministeerium. Planeeringu peamised eesmärgid on saavutada kokkulepped mereala kasutuse põhimõtetes merekeskkonna hea seisundi saavutamiseks ja säilitamiseks ning soodustada meremajandust. Planeeringuga nähakse ette, millistes piirkondades ja millistel tingimustel saab tegevusi ellu viia. Mereala planeeringu keskmes on ennekõike uued merekasutuse valdkonnad, nagu vesiviljelus ja energiatootmine. Planeeringuga seatakse neile kasutustingimused ning määratakse tuuleenergeetikale ruumiliselt arendusalad. (Eesti mereala planeering 2020)

Tuuleenergeetikal on oluline osa taastuvatest allikatest toodetava energia eesmärkide saavutamiseks. Euroopa Liit on seadnud eesmärgiks, et taastuvatest energiaallikatest toodetud energia osakaal liidu summaarses energia lõpptarbimises aastal 2030 on vähemalt 32%. (Euroopa Parlament ja Nõukogu 2018). Eestis oli taastuvatest allikatest ja jäätmetest energia tootmise osakaal 2018. aastal 20,3% (Laht 2020). Eesti elektrienergia toodang taastuvatest allikatest suureneb aasta-aastalt. Möödunud aastal oli kasv võrreldes 2018. aastaga 5%. Tuuleenergia toodang kasvas aastases võrdluses 8%, moodustades kolmandiku kogu taastuvelektri toodangust (Statistikaamet 2020). Tuuleenergia võib 2050. aastaks katta riigi elektritarbimise vajadusest kolmandiku, oletatavalt on vajalik maht 4500 MW (Eesti mereala planeering 2020).

Euroopa Liidu avamere taastuenergia strateegias on tehtud ettepanek suurendada Euroopa avamere tuuleenergia tootmise võimsust praeguselt 12 GW-lt vähemalt 60 GW-le 2030. aastaks ja 300 GW-le 2050. aastaks (Euroopa Komisjon 2020). Eesti taastuenergia ettevõtted näevad avamere tuuleparkides suurimat potentsiaali taastuenergia arenguks – kõik praegu Eesti arendajate poolt soovitud meretuulepargid annaksid kokku tootmisvõimsuse 12 908 MW (Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon 2021).

1.1 Tuuleenergeetika arendusalade ja nende asukohtade kirjeldus

Käesolevas töös on vaatluse all kolm tuuleenergeetika arendusala, millest kaks asuvad Liivi lahes ja üks Läänemeres Saaremaa läänerannikul. Liivi laht ja Saaremaa läänerannik on hüdroloogiliste ja geograafiliste tingimuste poolest üsna erinevad ning need tingimused mõjutavad olulisel määral ka laevaliiklust, näiteks talvehooajal.

1.2 Liivi lahe kirjeldus

Liivi laht on Läti põhjaranniku, Eesti edelaranniku ja Saaremaa vaheline Läänemere osa, mis jaguneb Eesti ja Läti territoriaalveeks. Läänemerega on Liivi laht ühenduses Irbe väina ning Väinameriga Suure ja Väikese väina kaudu. Lahe põhjarannik on tugevasti liigestunud ja madal, viie meetri samasügavusjoon ulatub rannast 10–15 km kaugusele. Lahe lõunaranniku rannajoon üldiselt sirge, vaid mõnes kohas leidub rannajärsakut ja luiteid. Lõunaranniku viie meetri samasügavusjoon ulatub rannajoonest 2–3 km kaugusele. Liivi laht sügavneb pikkamööda lahe keskosa suunas ning Ruhnu saarest kagus ja edelas küünib vee sügavus 60–65 meetrini. (EE 2011 *sub* Liivi laht)

Hüdroloogiliste tingimuste poolest on Liivi laht erinev avamerest, sest seal on nõrgem lainetus, suuremad veetemperatuuri ja veetaseme kõikumised ning paksem ja püsivam jääkate. Liivi lahe põhja- ja idaosa on Eesti rannikumere kõige pikaajalisema jääkatttega mereosad ning jäätuvad igal talvel. Liivi laht on umbes 60%-l talvedest üleni jääs, kuid jääoludelt võivad talved olla suuresti erinevad. Pärnu laht võib väga soojadel talvedel olla jääkattes 80 päeva ning erakordselt külmadel talvedel kuni 180 päeva. (EE 2011 *sub* Läänemere hüdroloogiline iseloomustus)

Liivi lahes on veetase madalam (10–20 cm alla keskmise) kevadel ja kõrgem (10 cm üle keskmise) sügisel. Suuremaid veetaseme muutusi põhjustavad tugevad tuuled, kuid need on üldiselt lühiajalised. Püsivad idatuuled alandavad ja läänetuuled tõstavad veetaset lahes. Eesti rannikumere suurimad veetasemete erinevused on olnud Pärnu lahes, kui 2005. aastal ulatus veetase 273 cm üle (Ilmateenistus 2012) ja 1959. aastal 120 cm alla keskmise veetaseme. (EE 2011 sub Läänemere hüdroloogiline iseloomustus)

1.2.1 Liivi lahe tuuleenergeetika ala kirjeldus

Liivi lahe tuuleenergeetika ala asub Liivi lahes Kihnu saarest 10 km kaugusel lõunas ja Mandri-Eestist (Häädemeeste valla rannikust) 17 km kaugusel läänes ning merel ulatub Läti piirini (**Tõrge! Ei leia viiteallikat.**). Selle pindala on 181,15 km². Meresügavus alas jääb valdavalt 15 m ja 30 m vahele ning põhi on liivane, savine ja mudane (Nutimeri 2021).

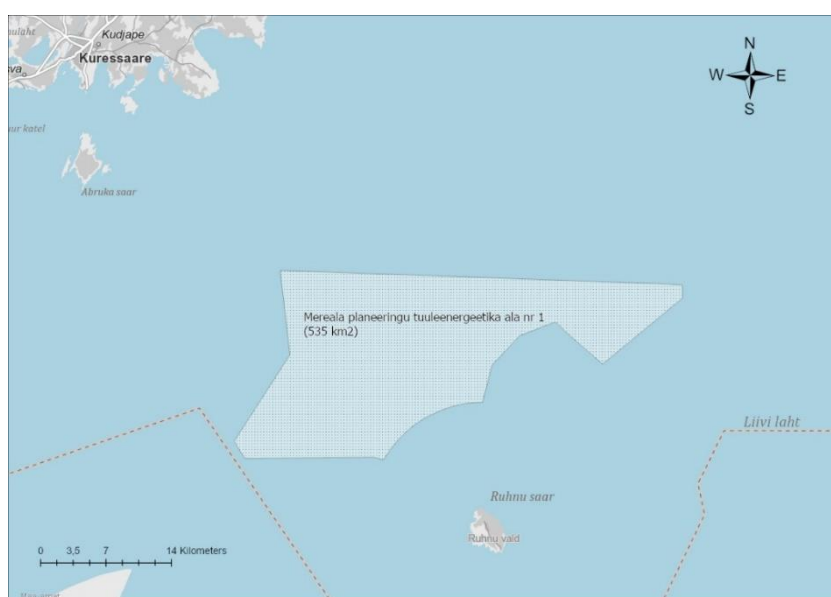


Joonis 1. Liivi lahe tuuleenergeetika ala asukoht

Liivi lahe tuulepargi ala asub Pärnu maakonnaga piirneva mereala maakonnaplaneeringus määratletud võimalikus tuuleenergeetika arenduspiirkonnas (Pärnu maakonnaga ... 2017). AS Eesti Energia taotluses alustas 2019. aastal Vabariigi Valitsus korraldusega hoonestusloa menetluse ja keskkonnamõju hindamise sellesse alasse tuulepargi rajamiseks (VV korraldus 2019).

1.2.2 Tuuleenergeetika ala 1 kirjeldus

Tuuleenergeetika ala nr 1 (edaspidi tuuleenergeetika ala 1) on Eesti mereala planeeringus kasutatav nimi. See ala asub Liivi lahes, Saaremaa ja Ruhnu saare vahelisel merealal, Ruhnu saarest 11,1 km põhja pool ja Saaremaast 20 km lõunas (Joonis 2). Selle pindala on 535 km². Ala merepõhi on üldiselt tasase reljeefiga ning sügavused jäävad valdavalt üle 30 m, aga leidub ka üksikuid madalamaid – minimaalse sügavusega 16,1 m (HIS 2021). Madalam on ala loodenurgas, kus vähimad sügavused on 26 m ning sügavam on ala keskosa, kuhu ulatub Ruhnu saarest idapoole jääv Liivi lahe üks sügavam piirkond, seal küündivad sügavused 42 meetrini. Merepõhi on enamasti savine, liivane ja mudane. (Nutimeri 2021)



Joonis 2. Eesti mereala planeeringu tuuleenergeetika ala 1 asukoht

Tuuleenergeetika ala 1 on avaldatud Eesti mereala planeeringu 2020. aastal avaliku väljapaneku põhilahenduses. Kuna mereala planeeringu koostamine jätkub ja selle käigus toimuvad arutelud erinevate huvigruppidega ning tulevad uued avalikud arutelud, siis võivad tuuleenergeetika ala piirid veel muutuda.

1.3 Läänemere keskosa kirjeldus

Läänemere keskosa piiritletakse Rootsi idaranniku, Läti lääneranniku ja Saaremaa edelaranniku vahelise Läänemere osana ning selle sisse jääb Gotlandi saar ja saarest ida poole jääv 246 m sügavune Gotlandi süvik. (EE 2011 *sub* Läänemeri)

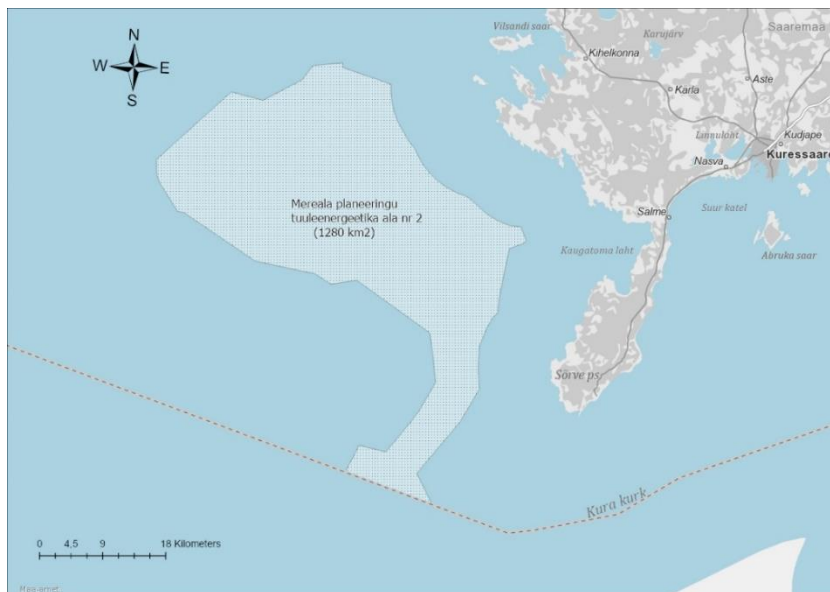
Eesti vetest lääne suunas muutub meri pikkamööda sügavamaks, samas Saaremaa läänerannikust kuni 30 km kaugusel leidub veel laevadele ohtlikke karisid ja madalaid – Suurkuiv, Mustpank, Uuskuiv. (EE 2002 *sub* Eesti ava- ja rannikumeri)

Sügavamas avameres on suvekuudel veetemperatuur pinnakihis keskmiselt 15–17 °C ning sellest umbes 20 meetrit allpool püsib veetemperatuur 3–5 °C vahel. Mõnikord ajavad maatuuled pindmise vee avamere rannikult eemale ja selle asemele kerkib sügavamalt 10–15 °C külmem vesi. Sügav meri jahtub sügisel aegamööda, mistõttu jää hakkab seal moodustuma palju hiljem kui Väinameres ja Liivi lahes. Soojadel talvedel jääb avameri jäävabaks. (EE 2011 *sub* Läänemere hüdroloogiline iseloomustus)

Suuremat veetaseme muutumist põhjustab tuul – tugeva läänetuulega tõuseb veetase Läänemere idaosas ja langeb lääneosas ning vastupidi. Veetaseme kõikumised on väikseimad avamere rannikul ja suurenevad Soome lahe idaosa suunas (EE 2011 *sub* Läänemeri). Avamerel on lainekõrgus on enamasti 1–2 m, tormi ajal 5–6 m, erakordse läänetormi ajal kuni 10 m (EE 2011 *sub* Läänemere hüdroloogiline iseloomustus).

1.3.1 Tuuleenergeetika ala 2 kirjeldus

Tuuleenergeetika ala nr 2 (edaspidi tuuleenergeetika ala 2) on samuti Eesti mereala planeeringus kasutatav nimi. Ala asub Saaremaa läänerannikust 11,1 km kaugusel (Joonis 3), osaliselt Eesti territoriaalmeres ja osaliselt majandusvööndis. Selle ala pindala on 1280 km². Merepõhi on väga muutliku reljeefiga, madalam on ala põhja ja kirde osa, kus asub ka Uuskuiva madal, mille vähim sügavus on 4,6 m. Suurimad sügavused on ala loode osas, kui meresügavus on üle 50-60 m (HIS 2021). Ala on suur ja seal esineb palju erinevaid merepõhja tüüpe: kivine, savine, liivane ja mudane (Nutimeri 2021).



Joonis 3. Mereala planeeringu tuuleenergeetika ala 2 asukoht

Tuuleenergeetika ala 2 on samuti avaldatud Eesti mereala planeeringu 2020. aastal avaliku väljapaneku põhilahenduses ning ka selle ala piirid võivad planeeringu edaspidise protsessi käigus muutuda.

2 Laevaliikluse ja AIS-i kirjeldus ning rahvusvahelised laevaliikluse regulatsioonid

Läänemeri on üks tihedama liiklusega meresid maailmas, siin toimub kuni 15% kogu maailma kaubaveost. Igal kuul liikleb Läänemerel umbes 3500 kuni 5000 laeva ning igal hetkel on merel tavaliselt umbes 2000 suurt laeva, sealhulgas suured naftatankerid, ohtlikku lasti vedavad laevad, samuti paljud suured parvlaevad. (WWF 2010)

Prognoosid ennustavad Läänemerele laevanduse sektori suurt kasvu ning 2030. aastaks peaks laevade arv kahekordistuma võrreldes 2010. aastaga, eeldatavasti kasvavad oluliselt ka laevade suurused. (WWF 2010)

Eesti sadamate kaubavedude maht jõudis 1990-ndate keskpaigast kümne aasta jooksul enam kui kolmekordistuda, kasvades ca 16 miljonilt tonnilt ligi 50 miljoni tonnini 2006. aastal. Sellele aga järgnes transiitkauba (eeskätt naftatoodete) järsk langus ning omakorda järgnes veel majanduskriis. Vahepealsetel aastatel on transiitvedude langust aidanud osaliselt kompenseerida muude kaubavedude kasv, kuid tipuaasta tasemele kaubamahud veel naasta suutnud ei ole. 2019. aastal veeti Eesti sadamate kaudu kokku 37,3 miljonit tonni kaupa. (Arenguseire Keskus 2020)

Eesti sadamaid külastab viimasel aastatael üle 11 000 välisriikide laeva aastas, näiteks 2018. aastal külastas 11 338 laeva ja 2019. aastal 11 434 laeva (Statistikaamet 2021). Lisaks sellele läbib Eesti territoriaalmerd ja majandusvööndit rahvusvaheline laevaliiklus teistesse Läänemere sadamatesse.

2.1 Rahvusvahelised laevaliikluse regulatsioonid

Käesoleva töö eesmärgi saavutamiseks on oluline anda ülevaade kõige olulisematest rahvusvahelistest õigusnormidest, mis annavad suunised mereala planeerimiseks ning millest lähtudes saab määrata laevadele vajalikust manööverdusruumist tuleneva ohutu kauguse avamererajatistest, näiteks tuuleparkidest.

2.1.1 Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni mereõiguse konventsioon

ÜRO mereõiguse konventsioon (UNCLOS – *United Nations Convention on the Law of the Sea*) võeti vastu 10. detsembril 1982. aastal ÜRO kolmandal mereõiguse konverentsil ja jõustus 1994. aastal. See rahvusvaheline leping reguleerib globaalselt riikide üldised õigused ja kohustused mere kasutamisel ja kaitsel. Eesti Vabariik ühines konventsiooniga 31. mail 2005. (Mereviki *sub* ÜRO mereõiguse konventsioon)

UNCLOS-i artiklis 21 on kirjeldatud rannikuriigi õigused rahumeelse läbisõitu reguleerimisel: *1. Rannikuriik võib kooskõlas käesoleva konventsiooni ja muude rahvusvahelise õiguse normidega vastu võtta oma territoriaalmerest rahumeelset läbisõitu reguleerivaid õigusakte, mis käsitlevad: a) meresõidu ohutust ja laevaliiklust; b) navigatsioonivahendite ja -rajatiste ning muude vahendite ja rajatiste kaitset* (ÜRO mereõiguse konventsioon 1982).

Vastavalt tsiteeritud artikli punktile a) võib iga riik vastu võtta navigatsiooniohutuse tagamiseks mistahes meetmeid ning punktile b) võib rannikuriik võtta vastu õigusakte navigatsiooniseadmete ja muude seadmete või rajatiste varustuse ja süsteemide kaitsmiseks, et tagada kõigi laevade rahumeelset läbisõidu õigust. Need meetmed hõlmavad näiteks laevaliiklusteeninduse radarite, navigatsiooniseadmete, raadionavigatsiooni- või raadiosidesüsteemide kaitset. (PIANC 2018)

UNCLOS-i artikkel 60 reguleerib rannikuriigi majandusvööndis asuvate tehissaarte, seadmestike ja rajatistega seonduvat:

1. Rannikuriigil on ainuõigus majandusvööndis ehitada, lubada ehitada ja reguleerida järgmiste objektide ehitamist, käitamist ja kasutamist: a) tehissaar; b) artiklis 56 nimetatud või muul majanduslikul eesmärgil ehitatud seadmestikud ja rajatised; c) seadmestikud või rajatised, mis võivad rannikuriigil takistada majandusvööndis oma õigusi teostada.

4. Rannikuriik võib vajaduse korral kehtestada tehissaare, seadmestiku või rajatise ümber ohutusvööndi, mille piires on tal õigus võtta meetmeid nii meresõidu kui ka tehissaarte, seadmestike ja rajatiste ohutuse tagamiseks.

5. Ohutusvööndi laiuse määrab rahvusvahelisi nõudeid järgides rannikuriik. Ohutusvööndite loomisel arvestatakse tehissaare, seadmestiku ja rajatise laadi ja otstarvet ning ohutusvööndi laius objekti välisserva igast punktist mõõdetuna ei ületa 500 meetrit, kui üldtunnustatud rahvusvahelised nõuded või pädeva rahvusvahelise organisatsiooni soovitusel ei näe ette teisiti. Ohutusvööndite ulatus tehakse nõuetekohaselt teatavaks.

6. *Kõik laevad arvestavad ohutusvööndeid ning järgivad tehissaarte, seadmestike ja rajatiste läheduses toimuvat meresõitu käsitlevaid üldtunnustatud rahvusvahelisi nõudeid.*

7. *Tehissaari, seadmestikke ja rajatise ning neid ümbritsevaid ohutusvööndeid ei tohi luua kohtades, kus need võivad häirida rahvusvahelise meresõidu seisukohalt oluliste üldtunnustatud laevateede kasutamist. (ÜRO mereõiguse konventsioon 1982)*

Tsiteeritud artikli lõikes 5 kirjeldatud 500-meetrine ohutusvöönd on mõeldud rajatiste kaitsmiseks ega tähenda COLREGs-i kohaselt ohutut manööverdamiskaugust. Lõikes 7 kirjeldatu tähendab näiteks piiratud võimet täita COLREGs-i nõudeid. COLREGs ei määra, kui palju ruumi on ohutuse tagamiseks vaja, kuid teades IMO laevade manööverdusvõime standardi juhiseid ja seal kirjeldatud laevale vajalikku maksimaalset ruumi täispöörde tegemiseks, saab seda kasutada miinimumkauguse määratlemiseks laevatee ja tuulepargi vahele. (PIANC 2018)

2.1.2 Rahvusvahelise laevakokkupõrgete vältimise eeskirja konventsioon

Rahvusvahelise laevakokkupõrgete vältimise eeskirja konventsioon (COLREGs – *Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea*) on IMO poolt 1972. aastal vastu võetud ja 15. juulil 1977 jõustunud meresõiduohutuse alusdokument, mille eesmärgiks on ühtsustada laevade kokkupõrke vältimise reeglid maailmameredel. Eesti Vabariik ühines konventsiooniga 1991. aastal. (Mereviki *sub* Rahvusvahelise laevakokkupõrgete ...)

COLREGs-i reeglis 8 on kirjeldatud tegevused kokkupõrke vältimiseks: *d) Teise laevaga kokkupõrget vältiv tegevus peab kindlustama lahknemise ohutul kaugusel. Tegevuse tõhusust tuleb hoolikalt jälgida niikaua, kui teisest laevast on lõplikult ja ohutult lahknetud (IMO 1972).*

Kui laev, mis ei tohi takistada teise laeva läbisõitu või ohutut möödumist, ei toimi vastavalt COLREGs-ile ning selle tulemusena tekib kokkupõrke oht, siis on laeval, mille liikumist ei tohi takistada, viimane võimalus on täispööre paremale. Selle manöövri sooritamisel, aga ei tohiks laev sattuda rajatise 500-meetrise ohutusvööni sisse. (Patraiko, Holthus 2013)

COLREGs-i reegel 14 kirjeldab tegevust, kui laevad lähenevad vastaskurssidel: *a) Kui kaks jõuajamiga laeva lähenevad teineteisele vastaskurssidel või vastaskurssidele lähedastel kurssidel*

nii, et tekib kokkupõrkeoht, peab kumbki laev muutma oma kurssi paremale, et lahknedateineteisest vasakute parrastega (IMO 1972).

COLREGs-i reeglis 15 on kirjeldatud tegevus, kui laevad lähenevad lõikuvatel kurssidel: *Kui kaks jõuajamiga laeva lähenevad teineteisele lõikuvatel kurssidel nii, et tekib kokkupõrkeoht, peab teed andma laev, mille paremale pardale teine laev jääb, ja kui asjaolud võimaldavad, vältima läbisõitu teise laeva eest (IMO 1972).*

2.1.3 Laevaliikluse suunamise üldsätted

Laevaliikluse suunamise üldsätted (GPSR – *General Provisions On Ships' Routeing*) on 20. novembril 1985. aastal IMO poolt vastu võetud ja 20. jaanuaril 1986. aastal jõustunud laevaliikluse ohutuse tagamise alusdokument, millega nähakse ette erinevaid vahendeid või meetmeid, mida on võimalik kasutada laevaliikluse suunamiseks teatud piirkondades sobivale teele või teatud piirkondadest eemale, kaitsta teatud alasid või objekte võimalike kahjustuste eest, aga ka juhatada teed läbi ohtlike alade. (IMO 1985)

Liikluskorraldussüsteemide kavandamiseks, kehtestamiseks ja kasutamiseks erinevad vahendid ja reeglid on toodud iga mõne aasta tagant uuendatavas IMO väljaandes *Ships' Routeing*. Samuti on seal kirjeldatud kõik maailmas IMO poolt kehtestatud erinevad liikluskorraldussüsteemid. Kui loodav liikluskorraldussüsteem jääb ainult ühe riigi vetesse, võib piirduda selle kehtestamisega ainult selle riigi tasemel, kuid IMO soovib siiski kõik liikluskorraldussüsteemid IMO-sse kehtestamiseks esitada. IMO on ainuke organisatsioon, kellel on pädevus rahvusvahelisel tasemel liikluskorraldussüsteeme kehtestada. (IMO 2017)

GPSR-i punktis 1.1 on sõnastatud üldpõhimõte: *Laevaliikluse korraldamise eesmärk on parandada meresõiduohutust liikluse koondumise aladel ning piirkondades, kus liiklustihedus on suur või kus laevaliikluse liikumisvabadust takistab piiratud mereruum, navigatsioonitakistuste olemasolu, piiratud sügavus või ebasoodsad meteoroloogilised tingimused (IMO 1985).*

Iga laeva kapten teeb teele jäävatest rajatistest möödumisel ise oma riskihinnangu ja hoiab nendest teatud kaugust: sõltuvalt laeva suurusest, peamasina seisundist, ilmastikutingimustest, liiklusest, nii et ta saaks tegutseda vastavalt COLREG-ile. Kui kõik kaptenid hindavad, et rakendatav laevaliikluse korraldus viib laeva rajatistele liiga lähedale, siis nad kõik kalduvad

liikluskorraldussüsteemi ühte serva, põhjustades sellel küljel laevaliikluse tiheduse suurenemise, mis aga ei ole kooskõlas GPSR-i punkti 1.1 mõttega – parandada meresõiduohutust. (PIANC 2018)

GPSR-i punktis 6.4 on kirjas: *Laevateel peaks olema võimalikult vähe kursi muutuseid ja neid tuleks vältida liikluse koondumise aladel ja ristmike lähenemisel või kohtades, kus ristuv liiklus võib olla tihe* (IMO 1985).

Meeles tuleb pidada, et kapten peab hoidma rajatistest ohutut kaugust. Rajatise ei tohiks paigutada nii, et laevad peaksid sellest ohutu kauguse säilitamiseks kurssi muutma. (PIANC 2018)

GPSR-i punktis 6.8 on kirjas: *Liikluseraldusskeemid peavad olema kavandatud selliselt, et neid kasutataval laeval oleks alati võimalik täita COLREG-i reegleid* (IMO 1985).

Seega ohutu vahemaa rajatisteni tuleb määrata selliselt, et laev saaks igas olukorras tegutseda vastavalt COLREG-ile, sealhulgas liikluseraldusskeemi ääres sõites. (PIANC 2018)

GPSR-i punktis 6.10 on kirjas: *Sõidurajad peaksid olema kavandatud nii, et kasutataks optimaalselt olemasolevaid veesügavusi ja ohutuid laevatatavaid alasid, võttes arvesse maksimaalset veesügavust kogu teekonna pikkusel. Radade laius peaks võtma arvesse liiklustihedust, ala üldist kasutamist ja saadaolevat mereruumi* (IMO 1985).

Laevaliiklusele ohutuse tagamiseks vajaliku ala laiuse määramine ei ole lihtne. Häid tulemusi on andnud AIS-andmete alalüüsile tuginev Hollandi Mereinstituudi meetod (Patraiko, Holthus 2013), mille kasutamise põhimõtet selgitatakse metoodika kirjelduse peatükis.

2.2 Automaatne tuvastussüsteem

Automaatne tuvastussüsteem (AIS) on sidesüsteem, mis kasutab navigeerimisandmete vahetamiseks nelja ülemaailmset VHF-kanalit mobiilse meresele võrgus. Kasutuses on palju erinevaid AIS-seadmeid ehk jaamu ja need on identifitseeritud ainulaadse MMSI abil ning suhtlemiseks kasutavad rahvusvahelist avatud standardit. (IALA 2004)

AIS edastab standardile vastavalt varustatud kaldajaamadele, teistele laevadele ja õhusõidukitele automaatselt teavet, sealhulgas laeva nime, tüübi, asukohta, kurssi, kiiruse, navigatsioonistaatuse ja muud ohutusega seotud teavet (Tabel 1). AIS võtab automaatselt vastu sellist teavet samalaadsete seadmetega laevadelt, võimaldab jälgida laevu ning vahetada andmeid kaldajaamade seadmetega. (SOLAS 1974)

IMO on teinud AIS-i kasutamise kohustuslikuks alates 2002. aastast SOLAS-e konventsiooni (V peatüki reegel 19) alusel ja seda arendatakse eesmärgiga muuta navigeerimine ohutumaks. (Le Tixeranta jt 2018)

AIS-seadmetega peavad olema varustatud kõik reisilaevad, kaubalaevad (kaupu vedavad laevad) kogumahutavusega 300 ja rohkem ning kalalaevad, mille pikkus on üle 15 m. Teatavatel tingimustel võib teha erandeid vähem kui 500 kogumahutavusega kaubalaevade jaoks, mida kasutatakse riigisiseses rannasõidus ning reisilaevade puhul, mille pikkus on alla 15 m või kogumahutavus alla 300 ja mida kasutatakse sisereisidel. (SOLAS 1974)

AIS-seadmetega varustatud laevad peavad AIS-i alati töös hoidma, välja arvatud juhul, kui rahvusvahelised lepingud, eeskirjad või standardid näevad ette navigatsiooniliste andmete kaitset (SOLAS 1974).

Tabel 1. AIS-teadetes esitatav teave laeva kohta

Allikas: (IALA 2004)

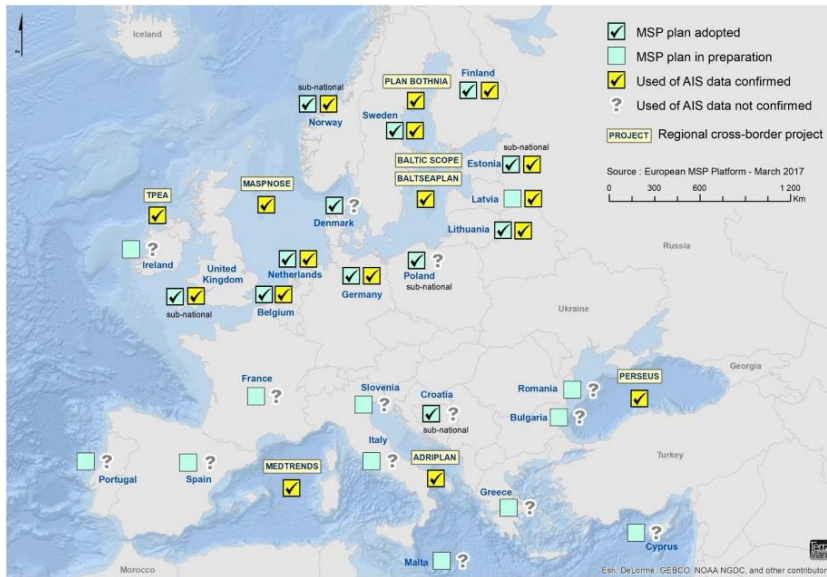
Staatilised ehk mitte muutuvad andmed:	Dünaamilised ehk muutuvad andmed:	Laeva reisiga seotud andmed:
MMSI	Laeva asukoht	Laeva süvis
Kutsung ja nimi	Asukoha ajatempel	Ohtlik last (tüüp)
IMO number	Kurss	Sihtkoht ja eeldatav saabumisaeg
Pikkus ja laius	Kiirus	
Laevatüüp	Liikumissuund	
Elektroonilise asukohamääramise süsteemi antenni asukoht	Navigatsiooniline staatus (sõidus, ankrus, sildunud jne)	
	Pöörde nurkkiirus	

AIS-andmete töötlemine ja analüüsimine annab mereala planeerimiseks vajalikku teavet: laevaliikluse tihedusest, välja kujunenud liikumisteedest ja liiklusvoogudest, laevaliikluse muustrilisest võrgustikust, välja kujunenud kalastuspiirkondadest, tegevuste ajalistest ja ruumilistest seostest – võimalikest vastuolulistest kasutusalaadest või sünergiatest. (Le Tixeranta jt 2018)

AIS-andmete kasutamisel tuleb arvestada, et andmetes esineb kohati tühje välju, valesti sisestatud andmeid või valesti määratud sihtkohtasid. AIS-andmete uuringus on tuvastatud, et 6% laevadest ei olnud laevatüüp määratud ja 3% laevadest määratleti kui "laev" (Harati-Mokhtari jt 2007). Tihti sisestatakse AIS-seadmetesse üldine laevatüüp "kaubalaev" või "laev", mitte täpne tüüp. Mõnel juhul on probleemiks ebamäärasus, näiteks „kaubalaev“ kasutamine laeva jaoks, mille puhul õigem oleks olnud kasutada „tankerit“. Mõnedel juhtudel võib ka kõige olulisemat ja asjakohasemat kirjeldust olla raske hinnata, kui laevajuhile ja andmete sisestajale pole antud laevatüübi valimiseks piisavalt selgeid juhiseid. Näiteks võib kiiret parvlaeva AIS-is õiguspäraselt määratleda kui „kiirlaeva“, „reisilaeva“ või „kaubalaeva“. Kõigi nende kolme laevatüüpi kasutamist täheldati kolmel sõsarlaeval, mis teenindasid sama sadamat. (Harati-Mokhtari jt 2007)

Seega tuleb AIS-i andmete analüüsimisel selle teadetes esitatavat infot kriitiliselt hinnata ja arvestada mõningasete ebatäpsustega. Osasid puudusi, nagu ilmselged valed asukohamäärangud, saab andmetöötluse käigus kõrvaldada.

2017. aastal viidi läbi uuring, et hinnata AIS-i kasutamist mereala ruumilise planeerimise projektides Euroopas. Tulemuseks oli, et AIS-i andmeid kasutatakse enamikus riikides (8-s kümnest), mis on vastu võtnud ametliku riikliku või piirkondliku mereala ruumilise planeerimise kava (Joonis 4). (Le Tixeranta jt 2018)



Joonis 4. AIS-andmete kasutamine Euroopa riikide mereala planeeringutes ja projektides

Allikas: (Le Tixeranta jt 2018)

2005. aasta käivitasid Läänemere äärsed riigid piirkondliku HELCOM AIS-võrgu, mis pakub kõigile riikidele kogu Läänemere piirkonna laevaliikluse kohta reaajas ühesugust vaadet. Kõik AIS-signaalid, mida iga Läänemere riik on alates 2005. aastast saanud, on salvestatud tsentraliseeritud HELCOM-i AIS-andmebaasi, mida veel hiljuti majutas Taani (Taani Mereadministratsioon), kuid mis viidi 2016. aastal üle Norrassa (Norra Rannikuadministratsioon). (HELCOM 2018)

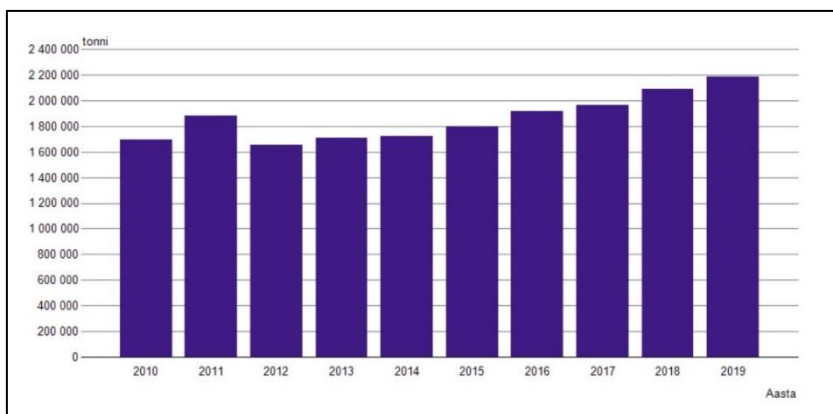
2.3 Piirkonna sadamate ülevaade

Kavandatavad tuuleenergeetika arendusalad kattuvad enamuse Liivi lahe kaubasadamatesse minevate või sadamatest tulevate laevade liikumisteedega. Eestis on nendeks sadamateks Mõntu, Roomassaare, Virtsu ja Pärnu ning Lätis Salatsi, Skulte, Riia ja Mersrags. Tuuleenergeetika ala 2 kattub lisaks veel Läänemere lõunapoolsematest sadamatest Soome lahe sadamatesse ja vastupidi väljaspool ametlikku rahvusvahelist laevateed sõitvate laevade liikumisteedega.

Töös käsitletavat tuuleenergeetika arendusalad hakkavad kõige rohkem mõjutama Liivi lahe kõige suuremate sadamate (Pärnu ja Riia) laevaliiklust.

2.3.1 Pärnu sadam

Pärnu sadam on arvestatav Eesti regionaalne sadama, mille tagamaaks on Pärnu, Lääne, Järva, Viljandi, Tartu, Põlva, Võru ja Valga maakonnad. Tagamaal asub oluline osa ekspordiresurssidest (kuni 45% metsaressursist ja kuni 65% turbaressursist) ja töötlevast tööstusest. Sadamat külastab tavaliselt aastas üle 500 kaubalaeva (Joonis 6) ning käideldava kauba kogus on ligikaudu 2 miljonit tonni aastas (Joonis 5). Enamuse kaubakäibest moodustab eksportkaup. (Pärnu sadam 2021)



Joonis 5. Pärnu sadama kaubakäive, kõik lastiliigid kokku

Allikas: (Statistikaamet 2021)

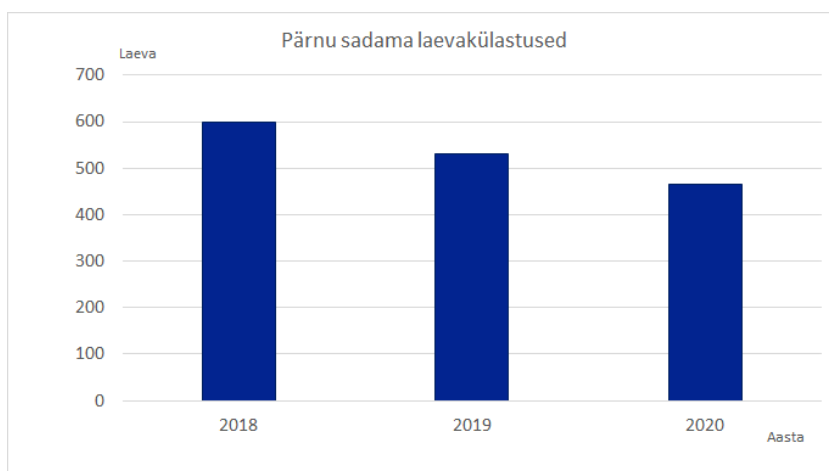
Alates 2017. aastast on Pärnu sadama linnakai avatud reisilaevadele, mida saavad külastada rahvusvahelised kruisilaevad. Pärnu jõe suudmes on erinevad sadama rajatiste valdajad, kes osutavad erinevaid sadamateenused: jahtklubi, rannakalurite sadam, laevaremonditehas. (Pärnu sadam 2021)

Tabel 2. Pärnu sadamas vastuvõetava veesõiduki suurimad mõõtmed

Allikas: (Sadamaregister 2021)

Veesõiduki kogumahutavus	7500 ja suurem
Veesõiduki suurim pikkus (m)	140,0
Veesõiduki suurim laius (m)	25,0
Veesõiduki suurim süvis (m)	6,8

Talvel on Pärnu sadama veeala üldjuhul jääs. Jääperioodil nõutakse laevadelt jääklassi ning tagatud on jäämurdmine sadamasse suunduval veeteel. (Pärnu sadam 2021)



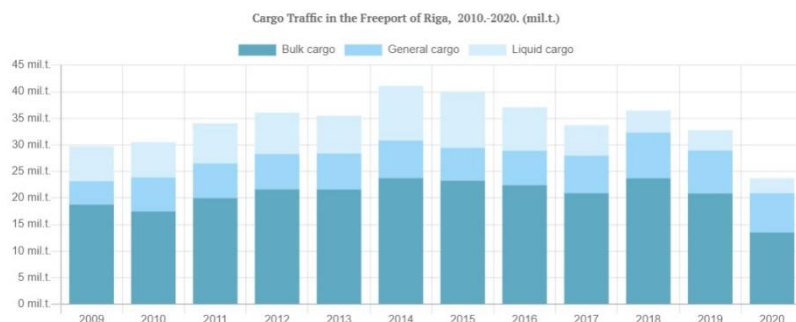
Joonis 6. Pärnu sadama kaubalaevade külastused

Allikas: (EMDE 2021)

Joonisel 5 on näha, et 2019. aastal on võrreldes 2018. aastaga laevaküllastuste arv vähenenud, aga samas on kaubaveo maht suurenenud (Joonis 5). Sellest saab järeldada, et sadamat on külastanud rohkem suuremate mõõtmetega laevad, mis mahutavad rohkem kaupa. 2020. aasta laevaküllastuse arvu on kõvasti mõjutanud ülemaailmne COVID-19 kriis.

2.3.2 Riia sadam

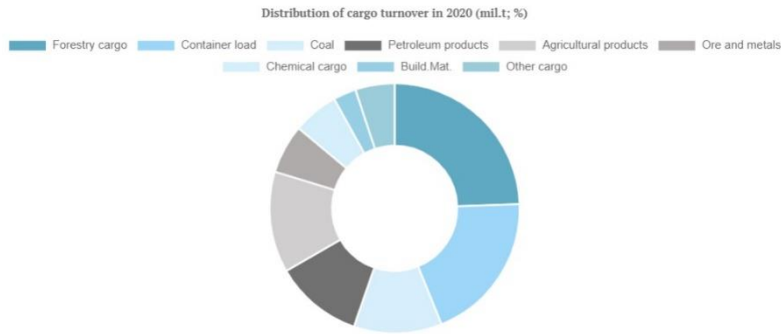
Riia sadam asub Daugava jõe suudmes ning on Läti suurim sadam ja Balti riikide suuruselt teine sadam. 2019. aastal käideldi sadamas 32,8 miljonit tonni erinevat lasti (Joonis 7), mis on 53% kogu Läti sadamates käideldud meritsi veetud kaupadest. (Riia sadam 2021)



Joonis 7. Riia sadama kogu-kaubakäive

Allikas: (Riia sadam 2021)

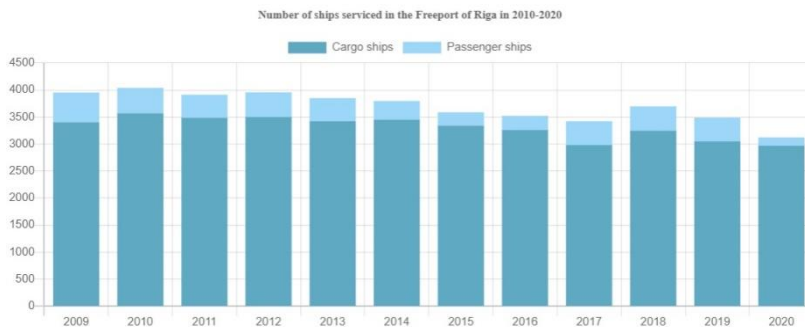
Riia sadam on multifunktsionaalne sadam, mille terminalides saab käidelda mitmesugust kaupa - puistlasti, vedellasti ja segalasti. Peamisteks Riia sadamas käideldavateks kaubaliikideks on: puit, konteinerid, kivisüsi, naftasaadused, teravili, metallid ja väetised (Joonis 8). (Riia sadam 2021)



Joonis 8. Riia sadamas käideldava kauba jaotus

Allikas: (Riia sadam 2021)

Umbes 70% Riia sadama kaubakäibest on transiitkaubad. Oma soodsa geograafilise asukoha tõttu on Riia sadam ajalooliselt arenenud transiidisadamana, mis ühendab turge Euroopas ja teistes Euraasia mandripiirkondades, sealhulgas Venemaal, Kesk-Aasias ja Hiinas. (Riia sadam 2021)



Joonis 9. Riia sadama laevakülastused

Allikas: (Riia sadam 2021)

Sadama infrastruktuur vastab kaasaegse tööstuse nõuetele ja võtab vastu suuri kaubalaevu ja kruisilaevu (Joonis 9). Laevade suuruse poolest suudab Riia sadam vastu võtta kõiki laevu, mille suurus võimaldab läbida Taani väinasid ja siseneda Läänemerre. Need on Panamax ja post-Panamax tüüpi laevad, mille süvis võib olla kuni 15 m ja pikkus kuni 300 - 320 m. Sadama suurim sügavus on 16,0 m ja kailiini pikkus on 18 km. (Riia sadam 2021)

3 Metoodika kirjeldus

Maailmas ei ole kasutusel ühtset metoodikat, mida tuleks kasutada mereala ruumilisel planeerimisel laevaliikluse kohta sisendi koostamiseks. Holland on Euroopas üks esimesi riike, kes on kinnitanud mereala ruumilise planeeringu ning selles töös on kasutatud nende endi poolt väljatöötatud metoodikat. Põhjamere laevanduse nõuandekogu ja Hollandi transpordiministeerium koostöös Hollandi laevandussektori asutustega on mereala ruumilise planeerimise jaoks koondanud rahvusvahelistest regulatsioonidest ja juhenditest kokku olulisemad nõuded ja suunised, mida laevad vajavad ohutu kauguse säilitamiseks avamererajatistest (Patraiko, Holthus 2013).

Samasuguseid põhimõtteid ja meetodit on kirjeldatud ka PIANC-i merenduskomisjoni töörühma 2018. aasta aruanne nr 161 „Avamere tuuleparkide ja meresõidu koostoime“ („*Interaction between offshore wind farms and maritime navigation*“). Ka HELCOM-i merenduse töögrupp viitab Baltic LINes projekti raames 2018. aastal valminud dokumendis „Laevakoridoride ühtne planeerimine mereala ruumilises planeerimises“ („*Coherent planning of ship corridors in MSP*“) samale meetodile.

3.1 Laevaliikluse sõiduraja laiuse määramine

Vastavalt eespool välja toodud GPSR-i punktile 6.10 peaksid kavandatavate laevaliikluse sõiduradade laius võtma arvesse liikluse tihedust, ala üldist kasutamist ja saadaolevat mereruumi (IMO 1985). Hollandi Mereuuringute Instituut (MARIN) on AIS-andmete uuringute põhjal välja töötanud meetodi, mida peatükis 3 nimetatud juhendid soovivad kasutada mereala ruumilises planeerimises laevaliikluse sõiduraja laiuste määramiseks. See meetod arvestab järgneva:

- Laevaliikluse tihedus (laevu aastas) – põhineb AIS-andmetele ning võtab arvesse tuleviku arenguid;
- Suurimate laevade mõõtmed – põhineb AIS-andmetele ning võtab arvesse tuleviku arenguid;
- Sõidurada kõrvuti kasutatavate laevade arv:
 - a. < 4400 laeva aastas, vajab ruumi kahe laeva jaoks,
 - b. 4400 - 18 000 laeva aastas, vajab ruumi kolme laeva jaoks,
 - c. > 18 000 laeva aastas, vajab ruumi nelja laeva jaoks;
- Vajalik manööverdusruum ühe laeva kohta: kaks laevapikkust. (Patraiko, Holthus 2013)

Kasutades seda meetodit näiteks 400 m pikkuse laeva jaoks on sõiduraja vajalik laius 0,9 meremiili, kui liiklustihedus on alla 4400 laeva aastas ning 1,7 meremiili, kui liiklustihedus on üle 18 000 laeva aastas (Tabel 3).

Tabel 3. Sõiduraja laiuste määramine 400 m pikkuse laeva näitel

Allikas: (Baltic LINes 2018)

Laevaliikluse tihedus (laevu aastas)	Sõidurada korruga kasutatavate laevade arv	Vajalike laevapikkuste arv	Sõiduraja laius
<4 400	2	4	4 x 400 m = 1,6 km (~0.9 M)
4 400 – 18 000	3	6	6 x 400 m = 2,4 km (~1.3 M)
>18 000	4	8	8 x 400 m = 3,2 km (~1.7 M)

Meetod ei näe ette minimaalset liiklustihedust, millest alates tuleb planeeringus laevaliiklusele sõidurajad ette näha. See tuleb otsustada mereala planeeringu koostamise käigus ning selle otsuse peavad tegema planeeringu koostajad, aga seda tuleks arutada laevanduse ekspertidega. Baltic LINes projekti raames Läänemere kohta tehtud arvutused näitasid, et liikumisteed, mille liiklustihedus oli üle 500 laeva aastas, hõlmasid peaaegu kõiki olulisi marsruute. Kui soovitakse üksikasjalikumat kaardistamist (sealhulgas väiksemaid liikumisteid), tuleb seda künnist alandada. (Baltic LINes 2018)

Käesolevas töös on liikumisteede kaardistamisel kasutatud madalamat künnist, et saada üksikasjalikumat ülevaadet laevade liikumisest. Laevatüüpide tiheduskaartide koostamisel on piiriks üle 10 laeva aastas ja kogu liikluse puhul üle 50 laeva aastas. Sõidurajad ja ohutusala on aga määratud nendele teedele, kus liiklustihedus on üle 500 laeva aastas.

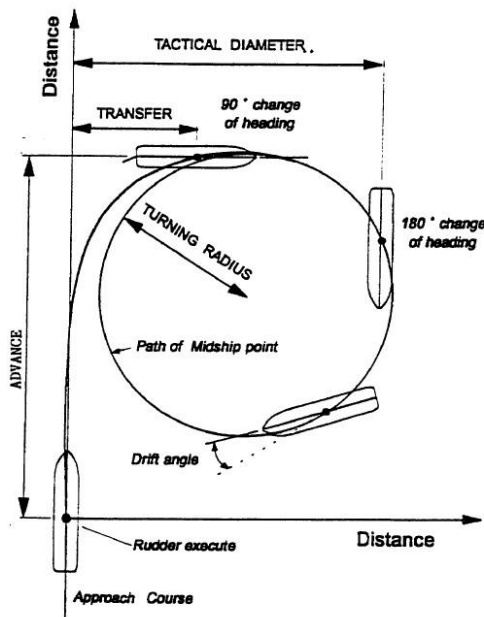
3.2 Sõiduraja kõrvale ohutusala määramine

Ohutusala on sõiduradade kõrval olev mereruim, mida laevad tavaliselt ei kasuta, kuid seda võib hädaolukorras kasutada õnnetuste (näiteks kokkupõrke) vältimiseks. Ohutusala laius sõltub kokkupõrke vältimiseks tehtava manöövri ja laeva täispöörde manöövriks vajaliku ruumi suuruselt. (Baltic LINes 2018)

Ohutusala määramisel arvestatakse võimalusega, et laev, mis ei tohi takistada teise laeva läbisõitu või ohutut möödumist, ei täida COLREGs-i reegleid ning laeval, mille liikumist ei tohi takistada, ei jää muud üle kui teha täispöore paremale. (PIANC 2018)

Ohutusalaks vajalik ruum arvestatakse järgnevalt:

- 1) Täispöoret ei alustata kohe, vaid tavaliselt esmalt muudab üks laev kurssi, samal ajal jälgides teise laeva tegevust. See tegevus võtab aega. Selle aja jooksul kaldutakse oma algsest rajast kõrvale. Vahemaa selleks võetakse tavaliselt vähemalt 0,3 meremiili (Joonis 11).
- 2) Täispöörde jaoks vajalik ruumi ise määratakse nii, nagu see on kirjeldatud IMO laevade manööverdusvõime standardites (IMO resolutsioon MSC.137 (76) ja MSC/Circ.1053): laeva edasiliikumine ei tohiks pöörderingi manöövris ületada 4,5 laeva pikkust ja pöörderingi taktikaline läbimõõt ei tohiks ületada 5 laeva pikkust (Joonis 10).

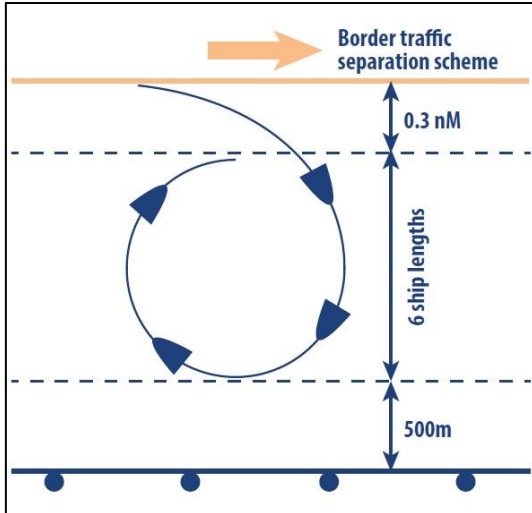


Joonis 10. Laeva täispöörde test

Allikas: (IMO 2002)

Täispöörde testi nõudeid kohaldatakse kontrollitud tingimustes merekatsete ajal. Mõistlik on lisada veel üks laeva pikkus, et kompenseerida asjaolu, et vahis olev laevaohvitser ei pruugi selleks manöövriks täielikult valmis olla. Seetõttu on meetodikas täispöörde läbimõõduks võetud 6 laeva pikkust.

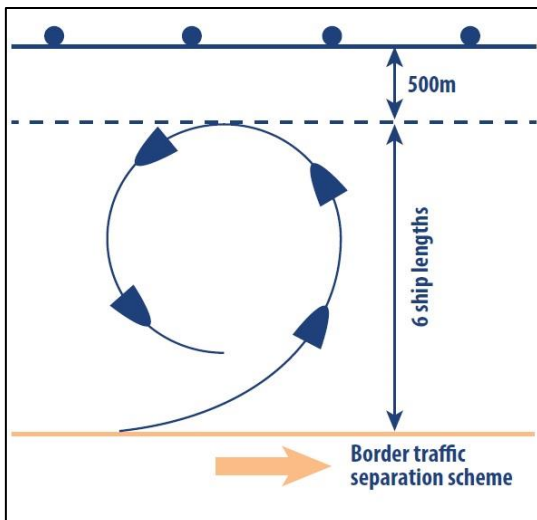
- 3) Täispöörde manöövri tegemisel ei tohiks laev sattuda mererajatiste kuni 500 meetrise ohutusvööndi sisse (Joonis 11). (PIANC 2018)



Joonis 11. Vajalik ruum sõiduraja ja paremale poole jääva tuulepargi vahel

Allikas: (PIANC 2018)

Täispöörde võib teha ka vasakule poole, juhul kui parema parda ahtriveerand on näiteks möödasõitva laeva tõttu blokeeritud. Kuid sel juhul ei kaldu laev kõigepealt natuke vasakule, vaid alustab kohe pöördega (Joonis 12)



Joonis 12. Vajalik ruum sõiduraja ja vasakule poole jääva tuulepargi vahel

Allikas: (PIANC 2018)

Seega minimaalse kauguse sõiduraja ja tuulepargi vahel saab määrata järgmiselt:

- kui tuulepark jääb sõidurajast paremale poole: $0,3 M + 6$ laeva pikkust + 500 meetrit;
- kui tuulepark jääb sõidurajast vasakule poole: 6 laeva pikkust + 500 meetrit.

Eelnevalt kirjeldatud sõiduraja laiuse ja selle kõrvale ohutusala määramisel kasutatakse käesolevas töös järgmist valemit:

$$W = W_s + 2(W_r + W_c)$$

kus:

W – laevaliiklusele vajaliku ala laius

W_s – sõiduraja laius (4 laevapikkust);

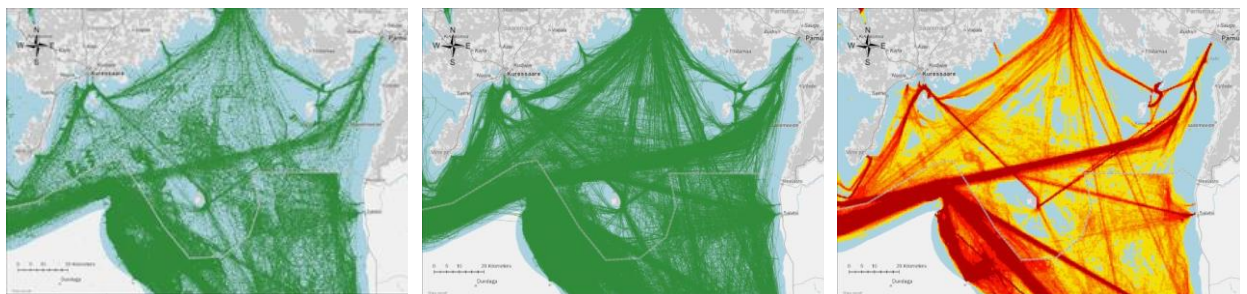
W_r – kokkupõrke vältimiseks tehtava eelneva manöövri jaoks vajalik varu (0,3 meremiili);

W_c on kokkupõrke vältimiseks tehtavaks täispöördeks vajalik ohutusvaru (6 laevapikkust).

(Baltic LINes 2018)

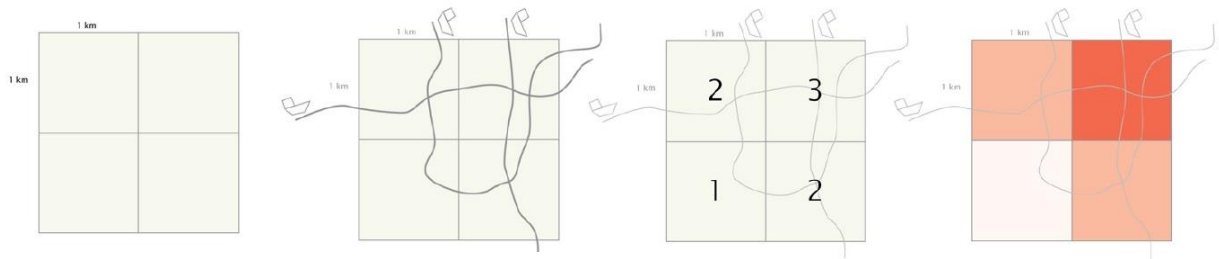
3.3 AIS-andmete töötlemine ja laevaliikluse tiheduskaardi koostamine

Töös kasutatud AIS-andmed on kogutud ja töödeldud Transpordiameti poolt. AIS-andmete töötlemise sisendiks olid csv-failid (vt Lisa 2), mis sisaldasid kogu aasta AIS-andmeid kuude kaupa terve Eesti rannikumere kohta. Kõigepealt puhastati andmetöötlemise käigus andmed ebausaldusväärsetest asukohamäärangutest. Andmetöötlus tehti Esri ArcGIS Pro tarkavaraga kasutades *python* programmeerimiskeelt. Väljundiks saadi punkti ja joone objektiklassid (Joonis 13), millega näidatakse laevade asukohapunkte ja nende ühendamisel saadud sõidujooni koos AIS-andmetes sisalduvate laeva ning tema asukoha ja teekonna andmetega.



Joonis 13. AIS-andmete töötlemine: punkti ja joone objektiklassid ning sellest loodud tiheduskaart

Lisaks punkti ja joone objektiklassile loodi ka tiheduskaart 500 meetrise ruudu küljega (eraldusvõimega), milles kuvatakse erineva värviga tähistatult kogu aasta jooksul ruutu läbinud sõidujoonte arvu ehk liiklussagedust (Joonis 14). Tiheduskaardid koostatakse kogu laevaliikluse kohta ning lisaks veel eraldi tiheduskaardid kaubalaevade, kalalaevade, reisilaevade, väike ja huvilaevad ning tankerite liikluse kohta. Enne objektiklasside ja tiheduskaardi loomist puhastati andmetöötlusega andmeid ebausaldusväärsetest asukohamäärangutest.



Joonis 14. Tiheduskaardi loomine. Rasteri ruutu läbivate sõidujoonte arv annab ruudule liiklussageduse väärtuse.
Allikas: (HELCOM 2018)

Punkti ja joone objektide metaandmetes sisaldub analüüsimiseks olulist informatsiooni laevade kohta (näiteks laevade mõõtmed, sihtsadam jne) ning nende andmete järgi on võimalik tuvastada peamised liikumisteed, kuid parem ülevaate liiklussagedusetest saab tiheduskaartidelt.

4 Laevaliikluse analüüs

Käesolevas töös vaatluse alla olevad tuuleenergeetika arendusalad kavandatakse merealadele, kus senini ei ole vaja olnud korraldada laevaliiklust, sest meri on nendel aladel sügav ja avar. Seega kasutavad laevad nendes piirkondades optimaalsemaid liikumisteid sihtkohta jõudmiseks. Peatükis 2.1.3 on välja toodud IMO põhimõte, millal oleks vaja rakendada liikluskorraldusvahendeid, et parandada meresõiduohutust. Kuna veel ei ole olnud vajadust kehtestada laevaliiklust suunavad vahendeid ega määratud sõiduradasid, siis on laevade liikumisteed tuvastatud AIS-sõidujoonte abil. Parema ülevaate saamiseks on laevaliiklust käsitletavates piirkondades analüüsitud laevatüüpide järgi: kaubalaevad, tankerid, reisilaevad, kalalaevad, väike laevad ja huvilaevad ning kõik laevatüübid kokku.

Väike laevade ja huvilaevade AIS-andmed ei kajast täielikku huvilaevade liiklust, sest nendel laevadel ei ole AIS-seadmete kasutamine kohustuslik. Väike laeva all mõeldakse käesolevas töös mõõtmelt väikest töölaeva (pukser, lootsikaater ja ka väike reisilaev) ning huvilaevadeks on vaba aja veetmise veesõidukid (jahid, kaatrid). Kuna AIS-seadmete kasutamine huvilaevadel on võimalus, mitte kohustus, siis pole nende kasutusse võtmine veel väga laialt levinud. Samas peamised huvilaevade liikumisteed on nende järgi, kes AIS-seadmeid kasutavad, siiski tuvastavad.

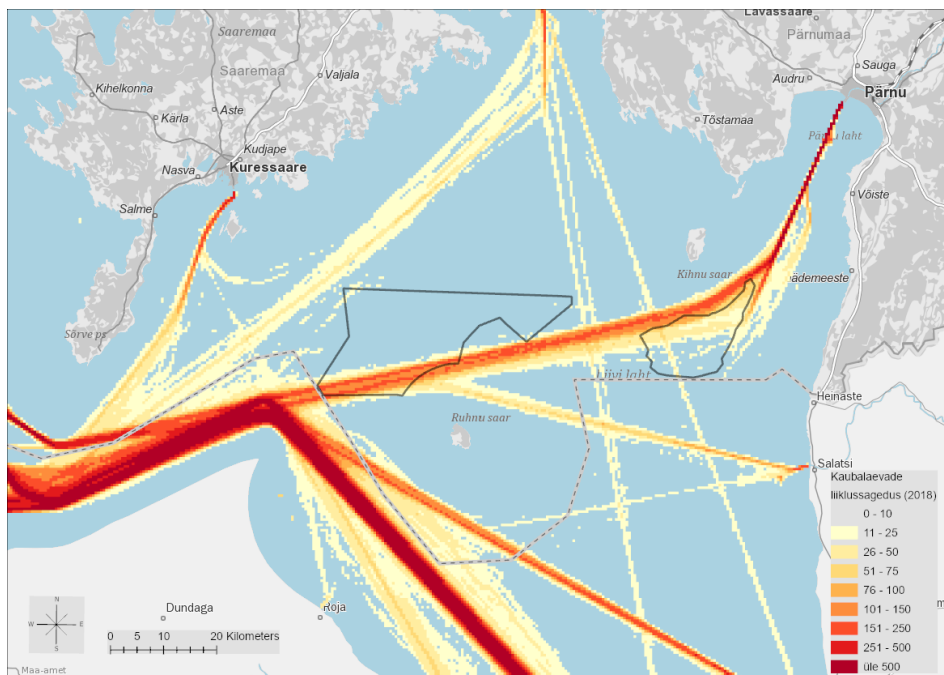
4.1 Laevaliiklus Liivi lahes

Liivi lahe suurim sadam on Riia sadam ja sellest tulenevalt on ka kõikide laevatüüpide puhul kõige tihedam laevaliiklus marsruudil Irbe väin – Riia sadam. Kuna aga Liivi lahte Eesti territoriaalmerre tuuleenergeetika aladesse rajatavad tuulepargid ei hakka mõjutama piki Läti rannikut kulgevat liiklust, siis järgnevalt analüüsitakse peamiselt teisi liikumisteid, mis kulgevad Eesti vetes.

4.1.1 Kaubalaevade liiklus Liivi lahes

Kõige tihedam kaubalaevade liiklus, mida hakkavad planeeritavad tuulepargid mõjutama, on teel Irbe väinast ja Pärnusse (Joonis 15). See liikumistee kattub mõlema Liivi lahte kavandatava tuuleenergeetika alaga. Viimastel aastatel (va 2020) külastas Pärnu sadamat üle 500 kaubalaeva aastas (vt peatükk 2.3.1 Joonis 6.) ning seda kinnitab ka all olev kaubalaevade tiheduskaart.

Lätis asuvat Salatsi sadamat külastavad kaubalaevad sõidavad läbi Eesti territoriaalmere Ruhnu saarest põhja poolt ning nende liikumistee ühineb tuuleenergeetika ala 1 juures eelnevalt kirjeldatud Pärnu – Irbe kaubalaevade liikumisteedega. Salatsi sadam käitles 2018. aastal 348 200 tonni kaupu (The Baltic Course 2019) ning AIS-andmete järgi sõitsid kaubalaevad mööda kirjeldatud teed 121 korral.



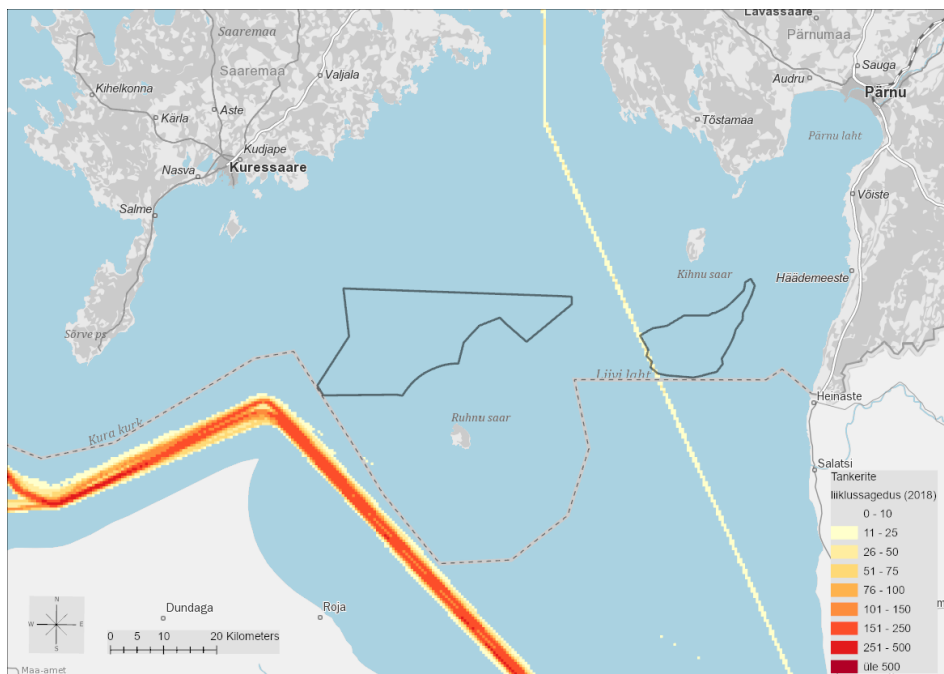
Joonis 15. Kaubalaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes

Osad kaubalaevad sõidavad läbi Väinamere Riia ja Skulte sadamasse, kuid nende liikumissagedus jääb vahemikku 11 kuni 25 korda aastas. Skulte sadamasse suunduv liikumistee kattub Liivi lahe tuuleenergia alaga, aga tuulepargi teostumisel, saavad need laevad kasutada lääne poole jäävat mereala.

Kaubalaevade liikumistee Väinamere ja Irbe väina vahel möödub tuuleenergeetika ala 1 loodenurgast, kuid tihedam sõidujälg jääb sellest nurgast üle 3 km kaugusele, seega otsene mõju puudub.

4.1.2 Tankerite liiklus Liivi lahes

Tankerid liiguvad Liivi lahes peamiselt piki Läti rannikut Riia sadama ja Irbe väina vahel (Joonis 16).



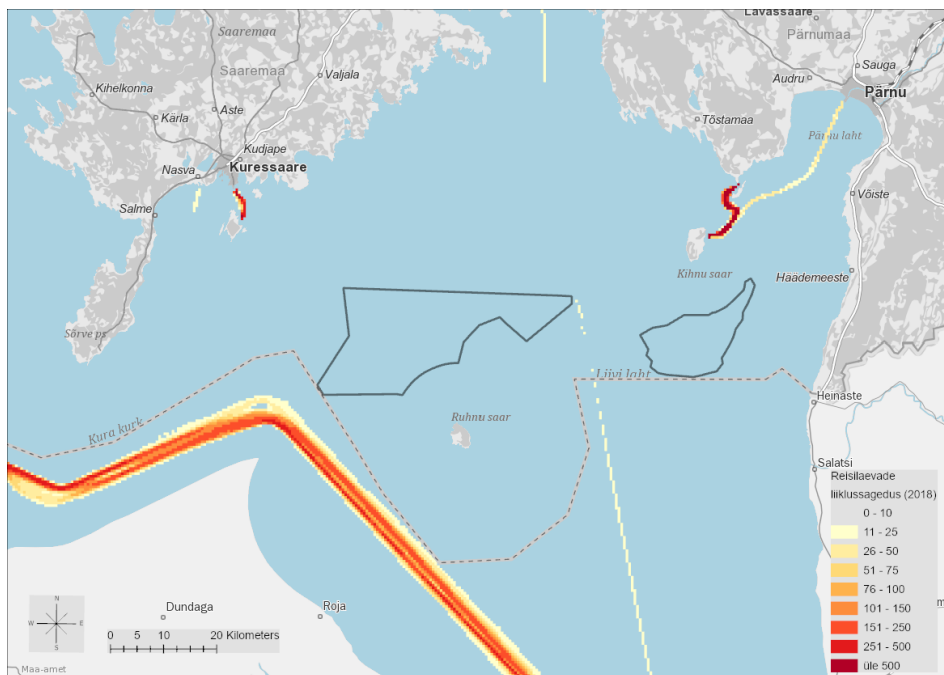
Joonis 16. Tankerite liiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes

Ligikaudu 20 korda on tankerid sõitnud läbi Väinamere Skulte sadamasse ning see liikumistee ületab Liivi lahe tuuleenergeetika ala lääneserva. Seda marsruuti kasutavad tankerid, saavad sarnaselt kaubalaevadele, tuulepargi teostumisel kasutada lääne poole jäävat mereala.

4.1.3 Reisilaevade liiklus Liivi lahes

Reisilaevade liiklus Liivi lahes on samuti valdavas osas piki Läti rannikut Riia sadama ja Irbe väina vahel (Joonis 17). Hõredat liikumist oli 2018. aastal näha ka Väinamere ja Riia sadama vahel.

Reisilaevade tiheduskaardilt on näha sagedas reisilaevade liiklus Eesti väikesaartele – Abruksale ja Kihnu. Need on regulaarsed ühendused liinidel: Roomassaare-Abruka, Munalaid-Kihnu ja Pärnu-Kihnu vahel. Joonis 17 puudub aga reisilaeva ühendustee Ruhnu saarega, sest liinilaev Runö on Eesti laevaregistris registreeritud reisikatamaraanina (Eesti laevaregister 2021) ning AIS-sõnumis on tüübiks inglise keeles *High Speed Craft*. Runö liikumisteed tulevad välja väike laevade ja huvilaevade AIS-andmetest.

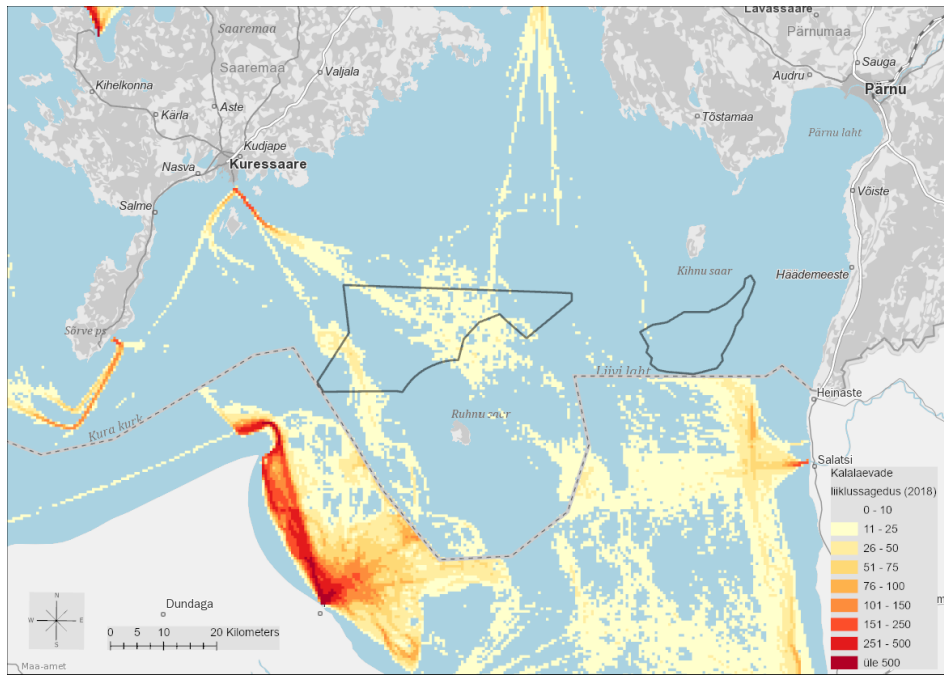


Joonis 17. Reisilaevaliiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes

Pärnu sadam rajas 2017. aastal uue kai, mis on mõeldud kruisilaevaliiklusteenindamiseks (Pärnu sadama 2021). Kuna 2018. aastal oli külastusi vähe, siis ei tule Pärnu sadamat külastanud reisilaevaliiklustiheduskaardilt esile. Eeldused reisilaevaliiklusteenindamiseks on aga sadamal olemas, seega tulevikus peab arvestama reisilaevaliiklustiheduse kasvuga suunal Pärnust Riiga, Irbe väina ja Väinamerre.

4.1.4 Kalalaevade liiklus Liivi lahes

Kalalaevade liiklust iseloomustab sadamast traalimispiirkonda liikumine ja kindlad traalimise alad (Joonis 18). Eesti sadamatest on Liivi lahes peamised traalilaevaliiklusteenindamiseks Roomassaare ja Mõntu. Kuna iga riigi laevastikul on lubatud kala püüda ainult oma riigi territoriaalmeres, siis on selgelt eristatavad Eesti ja Läti kalalaevastike püügipiirkonnad.

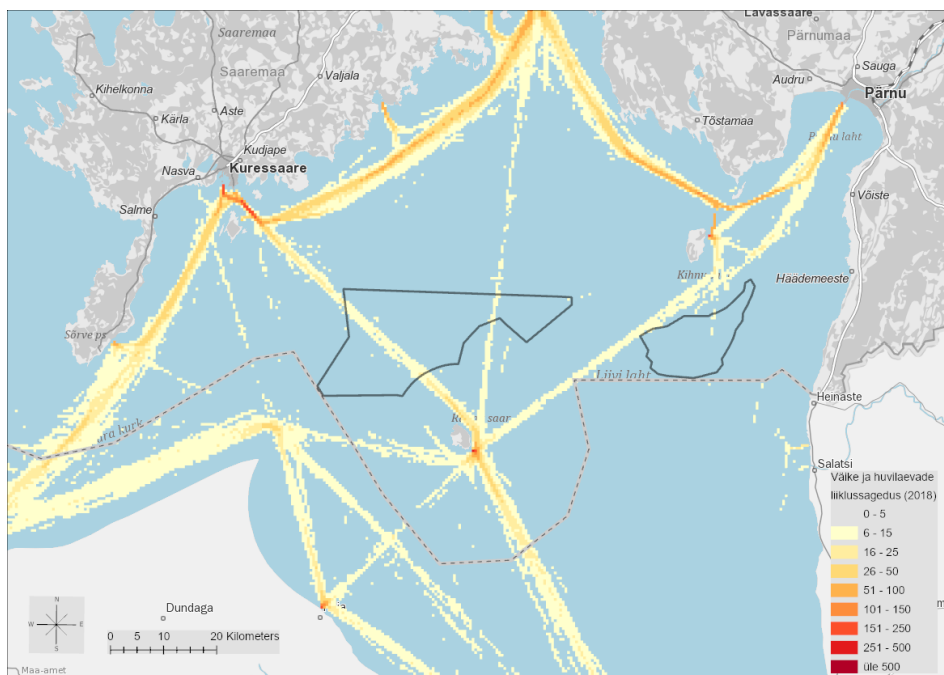


Joonis 18. Kalalaevaliiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes

Läti kalalaevaliiklustihedus on oma territoriaalmeres ning üle riigipiiri ei tule, seega kavandatavad tuulepargid neid ei mõjuta. Eesti vetes kattub tuuleenergeetika ala 1 edela osa ja keskelt traalimispiirkonnaga. Liivi lahe tuuleenergeetika ala kattub lääne servas väiksel määral traalimispiirkonnaga.

4.1.5 Väike laevade ja huvilaevaliiklus Liivi lahes

Väike laevade ja huvilaevaliikluses hoitakse ranniku lähedale ning Irbe väinast sisenedes on üldiselt suund lähimatesse sadamatesse, milleks Eestis on Mõntu, Kuressaare ja Roomassaare. Sealt edasi liigutakse piki Saaremaa lõunarannikut Väinamere poole. Ühtlasi toimub liiklus ka kirjeldatule vastupidises suunas. Palju liiklust on Väinamerest läbi Kihnu väina Pärnusse või siis vastupidi. Liivi lahe keskel olevat Ruhnu saart külastatakse aga igast ilmakaarest (Joonis 19).



Joonis 19. Väike laevade ja huvilaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes

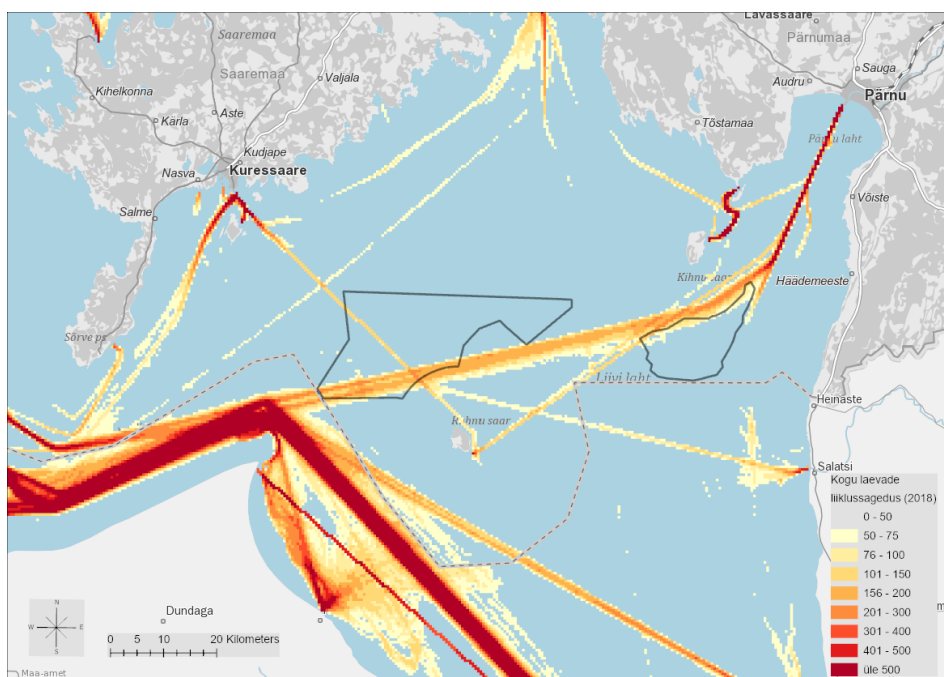
Tihedam on liiklus Ruhnu saarel asuvast Ringsu sadamast Roomassaare ja Riia suunal, aga ka Kihnu ja Pärnu suunal. Ringsu ja teiste Eesti sadamate vahel suurendab liiklustihedust eelpool nimetatud reisikatamaraan Runö, mis peab ühendust Roomassaare, Kihnu ja Pärnu sadamatega. Riia poolset tihedamat liiklust saab põhjendada lätlaste suure huviga Ruhnu saare vastu, näiteks 2018. aastal külastas Ringsu sadamat kokku 783 veesõidukit, millest 236 olid pärit Lätist (Väikesadamate külastusandmed 2021).

4.1.6 Kogu laevaliiklus Liivi lahes

Selleks, et kogu laevaliikluse puhul oleks tiheduskaart paremini loetav ei kuvata joonisel 20 väiksema liiklustihedusega andmeid, vaid alates liiklussageduse väärtusest 50.

Mõlemad tuuleenergeetika alad kattuvad Pärnu sadama ja Irbe väina vahelise laevaliiklusega (Joonis 20), kus 2018. aastal sõitis üle 800 laeva. Selle tee Pärnu poolses otsas laevaliiklus koondub navigatsiooniteabes avaldatud ja looduses tähistatud laevateel, sest Pärnu laht on madal. Pärnu lahest väljas, Kihnu saarest kagus, kasutavad laevad aga väga erinevaid kursse ja seal on sõidujoontest lai lehvik, mis kattub Liivi lahe tuuleenergeetika alaga. Edasi, Irbe väina poole, liiklus mingil määral koondub, aga laevade liikumistee laius jääb siiski ligikaudu 3500 meetriseks.

See liikumistee kattub terves laiuses tuuleenergeetika ala 1 lõuna osaga ja Ruhnu saarest loodes ühineb sellega veel Salatsi sadama ja Irbe väina vaheline liiklus.



Joonis 20. Kogu laevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika alad Liivi lahes

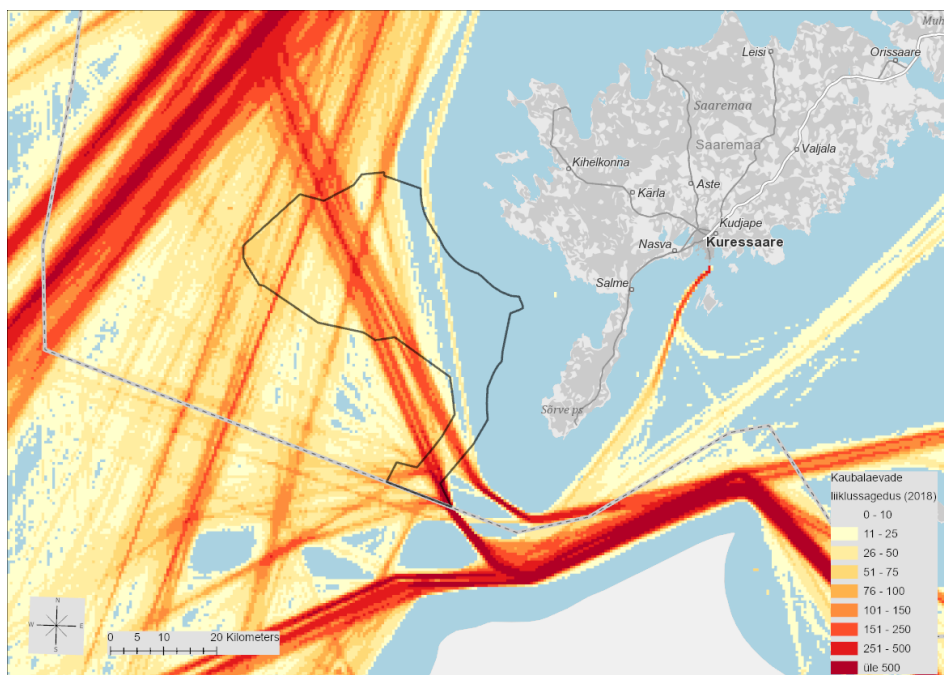
Tuuleenergeetika ala 1 läbib Ruhnu saare ja Saaremaa vaheline ühendustee, mida mööda sõidab peamiselt reisikatomaraan Runö, aga ka teised väike laevad ja huvilaevad. Kuna seda liikumisteed kasutavate laevade arv jääb alla 500 ning töös kasutatav meetodika ei anna väike laevade puhul päris õiget tulemit, siis käesolevas töös seda ei käsitleta.

4.2 Laevaliiklus Saaremaa läänerannikul

Saaremaa lääneranniku laevaliiklus on kõige tihedamalt koondunud IMO poolt kehtestatud süvalaevateele (*deep water route*), mis on üks liikluskorraldamise vahend Läänemere keskosa ja Soome lahe laevaliikluse suunamise süsteemist (IMO 2017). Süvalaevatee jääb Saaremaa rannikust ca 45 km läände, seda teed läbib aastas tuhandeid laevu. Tuuleenergeetika ala 2 jääb süvalaevatee ja Saaremaa vahele. Laevaliikluse suunamise süsteemi kasutavatele laevadele lisaks eelistavad paljud laevad sõita selle kõrvale jääval merealal.

4.2.1 Kaubalaevade liiklus Saaremaa läänerrannikul

Kaubalaevade liikumisteed läbivad peaaegu tervet tuuleenergeetika ala, välja arvatud idapoolne külg. Kõige suurema kaubalaevade liiklustihedusega tee läbib loode-kagu-suunas diagonaalis läbi tuuleenergeetika ala (Joonis 21). Selle liiklusvoo üheks oluliseks siht- või lähtesadamaks on Pärnu. Kaubalaevad liiguvad Pärnu sadama ja Botnia lahes asuvate Rootsi sadamate Karskäri, Skutskäri, Iggesundi, Husumi vahel. Nende Rootsi sadamatega on ühenduses ka Läti sadamad Riia, Salatsi ja Mersrags, mille liiklus kasutab sama teed läbi tuuleenergeetika ala. Seda koridori kasutatakse ka näiteks Soome Uusikaupunki sadama ning Roomassaare ja Mersragsi sadama vahel sõitmisel. Kokkuvõtvalt saab väita, et see on oluline liikumistee Liivi lahe sadamate ja Botnia lahe sadamate vahel. Samuti kasutavad seda koridori Liivi lahe sadamate ja Soome lahe sadamate (Muuga, Peterburi, Hamina, Loviisa jne) vahel liikuvad kaubalaevad.

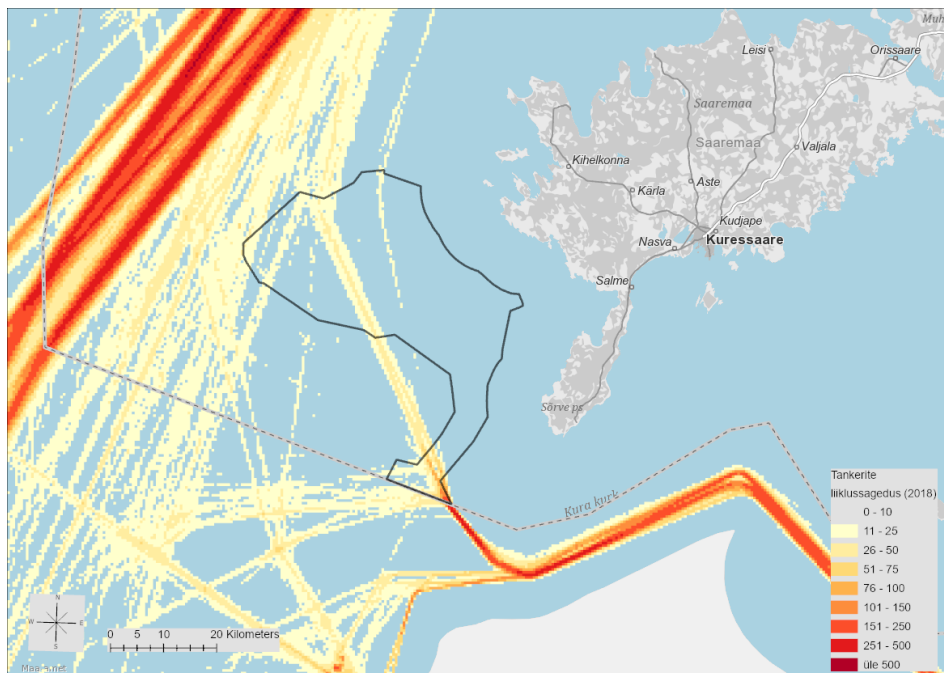


Joonis 21. Kaubalaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika ala Saaremaa läänerrannikul

Tuuleenergeetika ala läbivad kaks paralleelset põhjakirre-lõunaedela-suunalist selgemalt eristatavat liikumisteed. Need on Läänemere lõunapoolsete sadamate ja Soome lahe äärsete sadamate vahele sõitvate laevade liikumisteed.

4.2.2 Tankerite liiklus Saaremaa läänerrannikul

Tankerite liiklust iseloomustab selge kagu-loode-suunalise sõidujäljega läbi tuuleenergeetika ala Riia sadama ning Soome (Porvoo, Hamina, Kilpilahi), Eesti (Muuga) ja Venemaa (Peterburi, Ust-Luuga) sadamate vaheline liiklus (Joonis 22).

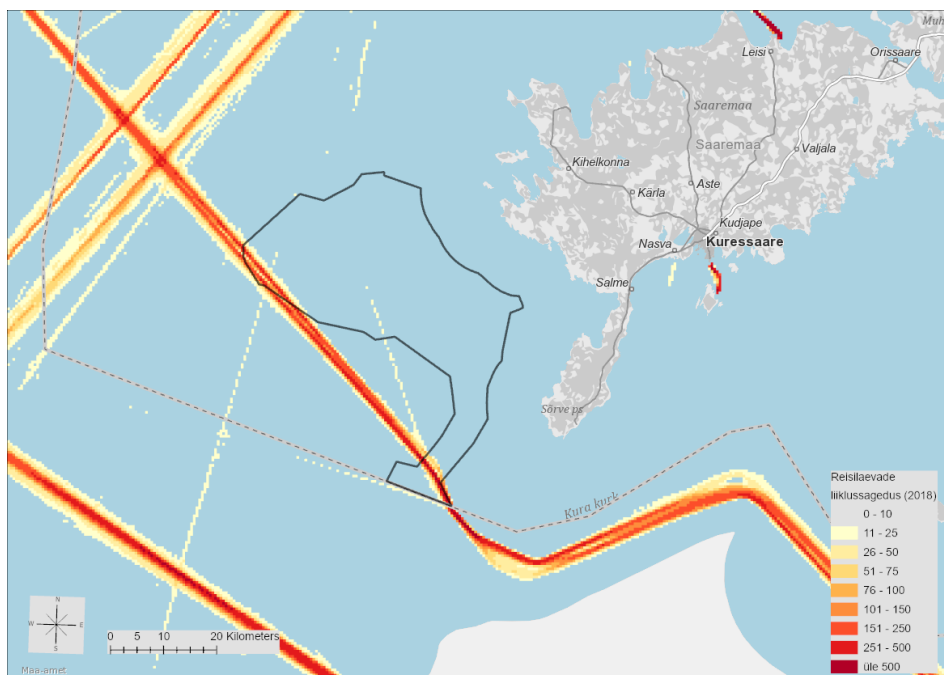


Joonis 22. Tankerite liiklustihedus ja tuuleenergia ala Saaremaa läänerrannikul

Lisaks on tihe tankerite liiklus Läänemere lõunapoolsete sadamate ja Soome lahe äärde jäävate sadamate vahel. Tankerite liikumisteed moodustavad süvalaevatee ja tuuleenergeetika ala vahele laia lehviku, mille idapoolsemad jooned läbivad tuuleenergeetika ala.

4.2.3 Reisilaevade liiklus Saaremaa läänerrannikul

Reisilaevade liiklust iseloomustab kindel marsruut Riia ja Stockholmi vahel, mis läbib tuuleenergeetika alaga lõuna poolses osas ja löikab ala läänepoolset serva (Joonis 23). Hõredam ja hajusam on kruisilaevade liiklus Riia ning Tallinna ja Helsingi vahel, mille liikumistee kattub tuuleenergeetika alaga lõuna poolses otsas ning ühtib eelmistes alapeatükkides kirjeldatud kaubalaevade ja tankerite teega diagonaalis läbi ala.

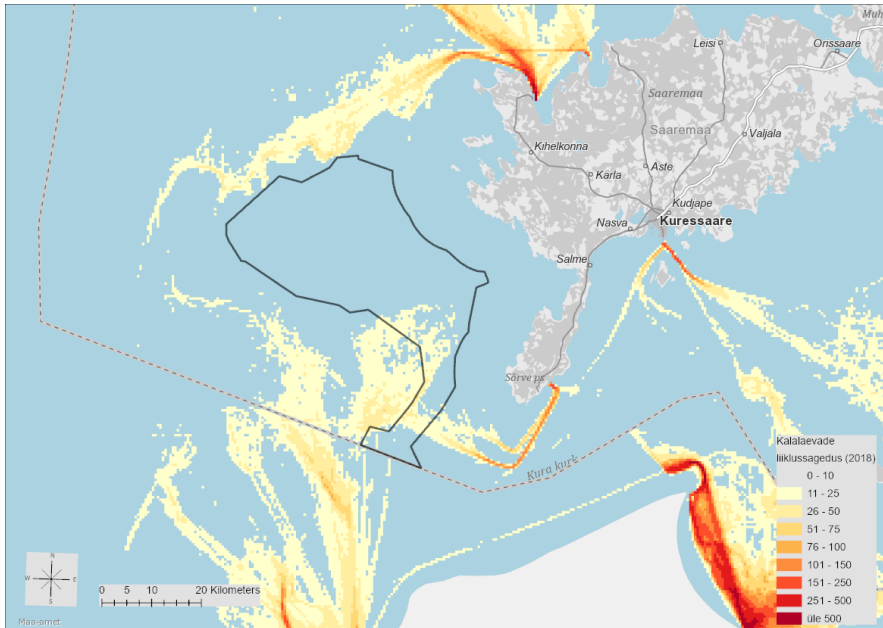


Joonis 23. Reisilaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika ala Saaremaa läänerannikul

Kergelt eristatav on ka liikumistee põhjakirre-lõunaedela-suunaline, mis lõikab tuuleenergeetika ala läänepoolset osa. Need on kruisilaevad, mis ei tule Riia sadamast, vaid mõnest lõunapoolsemast Läänemere sadamast, näiteks Ventspilsist (Tallinnasse), Baltiiskist (Ust-Lugasse), Klaipedast (Tallinnasse).

4.2.4 Kalalaevade liiklus Saaremaa läänerannikul

Kalalaevade liikumine kattub tuuleenergeetika alaga lõunapoolses osas, kus liigutakse Mõntu ja Roomassaare sadamast läbi Irbe väina püügi alale (Joonis 24). Enamus lõunapoolsest traalimisalast jääb küll väljapoole tuuleenergeetika ala, kuid siiski on kattumist üsna suurel määral.

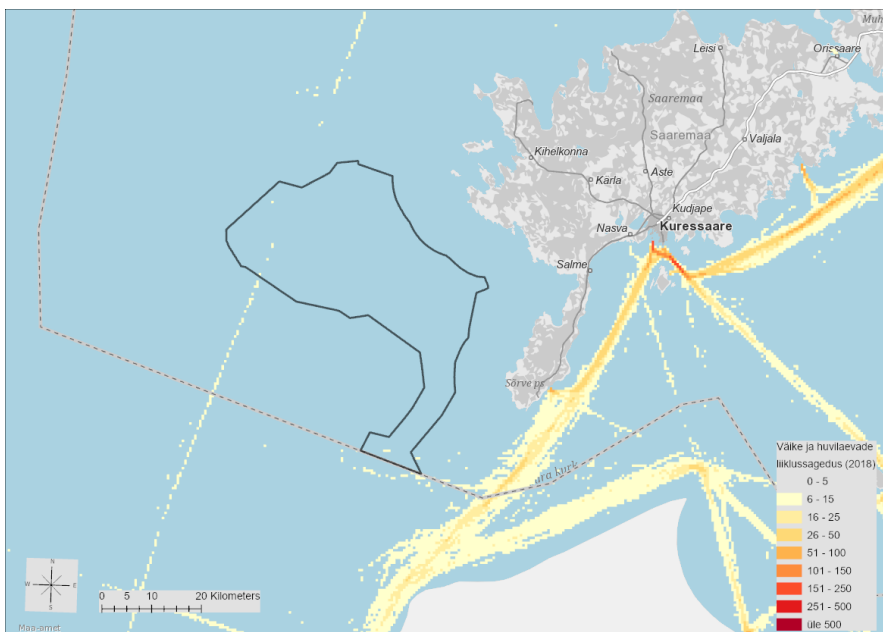


Joonis 24. Kalalaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika ala Saaremaa läänerannikul

Tihedamaid traalimise jälgi on näha tuuleenergeetika alast põhja pool, kuhu saabutakse peamiselt Veere sadamast, kuid püügiala ja tuuleenergeetika ala omavahelist kattumist seal siiski ei ole.

4.2.5 Väike laevade ja huvilaevade liiklus Saaremaa läänerannikul

Vaadeldavas alas ei ole peaaegu üldse AIS-andmetega tuvastatavat kindla marsruudiga väike laevade ja huvilaevade liiklust (Joonis 25).



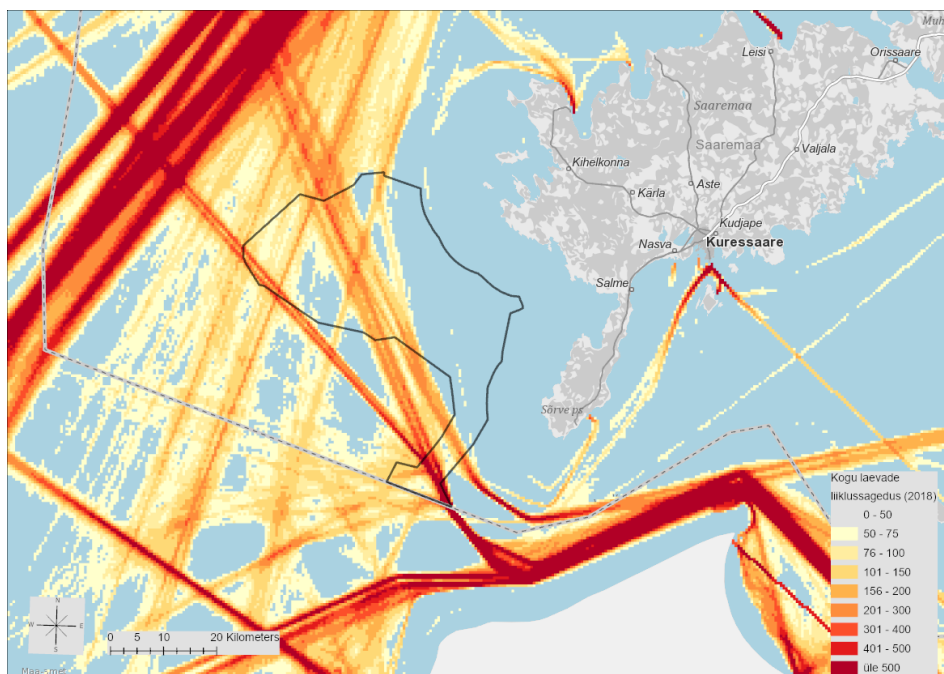
Joonis 25. Väike ja huvilaevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika ala Saaremaa läänerannikul

See ei tähenda, et seal ei oleks üldse väike laevade ja huvilaevade liiklust, vaid nende liikumisteed on väga erinevad ning seega ei jäta tiheduskaardile tuvastatavat sõidujälge. 2018. aastal läbis tuuleenergeetika ala 49 huvilaeva, mis kasutasid AIS-seadmeid. Esindatud olid kõik Läänemere äärsete riikide alused ning lisaks oli ka Suurbritannia, Hollandi ja Marshalli Saarte lipu alla sõitvaid aluseid.

4.2.6 Kogu laevaliiklus Saaremaa läänerrannikul

Tuuleenergeetika ala 2 on praegu peaaegu täielikult laevaliikluse poolt hõivatud, välja arvatud idapoolne osa, sest Saaremaa rannikust ulatuvad mitmed madalikud kaugemale avamerel (kirjeldus peatükis 1.3) ning laevad hoiavad nendest eemale. Selleks, et kogu laevaliikluse puhul oleks tiheduskaart paremini loetav, ei kuvata joonisel 26 väiksema liiklustihedusega andmeid, vaid alates liiklussagedus väärtusest 50.

Kõige tihedama laevaliiklusega on tuuleenergeetika ala lõunapoolne osa, mida läbis 2018. aastal üle 4500 laeva. Laevaliiklus koondub seal Irbe väina madalate vahel ja eemal hargneb erinevates suundades.



Joonis 26. Kogu laevade liiklustihedus ja tuuleenergeetika ala Saaremaa läänerrannikul

Diagonaalis läbi ala sõitvad kaubalaevad, tankerid ja reisilaevad moodustavad ligikaudu 9 km laiuse liikumistee, mida 2018. aastal kasutas üle 2400 laeva.

Tuuleenergeetika ala lääneserv kattub selgelt eristuva liikumisteedega, sest sellel marsruudil toimub Riia ja Stockholmi vaheline reisilaeva ühendus. Samas kasutasid seda teed ka vähesed kaubalaevad ning 2018. aastal läbis sealt ala üle 600 laeva.

5 Tulemused ja ettepanekud

AIS-andmetest koostatud liiklustiheduskaartidest sai ülevaate laevade liikumismustritest ning sagedamini kasutatavatest liikumisteedest. Käesolevas töös on lähtutakse liikumisteele sõiduraja ja ohutusala määramisel liiklussagedusest alates 500-st laevast aastas, sest BalticLINes projektis leiti, et selline väärus hõlmas peaaegu kõiki olulisi teid. Põhimõtteliselt võib selle väitega nõustuda ka käesoleva töö juures, välja arvatud Ruhnu saarega ühendustee puhul, kus laevade sõidujoonte arv jäi tunduvalt alla 500.

Kõikidel töös käsitletud laevade liikumisteedel jääb liiklustihedus alla 4400 laeva aastas, seega kasutatakse valemis sõiduraja arvutamisel nelja laevapikkust (vt Tabel 3). Kui vaadelda tuuleenergeetika ala 2 lõuna osa tervikuna, siis seda läbib aastas üle 4400 laeva, sest sinna koondub mitmest suunast tulev laevaliiklus.

Valemis kasutatavad laevade pikkused on saadud AIS-andmetest ning välistatud on ekstreemsemad juhtumid, mis tavaolukorras konkreetset teed ei kasutaks.

5.1 Liivi lahe tuuleenergeetika ala ja laevaliikluse koostoime

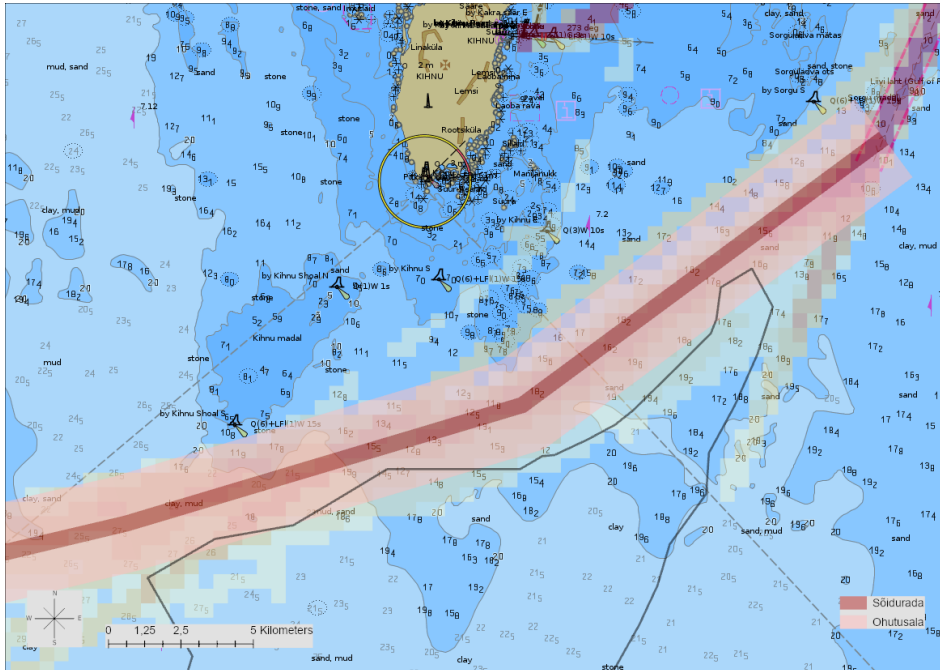
Liivi lahe tuuleenergeetika alasse tuulepargi kavandamisel tuleb eelkõige arvestada Pärnu sadama laevaliiklusega (JJoonis 20), sest see moodustab piirkonna suurima liiklustiheduse ja seal võetakse vastu suurimate mõõtmetega laevasid. Pärnu sadam teenindab laevasid, mille suurimad mõõtmeid võivad olla: pikkus 140 m, laius 25 m ja süvis 6,8 m (Tabel 2). Laevaliiklusele vajaliku ohutu ala määramisel tuleb arvestada laevade mõõtmetega ja meresügavuseteiga piirkonnas. Kihnu saarest lõuna suunas on kuni 7 km kaugusel sügavused alla 10 meetri ja veel kaugemale edelasse jääb Kihnu madal (minimaalse sügavusega 2,3 m). Liivi lahe tuuleenergeetika alasse tuulepargi rajamisel koonduks laevaliiklus eelpool nimetatud madalike ja tuulepargi vahele, seega on eriti oluline planeerida sinna laevaliiklusele piisava laiusega ala.

Arvestades Pärnu sadama suurima laeva mõõtmed ja analüüsides AIS-andmeid võeti pikimaks laevaks 140 meetrit (vt Lisa 3).

Laevaliiklusele vajaliku ala laius (W) arvutatakse järgnevalt:

$$W = 4 \cdot 140 + 2 (555 + (6 \cdot 140)) = 560 + 2 \cdot 1395 = 3350 \text{ m}$$

Seega laevade sõiduraja laius (W_s) on 560 m, sellele lisandub mõlemale poole ohutusala ($W_r + W_c$) 1395 m (Joonis 27). Nendele lisaks peab tuulikute laevatee poole jääma rajatise enda ohutusvöönd 500 meetrit.



Joonis 27. Laevaliiklusele vajalik ala ja Liivi lahe tuuleenergeetika ala

Arvutuse tulemusena saadud laevaliiklusele vajaliku ala analüüsi koos Liivi lahe tuuleenergeetika alaga GIS tarkvaraga. Sõiduraja asukoha määramisel arvestati meresügavusetega ja praegu väljakujunenud liikumisteedega. Nagu peatükis 4.1.6 kirjeldati, kasutavad laevad praegu seal väga erinevaid kursse ja sõidujoontest on moodustunud lai lehvik, mis kattub Liivi lahe tuuleenergeetika alaga. Tuulepargi rajamisel koondub senine laevaliiklus kitsamale alale, mille tõttu on vaja rakendada laevaliiklust suunavaid vahendeid.

Laevaliiklusele vajaliku ala analüüsi koos tuuleenergeetika alaga ning tulemuseks saadi, et nende alade kattuvus on $4,78 \text{ km}^2$ osas (Joonis 26), mis moodustab tuuleenergeetika alast 2,6%. Tuulikute projekteerimisel tuleb arvestada, nii laevaliikluse ohutusalaga, kui ka rajatise enda ohutusvööndiga.

5.2 Tuuleenergeetika ala 1 ja laevaliikluse koostoime

Peatükis 4.1.6 on kirjeldatud, millised liikumisteed läbivad tuuleenergeetika ala 1, nendeks on Pärnu sadama ja Irbe väina vaheline laevaliiklus, Ringsu sadama ja Roomassaare sadama vaheline ühendustee ning Läti Salatsi sadama ja Irbe väina vaheline liiklus. Seega on tuuleenergeetika alal kattuvus laevaliiklusega mitmest suunast (Joonis 20).

Peamiselt Pärnu sadama ja Salatsi sadama ning vähesel määral ka mõnede teiste Läti sadamate liiklus Irbe väina poole koondub üheks Ruhnu saarest põhja pool ning sealt edasi jätkub ühine liikumistee Irbe teljepoi nr 8 poole. See liikumistee kattub tuuleenergeetika ala lõunapoolse osaga. Kuna tuuleenergeetika ala määramisel on lõuna poolt lähtunud üksnes kaugusest Ruhnu saarest (6 meremiili ehk 11,1 km), siis moodustab ala seal kaarja kuju. Sellistes piirides täide viidav tuulepargi ala suunaks eelpool kirjeldatud laevaliikluse lõuna poole ehk lähemale Ruhnu saarele. Võttes aga arvesse, et Ruhnu saarest 6 km kaugusele põhja poole ulatub madal, mille sügavused on alla 10 m, siis laevaliiklusele seal ruumi ei jääks.

AIS-andmetele tuginedes on laevaliiklusele vajaliku ala arvutamiseks võetud laev mõõtmetega: pikkus 155 m, laius 25 m ja süvis 8,0 m (vt Lisa 4) ning arvestatud ei ole üksikute erandlike pikemate laevadega, mis on piirkonda erandkorras läbinud.

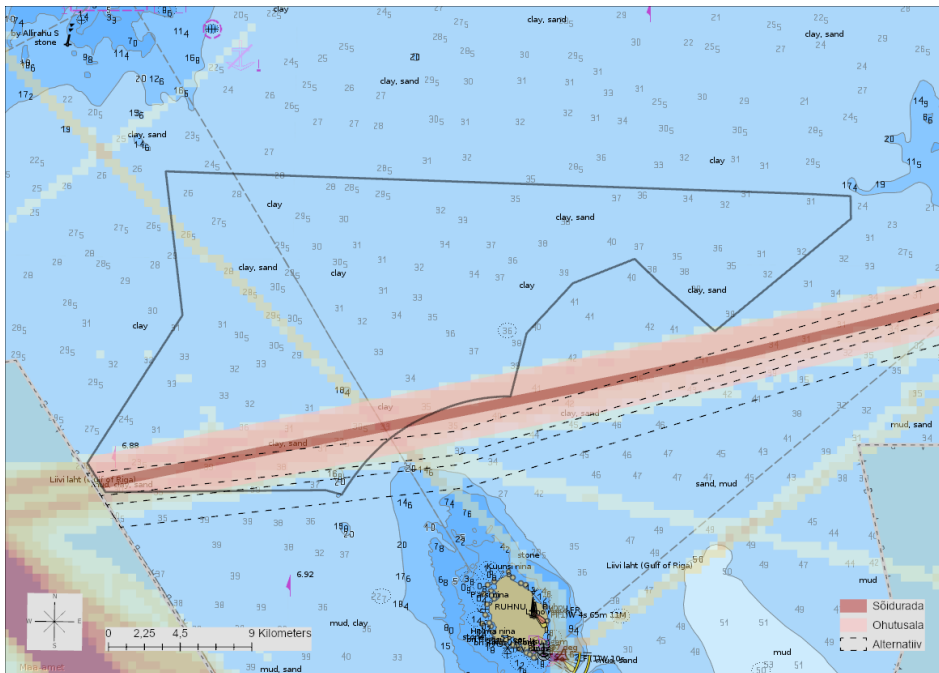
Laevaliiklusele vajaliku ala laius (W) arvutatakse järgnevalt:

$$W = 4 \cdot 155 + 2(555 + (6 \cdot 155)) = 620 + 2 \cdot 1485 = 3590 \text{ m}$$

Seega laevade sõiduraja laius (W_s) on 620 m, sellele lisandub mõlemale poole ohutusvaru ($W_r + W_c$) 1485 m (Joonis 28). Nendele lisaks peab tuulikuteest laevatee poole jääma rajatise enda ohutusvöönd 500 meetrit.

Arvutuse tulemusena saadud laevaliiklusele vajalikku ala analüüsi koos tuuleenergeetika alaga ning sõiduraja asukoha määramisel arvestati meresügavusetega ja praegu väljakujunenud liiklustriga. Tuulepargi rajamisel koondub senine ligikaudu 3500 m laiust ala kasutatav laevaliiklus kitsamale alale, mille tõttu on vaja rakendada laevaliiklust suunavaid vahendeid.

Lähtudes IMO laevaliikluse suunamise üldsätete soovitusel, peaksid sõidurajad arvestama seniste liiklustritega ja kursi muudatusi peaks olema võimalikult vähe, siis on laevaliikluse seisukohast esimene eelistus jätta laevadele seni kasutatav liikumistee. Tuuleenergeetika ala 1 erineb Liivi lahe tuuleenergeetika alast selle poolest, et siin on vajadusel võimalik praegust laevaliiklust natuke lõuna poole suunata selliselt, et tagatud oleks meresõiduohutus ning ümbersuunamise mõju teekonna pikkusele oleks kõigest 250 meetrit (Joonis 28).



Joonis 28. Laevaliiklusele vajaliku ala laius, alternatiivne sõidurada ja tuuleenergeetika ala 1

Laevaliikluse sõiduraja ja ohutusala koos tuuleenergeetika alaga analüüsi tulemuseks saadi, et nende alade kattuvus on 74,55 km² osas, mis moodustab tuuleenergeetika alast 13,9%. Alternatiivse sõiduraja puhul oleks alade kattuvus 35,67 km², mis moodustab tuuleenergeetika alast 6,7%. Tuulikute projekteerimisel tuleb arvestada, nii laevaliikluse ohutusala, kui ka rajatise enda ohutusvööndiga.

Peatükis 4.1.6 oli põhjendatud, miks selles töös Roomassaare-Ringsu liikumisteed ei käsitleta, aga tuuleparkide edasistes menetlustes ja projekteerimise etapis tuleb arvestada minimaalsete ohutuskauguste nõuetega (vt Lisa 1), et oleks tagatud ohutu laius sõidurada reisikatamaraanile Runö ning teistele väikelaevadele.

5.3 Tuuleenergeetika ala 2 ja laevaliikluse koostoime

Nagu peatükis 4.2.6 kirjeldati kattub tuuleenergeetika ala 2 paljude ja erinevatest suundadest liikumisteedega ning laevaliikluse tiheduskaardil (Joonis 26) joonistuvad välja tihedamalt kasutatavad alad. Üheks tihedamini kasutatavaks alaks on Riia – Stockholmi marsruut parvlaevade poolt, teiseks on mitmest liikumisteedest koosnev lai ala diagonaalis loode-kagu-suunas läbi tuuleenergeetika ala, mida kasutavad kaubalaevad, tankerid ja suured reisilaevad ning kolmandaks väga tiheda liiklusega lõuna osa.

Riia – Stockholmi liikumisteedel on peamised liiklejad liinireise tegevad parvlaevad Romantika (pikkus 193 m) ja Isabella (pikkus 171 m). Sama teed kasutavad mitmed kaubalaevad, kuid nende pikkus on reisilaevadest lühemad.

Seega kasutatakse valemis parvlaeva Romantika pikkust (193 m) ning laevaliiklusele vajaliku ala laius (W) arvutatakse järgnevalt:

$$W = 4 \cdot 193 + 2(555 + (6 \cdot 193)) = 772 + 2 \cdot 1713 = 4198 \text{ m}$$

Laevade sõiduraja laius (W_s) on 772 m, sellele lisandub mõlemale poole ohutusvaru ($W_r + W_c$) 1713 m. Parvlaevade liikumisteed täpsemalt analüüsid selgus, et see koosneb kahest kimbust sõidujoontest (Joonis 29), millest põhjapoolsemat teed mööda sõidetakse Stockholmi poole ja lõunapoolsemat teed mööda Riia poole ning keskele jääb vähem kasutatav ala. Seega on sõidurajad määratud reaalseste sõidujälgede järgi ning ühe raja laiuseks on võetud kaks laevapikkust, sest sõidusuunad on üksteisest eraldatud. Tulevikus võiks kaaluda seal laevaliikluse korralduse vahendite kehtestamist, mis koosneks kahest sõidurajast, mille vahele jääb eraldusala või –joon.



Joonis 29. Riia – Stockholmi vahelise parvlaevade sõidujooned

Riia – Stockholmi liini sõidurajad ja ohutusala kattuvad tuuleenergeetika alaga 45,78 km² ulatuses, mis moodustab kogu ala pindalast 3,6% (Joonis 30).

Loode-kagu-suunaga tuuleenergeetika ala läbivaid liikumisteid kasutavad ligikaudu 2500 laeva aastas, liiklemiseks Liivi lahe sadamate (peamiselt Riia ja Pärnu) ja Läänemere põhjaossa jäävate sadamate vahel. Suurimad laevad, mis seda teed kasutavad on Riia ja Tallinna või Helsingi vahel liikuvad kruisilaevad, mille pikkus on 294 m (vt Lisa 5). Suurimad kaubalaevad ja tankerid on AIS andmetel 260 – 250 m pikad.

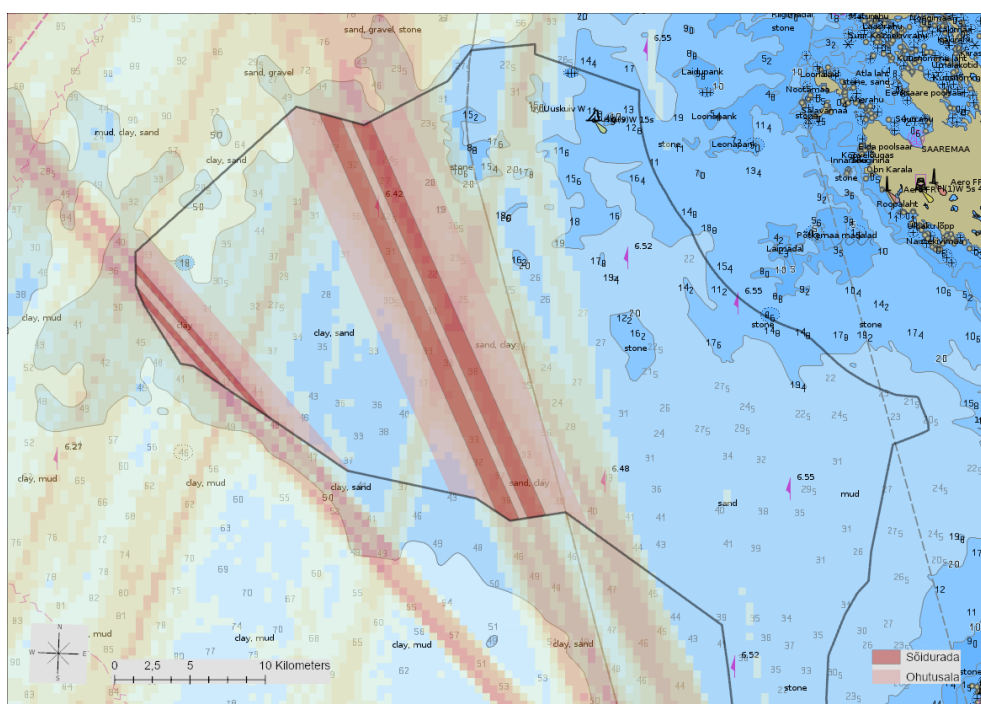
Valemis kasutatakse pikimate kruisilaevade pikkust (294 m) ning laevaliiklusele vajaliku ala laius (W) arvutatakse järgnevalt:

$$W = 4 \cdot 294 + 2 (555 + (6 \cdot 294)) = 1176 + 2 \cdot 2319 = 5814 \text{ m}$$

Arvutuse tulemusena on laevade sõiduraja laius (W_s) on 1176 m, sellele lisandub mõlemale poole ohutusvaru (W_r + W_c) 2319 m.

Kuna praegu sõidetakse alast läbi väga erinevatel kurssidel, siis ühte kõigile sobilikku koridori paika panna on üsna keeruline. Arvesse tuleb võtta ka seda, et kuni tuuleparkide rajamiseni, kasutavad laevad ikkagi ala selliselt, kuidas on neile kõige optimaalsem. Kui hakatakse tuuleparke rajama, siis laevaliiklus koondub ning see tähendab, et kitsamal ala muutub liiklus tihedamaks.

Arvestusega, et tulevikus rajatakse laevateest kahele poole tuulepargid ning praegu laia veela kasutatav laevaliiklus koondub ühte koridori, siis ohutuse tagamiseks on vaja seal liikluskorraldussüsteemi kehtestamine. Vastassuunaliste liiklusvoogude eraldamiseks tuleb kehtestada eraldusala ning sellest kahele poole ühesuunaline sõidurada. Laevaliiklusele vajaliku ala määramisel on arvestatud kõige rohkem kasutatavate liikumisteedega ja eelpool nimetatud liikluskorraldusvahendite kehtestamisega. Selle tulemusena koosneb arvestuslik ala kahest sõidurajast laiusega 1176 m, mille vahele jääb eraldusala laiusega 556 m (Joonis 30).

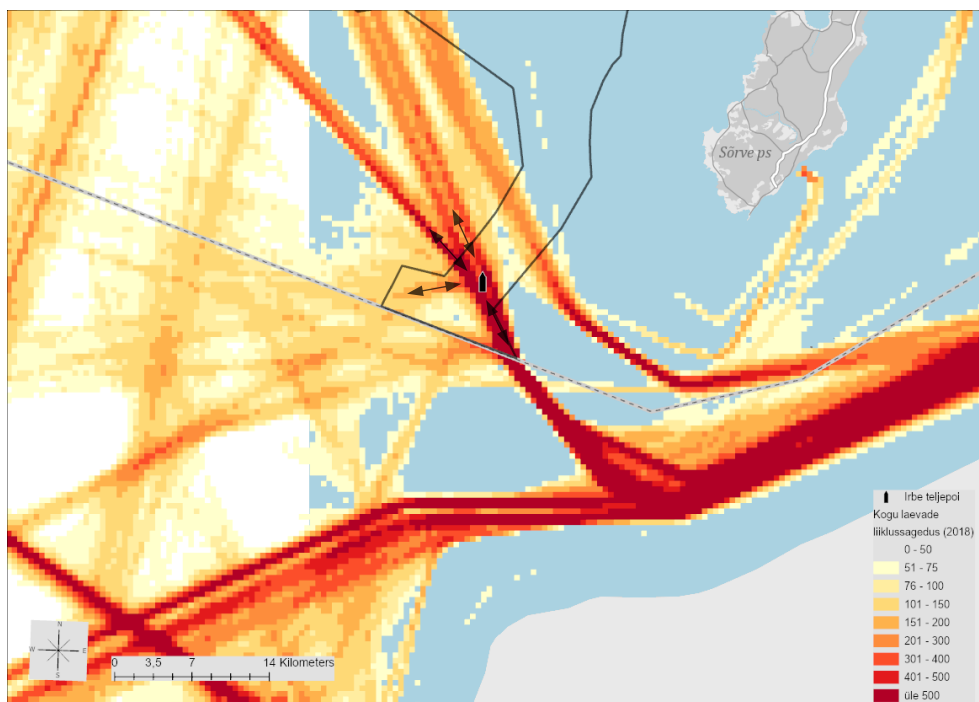


Joonis 30. Laevaliiklusele vajalik ala ja tuuleenergeetika ala 2

Kirjeldatud sõidurajad ja ohutusala kattuvad tuuleenergeetika alaga 217,29 km² ulatuses, mis moodustab kogu ala pindalast 17%.

Tuuleenergeetika ala 2 lõunapoolne ots kattub Irbe väin laevateega, mida kasutavad laevad süvisega kuni 15 meetrit (vt Riia sadama suurima laeva mõõtmed on toodud pt 2.3.2), sest see on nii suure süvisega laevadele Riia sadama külastamiseks ainuvõimalik tee madalas Irbe väinas. Selle laevatee liikluskorraldussüsteemi peamised vahendid jäävad Läti vetesse, kus on vastavalt tähistatud laevatee ala ja näidatud soovitatavad sõidusuunad. Eesti vetes asub selle süsteemi osana Irbe teljepoi nr 1. Läti vetes laevade liikumisteed koonduvad, sest kahele poole laevateest jäävad

mitmed madalad, mille sügavus on alla 10 meetri (Läti Mereadministratsioon 2009). Irbe teljepoi nr 1 juurest aga laevade liikumisteed lahknevad lääne, loode ja põhja suunas (Joonis 31).



Joonis 31. Irbe teljepoi nr 1 ja hargnev laevaliiklus

Tuuleenergeetika ala lõuna osa keskel asuv Irbe teljepoi nr 1 on oluline orientiir liiklemisel läbi Irbe väina ning sealt hargneb laevaliilus mitmes suunas, siis tuulepargi rajamine sinna ei ole meresõiduohutuse seisukohalt võimalik kavandada.

Läti vetesse jäävast liikluskorraldussüsteemist põhjapool Eesti vetes on veel üks madalike vahelt kulgev liikumistee, mida kasutavad madalama süvisega laevad. Pärast madalaid suundub selle tihedam liiklusvoog loode suunas, kuid liikluskorraldusvahenditega saab vajadusel seda laevaliiklust suunata Irbe väina teljepoi nr 1 poole, et jätta ruumi tuulepargi rajamiseks. Koos eelnevalt kirjeldatud diagonaalis läbiva sõiduradadega peaksid need moodustama ühtesse tervikliku liikluskorraldussüsteemi.

Võttes arvesse eelpool kirjeldatut, siis tuleb kogu tuuleenergeetika ala 2 lõunapoolne ots 76,56 km² suurusel alal, tunnistada meresõiduohutuse seisukohast tuulepargi rajamiseks sobimatuks.

Tuuleenergeetika ala 2 ja laevaliiklus kattuvad väga suurel alal ning arvestades vajalike ohutusalasid, siis teeb see kokku 339,63 km², mis moodustab kogu kavandatava ala pindalast 26,5%.

Kokkuvõte

Töös olid vaatluse all kolm Eesti vetesse kavandatavat tuuleenergeetika arendusala, millest kaks asuvad Liivi lahes, üks Kihnu saarest lõunas ja teine Ruhnu saarest põhjas, ning kolmas Läänemeres Saaremaa läänerannikul. Töö eesmärgiks oli analüüsida nimetatud alade ja laevaliikluse vahel tekkida võivaid ruumilisi konflikte. Laevaliikluse väljakujunenud mustrid tuvastati Esri tarkvaraga ArcGIS Pro, millega töödeldi AIS-andmeid ja koostati liiklustiheduse kaardid. Üldiselt saab töö tulemusena välja tuua, et tuuleenergeetika arendusalad kattuvad suures osas praegu laevaliikluseks kasutatavate aladega. Seetõttu tuvastati tihedama laevaliiklusega alad ning määrati sealse laevaliikluse jaoks vajalik sõiduraja ja selle äärde jäävate ohutusala laius.

Laevaliiklusele vajalikud sõidurajad määrati nendele liikumisteedele, kus aastas liigub üle 500 laeva. AIS-andmetest saadi teada liiklustihedus ja teed kasutatavate laevade mõõtmed, millest omakorda sõltus sõiduradade laius.

Sõiduradade kõrvale määrati ohutusala, mida laevad tavaliselt liiklemiseks ei kasuta, kuid mida võidakse kasutada hädaolukorras kokkupõrke vältimiseks vajalike manöövrite tegemiseks. Ohutusala koosneb kahest alast, millest esimene on ennetav manööver laeva kursi muutmiseks, et õnnetust ära hoida. Teine on täispööre tagasi, mis tehakse siis, kui eelnev kursi muutmine ei ole õnnetuse ärahoidmiseks piisav või ka näiteks siis, kui on vaja teha „mees üle parda“ operatsiooni.

Tuuleenergeetika arendusalasid ja laevaliiklusele vajalikke alasid analüüsiti samuti Esri tarkvaraga ArcGIS Pro, moodustades vastavad kaardikihid ja tuvastades nende kattuvad osad. Analüüsimisel arvestati piirkonnas sõitvate laevade suurima süvisega ja liikumist piiravate meresügavustega.

Liivi lahe tuuleenergeetika arendusala läbib praegu peamiselt Pärnu sadama ja Irbe väina vaheline laevaliiklus, kus 2018. aastal sõitis üle 800 laeva. Arendusalasse tuulepargi rajamisel suunatakse laevaliiklus Kihnu saare ja tuulikute vahelisele senisest kitsamale alale. Sõiduraja asukoha määramisel arvestati meresügavustega piirkonnas, sest Kihnu saarest lõunasse jäävad ohtlikud madalad. Kuna laevaliiklust piiravad seal ühelt poolt mainitud madalad ja teiselt poolt tuulikud, siis on seal eriti oluline planeerida laevadele piisava laiusega ala. Sõidurada ja ohutusala kattub Liivi lahe tuuleenergeetika arendusalaga 4,78 km² osas, mis moodustab tuuleenergeetika alast 2,6%.

Tuuleenergeetika arendusala 1 läbib samuti eelpool nimetatud Pärnu sadama ja Irbe väina vaheline laevaliiklus, aga sellele lisandub veel mõnede Läti sadamate ja Irbe väina vaheline liiklus ning Saaremaa ja Ruhnu vaheline liiklus. Arendusalasse tuulepargi rajamisel ilma laevaliiklusega arvestamata koonduks laevaliiklus Ruhnu saare ja tuulikute vahelisele alale. Sõiduraja asukoha määramisel arvestati meresügavustega piirkonnas – Ruhnu saarest ulatub 6 km kaugusele põhja poole all 10 m sügavustega madal. Selle ala puhul vaadeldi kahte alternatiivi, millest laevaliikluse seisukohast eelistatum on jätta laevadele seni kasutatav liikumistee ning teine variant on suunata laevaliiklust lõuna poole. Esimese variandi puhul on sõiduraja ja ohutusala kattuvus tuuleenergeetika arendusalaga 74,55 km² ja teise puhul 35,67 km², mis moodustab tuuleenergeetika alast vastavalt 13,9% ja 6,7%. Tuuleenergeetika arendusala loode-kaugu-suunas läbiva Roomassaare-Ringsu laeva liikumisteed töös ei käsitletud, aga tuuleparkide edasistes menetlustes ja projekteerimise etapis tuleb arvestada Ruhnu saarega ühenduse pidamisega ning tagada ohutu laiusel läbipääs reisikatamaraanile Runö ning teistele väikelaevadele.

Tuuleenergeetika arendusala 2 on praegu peaaegu täielikult laevaliikluse kasutuses, välja arvatud idapoolne osa, mida „varjavad“ mitmed Saaremaa rannikust kaugele avamerele ulatuvad madalad. Koostatud laevaliikluse tiheduskaardilt tulid aga esile tihedamalt kasutatavad alad ning sinna määrati laevaliikluse jaoks sõidurajad ja ohutusalad. Nendeks rohkem kasutatavateks liikumisteedeks olid Riia–Stockholmi vahelise parvlaevade liikumistee, diagonaalis läbi ala kulgev kaubalaevade, tankerite ja reisilaevade teed ning ala väga tiheda liiklusega lõunaosa. Analüüsi tulemusel saadi, et Riia–Stockholmi liini sõidurajad ja ohutusala kattuvad tuuleenergeetika alaga 45,78 km² ulatuses, mis moodustab kogu ala pindalast 3,6%. Diagonaalis ala läbiva liiklusvoo sõidurajad ja ohutusala kattuvad tuuleenergeetika alaga 217,29 km² ulatuses, mis moodustab kogu ala pindalast 17%. Samuti selgus, et kogu tuuleenergeetika arendusala lõunapoolne ots 76,56 km² suurusel alal on meresõiduohutuse seisukohast tuulepargi rajamiseks sobimatu. Eelnevat kokku võttes kattuvad tuuleenergeetika arendusala 2 ja laevaliiklusele vajalikud alad üsna suurel määral, ehk 339,63 km², mis moodustab kogu ala pindalast 26,5%.

Käesolevas töös kasutati üksnes 2018. aasta laevaliikluse AIS andmeid, sest 2019. ja 2020. aasta andmed ei olnud veel kätte saadavad. Küll aga tuleks laevaliikluse analüüsimisel võrrelda erinevate aastate AIS-andmeid ning neid ka hooajaliselt võrrelda. Näiteks Liivi lahe laevade liikumisteed talviti sõltuvad jääoludest.

Kalalaevade analüüsimisel ei ole kõige otstarbekam kasutada laevaliikluse tuvastamise tiheduskaarti, vaid parema ülevaate annaks sõidujoonte ja traalimisaja analüüsimine.

Eesti vetesse tuuleenergeetika arendusaladele tuuleparkide kavandamisel tuleb arvestada eelpool väljatoodud laevaliiklusele vajalike aladega. Selleks, et täpselt määrata tuulepargi ja selle tuulikute asukohad on otsustamiseks vaja teha põhjalikumad laevaliikluse mõju- ja riskianalüüsid. Töös kasutatud MARINE meetod on sobiv ja asjakohane Eesti laevaliikluse analüüsimisel. Samuti tuleb märkida, et AIS-andmete üksikasjalikul analüüsimisel saab anda laevaliiklusega arvestava sisendi mereala ruumilisele planeerimisele. Töö tulemusi saab kasutada Eesti mereala planeeringu tuuleenergeetika arendusalade piiride lõpliku valiku langetamisel või nendele aladele kasutamistingimuste seadmisel. Esialgse sisendina on kasutatud meetod kasutatav ka hoonestusloa menetluse algatamise otsuse langetamisel.

Võõrkeelne lühikokkuvõte

INTERACTION OF PLANNED OFFSHORE WIND FARMS AND SHIPPING TRAFFIC IN ESTONIA

Kert Süsmalainen

This thesis is presented in Estonian on 63 pages. It consists of 31 diagrams, 3 tables and 5 appendices. 46 sources are cited.

This master's thesis focuses on the study of three development areas for wind farms in Estonian waters, two of which are located in the Gulf of Riga, with one south of Kihnu island and the other north of Ruhnu island, and the third off the west coast of Saaremaa island in the Baltic Sea. The objective of the research was to analyse the interaction of vessel traffic with planned wind farms in the above named sea areas and identify the zones where these two may potentially come into conflict with each other. For the research, the patterns of established vessel traffic routes were identified with the Esri software ArcGIS Pro, which was used to process AIS data and draw traffic density diagrams. On the whole, it became clear that wind energy development areas largely overlap with the existing shipping routes. Thus the areas with a higher traffic density were mapped, and necessary space for traffic lanes and safety zones on both sides of them were determined.

The traffic lanes needed for vessel traffic were determined on the routes where there were more than 500 ship passages in a year. For this, AIS data was used to determine the volume of traffic and the size of the ships using these routes.

Next to the shipping lanes, for safety reasons, the additional required space between the shipping routes and wind farms were determined, which ordinarily is not used by vessel traffic, but which is needed for emergency manoeuvres for avoiding collisions, for instance. This additional space encompasses two areas required for manoeuvring in order to avoid collision, and there are two manoeuvres that may be executed in those areas – the start of the round turn and the round turn. The start of the round turn involves deviating from the original track in order to avoid an incident. The round turn is executed when deviating from the course is not enough to avoid a collision, or in a “man overboard” situation.

The wind energy development areas and the areas needed for vessel traffic were also analysed with the Esri software ArcGIS Pro, creating the corresponding chart layers and identifying the overlapping parts. When carrying out the analysis, the greatest draught of the vessels navigating in the area was taken into account, as well as the sea depths that restrict the movement of ships. Currently, mainly vessels moving between the Port of Pärnu and the Irbe Strait pass through the wind energy development area in the Gulf of Riga, with over 800 vessels having navigated there in 2018. When a wind farm is constructed in the development area, vessel traffic will be concentrated in the sea area between Kihnu island and the wind turbines. In this research, when determining the location for a shipping lane, the sea depths in the area had to be taken into account, as there are dangerous shoals south of Kihnu island. Since vessel traffic will thus be restricted by the shoals on the one side and the wind turbines on the other, it is of utmost importance to plan a sufficiently wide space for shipping. The overlapping part between the wind energy development area and the shipping lane with the required additional space is 4.78 square kilometres, which makes up 2.6 % of the area for the wind farm.

Vessel traffic moving between the Port of Pärnu and the Irbe Strait also passes through wind energy development area 1, but there is also the traffic moving between Latvian ports and the Irbe Strait, as well as the vessels connecting islands Saaremaa and Ruhnu. When setting up a windfarm in this development area, vessel traffic will be concentrated in the area between Ruhnu island and the wind park. In determining the location for a shipping lane, the sea depths in the area had to be taken into account, because a shoal lies 6 kilometres north of Ruhnu island. For this area, two alternatives were examined. The preferable one from the point of view of vessel traffic is keeping the existing route for ships, and the other is directing vessel traffic south. In case of the former, the overlapping part between the development area and the shipping route together with the required additional space is 74.55 square kilometres, and in case of the latter 35.67 square kilometres, which makes up 13.9 % and 6.7 % of the development area, respectively. The northwest-southeast Roomassaare-Ruhnu route that also passes through the wind energy development area was not considered in this thesis, but in the further process of designing windfarms the connection with Ruhnu island must be considered and a shipping lane with a sufficient width for the high speed craft Runö and recreational craft must be ensured.

Wind energy development area 2 is presently almost entirely in use by vessel traffic, except the eastern part, which is “sheltered” by several shoals off the coast of Saaremaa island, stretching far into the open sea. The traffic density chart of the area prepared during the study clearly shows the

more densely used areas, for which shipping lanes and the required additional spaces were determined. These routes include the passenger ferry route between Riga and Stockholm, the routes of cargo ships, tankers and passenger ships passing diagonally through the area, and the southern part with very heavy traffic. The analysis revealed that the overlapping part between the development area and the Riga-Stockholm route lanes with the required additional space is 45.78 square kilometres, making up 3.6 % of the whole area. The overlapping part of the development area with the shipping lanes and the corresponding required additional space of the traffic routes that diagonally pass through the area is 217.29 square kilometres, which makes up 17 % of the whole area. It also transpired that the southern end of the development area, 76.56 square kilometres, is not suitable for constructing a windfarm from the point of view of maritime safety. Thus, there is a relatively large area where wind energy development area 2 and the areas necessary for vessel traffic overlap, i.e. 339.63 square kilometres, which makes up 26.5 % of the whole area.

When planning windfarms in Estonian waters for wind energy development areas, we have to take into account the areas required for vessel traffic outlined above. In order to accurately determine the location of wind turbines in the wind farm and the decision to do more thorough traffic impact and risk analyses. The MARINE method used in this research is suitable and relevant when analysing vessel traffic in Estonian waters. It should also be noted that a thorough analysis of AIS data can provide the necessary input for maritime spatial planning with reference to the areas required for shipping routes. The results of this research can be used for final decision-making as regards the selection of boundaries of wind energy development areas in Estonian maritime spatial planning, or for setting conditions for use of these areas. As preliminary input, the method used can also be employed to make the decision to commence or not to commence the procedure for the issue of superficies license.

Keywords: maritime spatial planning, wind energy, wind parks, vessel traffic, AIS data

Viidatud allikad

- Arenguseire Keskus. (2020). Merekaubanduse tulevik: arengusuunad ja stsenaariumid. https://www.riigikogu.ee/wpcms/wp-content/uploads/2020/09/2020_Merekaubandus_aruanne-1.pdf (27.03.2021)
- Baltic Marine Environment Protection Commission. (2018). Baltic LINes Project – Coherent planning of ship corridors in MSP <https://portal.helcom.fi/meetings/> (13.03.2021)
- Eesti ava- ja rannikumeri. (2002) – *Eesti Entsüklopeedia*. http://entsyklopeedia.ee/artikkel/eesti_ava-_ja_rannikumeri (13.03.2021)
- Eesti Laevaregister (2021). Veeteede Ameti siseveeb (27.03.2021)
- Eesti mereala planeering. (2020). Avalikule väljapanekule esitatud põhilahendus. Korraldaja Rahandusministeerium, koostaja Hendrikson ja Ko OÜ. <http://mereala.hendrikson.ee/> (23.01.2021)
- Eesti Tuuleenergia Assotsiatsioon (2021). Meretuule eelised – Eesti Tuuleenergia Assotsiatsiooni koduleht https://tuuleenergia.ee/?page_id=1032 (24.04.2021)
- Elektroniline mereinfosüsteem (EMDE) (2021). <https://www.emde.ee/vi-iloginedit> (13.03.2021)
- Euroopa Komisjon. (2020). An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future. 19.11.2020. https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/offshore_renewable_energy_strategy.pdf (24.04.2021)
- Euroopa Komisjon. (2021) Pikaajaline 2050. aasta strateegia. Euroopa komisjoni ametlik koduleht https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_et (03.03.2021)
- Euroopa Parlament ja Nõukogu. (2014). Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2014/89/EL, 23. juuli 2014 (24.04.2021)
- Euroopa Parlament ja Nõukogu. (2018). Taastuvatest energiaallikatest toodetud energia kasutamise edendamise kohta – Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2018/2001, vastu võetud 11. detsember 2018 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN> (24.04.2021)

- Euroopa Ühenduste Komisjon. (2008). Mereala ruumilise planeerimise suunised: ühiste põhimõtete saavutamine Euroopa Liidus, vastu võetud 25.11.2008, Brüssel <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0791:FIN:ET:PDF> (24.04.2021)
- Harati-Mokhtari, A., Wall, A., Brookes, P., Wang, J. (2007). Automatic identification system (AIS): a human factors approach
https://www.researchgate.net/publication/254062770_Automatic_Identification_System_AI_S_A_Human_Factors_Approach (03.04.2021)
- HELCOM. (2018). Maritime activities in the Baltic Sea. <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/BSEP152-1.pdf> (24.04.2021)
- Hoonestusloa menetluse ja keskkonnamõju hindamise algatamine. (2019). *Riigi Teataja III*, 23.12.2019, 10 <https://www.riigiteataja.ee/akt/323122019010> (02.04.2021)
- Hüdrograafia Infosüsteem (HIS). (2021). Transpordiamet. (04.04.2021)
- IALA (2004). The Automatic Identification System (AIS). IALA Guideline Nr 1028
- Ilmateenistus (2012). Eesti ilma riskid - Üleujutus. https://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/01/eesti_ilma_riskid_2012_uleujutus.pdf (29.04.2021)
- IMO (1985). General Provisions On Ships' Routeing. A.572(14)
[https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.572\(14\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/AssemblyDocuments/A.572(14).pdf) (07.03.2021)
- IMO (2017). Ships' Routeing. London: CPI Group Ltd
- IMO COLREGs (1972). Rahvusvahelise laevakokkupõrgete vältimise eeskirja konventsioon (1972). *Riigi Teataja II*, 2005, 19, 64 <https://www.riigiteataja.ee/akt/917361> (10.04.2021)
- IMO MSC137 (2002). Resolutsioon MSC.137(76) Standards for Ship Manoeuvrability
[https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.137\(76\).pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.137(76).pdf) (06.03.2021)
- IMO MSC (2002). Explanatory notes to the standards for ship manoeuvrability. MSC/Circ.1053

- IMO SOLAS 1974 (2019). International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974.
[http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx) (03.04.2021)
- Laht, J. (2020). Eesti kliimapoliitika eesmärgid.
https://www.rahandusministeerium.ee/sites/default/files/Regionaalareng_poliitika/kem_eesti_kliimaeesmaegid.pdf (24.04.2021)
- Le Tixeranta, M., Le Guyadera, D., Gourmelonb, F., Queffelec, B. (2018). How can Automatic Identification System (AIS) data be used for maritime spatial planning? – *Ocean & Coastal Management*, 166, 18-30 <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.05.005>
- Liivi laht. (2011) – *Eesti Entsüklopeedia*. http://entsyklopeedia.ee/artikkel/liivi_laht2 (13.03.2021)
- Läti Mereadministratsioon. (2009). Navigatsioonikaart nr 2060 – Läänemeri. Irbe väin. Sikragciems to Ovishi (1:50 000)
- Läänemeri. (2011). – *Eesti Entsüklopeedia*.
<http://entsyklopeedia.ee/artikkel/1%C3%A4%C3%A4nemeril> (13.03.2021)
- Läänemere hüdroloogiline iseloomustus. (2011). – *Eesti Entsüklopeedia*.
http://entsyklopeedia.ee/artikkel/1%C3%A4%C3%A4nemere_h%C3%BCdroloogiline_iseloomustus (13.03.2021)
- Nutimeri. (2021). Transpordiameti navigatsiooniteabe veebirakendus. <https://gis.vta.ee/nutimeri/> (04.04.2021)
- Patraiko, D., Holthus, P. (2013). The Shipping Industry and Marine Spatial Planning. The Nautical Institute. <https://www.nautinst.org/uploads/assets/uploaded/299f934f-ee69-492e-8ada51abf26e8b19.pdf> (21.02.2021)
- PIANC (2018). MarCom WG Report nr 161. Interaction between offshore wind farms and maritime navigation.
- Pärnu maakonnaga piirneva mereala maakonnaplaneering (2017). Planeeringu korraldaja - Pärnu Maavalitsus, koostaja - Hendrikson&Ko. <https://maakonnaplaneering.ee/143> (04.04.2021)

- Pärnu sadam (2021). AS Pärnu sadam koduleht. <https://parnusadam.eu/> (13.03.2021)
- Rahvusvahelise laevakokkupõrgete vältimise eeskirja konventsioon. (2019). – *Mereviki*.
https://mereviki.vta.ee/mediawiki/index.php/Rahvusvahelise_laevakokkup%C3%B5rgete_v%C3%A4ltimise_eeskirja_konventsioon (10.04.2021)
- Riia sadam (2021). Freeport of Riga. <https://rop.lv/en> (13.03.2021)
- Sadamaregister (2021). Pärnu sadama andmed. <https://www.sadamaregister.ee/sadam/370> (02.04.2021)
- Statistikaamet (2020). Eesti elektritootmine liigub keskkonnasõbralikus suunas – Statistikaameti koduleht. <https://www.stat.ee/et/uudised/eesti-elektritootmine-liigub-keskkonnasobralikus-suunas> (24.04.2021)
- Statistikaamet (2021). Statistikaameti andmebaas. <https://andmed.stat.ee/et/stat> (13.03.2021)
- The Baltic Course (2019). Salacgriva port raises cargo turnover 32.1% in 2018. 07.01.2019
http://www.baltic-course.com/eng/good_for_business/?doc=146320&output=d (27.03.2021)
- Väikesadamate külastusandmed (2021). Veeteede Ameti laevateede osakonna kogutud andmed (04.04.2021)
- World Wide Fund for Nature (WWF). 2010. Future Trends in the Baltic Sea –WWF Baltic Ecoregion Programme 2010. <https://www.wwfbaltic.org/> (24.04.2021)
- Üleriigilise planeeringu Eesti mereala ja sellega piirneva rannikuala, samuti majandusvööndi teemaplaneeringu ja keskkonnamõju strateegilise hindamise algatamine (2017). *Riigi Teataja* III, 30.05.2017, 3 <https://www.riigiteataja.ee/akt/330052017003> (28.02.2021)
- ÜRO mereõiguse konventsioon. (1982). *Riigi Teataja* II, 2005, 16, 48
<https://www.riigiteataja.ee/akt/911675> (28.02.2021)
- ÜRO mereõiguse konventsioon. (2019) – *Mereviki*.
https://mereviki.vta.ee/mediawiki/index.php/%C3%9CRO_mere%C3%B5iguse_konventsioon (10.04.2021)

Lisa 1. Nõuded minimaalsele ohutuskaugusele laevaliikluse ja avamere tuuleparkide vahel

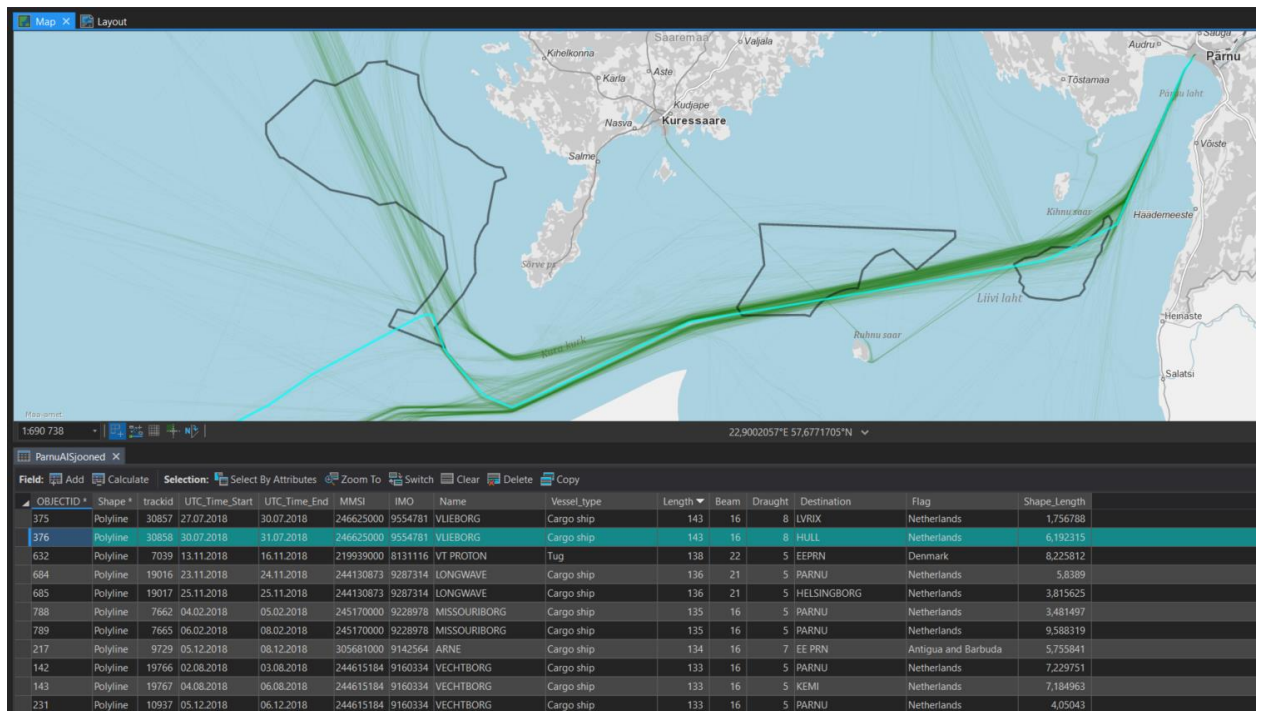
Distance in miles (NM) of the first wind generator row from the shipping route	Factors for consideration	risk	Tolerability
< 0.25 NM (500 m)	Inter-turbine spacing only recommended for small crafts	VERY HIGH	Intolerable unless for very small craft (small leisure craft)
0.25 NM (500 m)	X band radar interference	VERY HIGH	
0.45 NM (800 m)	Vessel may generate multiple echoes on VTS radars	VERY HIGH	
0.8 NM (1481 m)	Distance from a shipping route taken by SOLAS vessels and a wind farm	HIGH	Tolerable if As Low As Reasonably Practicable (ALARP)
1.5 NM (2778 m)	S band radar interference ARPA affected	MEDIUM	
2 NM (3,704 m)	Distance between a shipping route and a wind farm	LOW	Acceptable depending on traffic density
5 NM (9,260 m)	Distance between TSS and a wind farm in restricted waters	LOW	Acceptable
10 NM (18,520 m ^o)	Ideal distance between a TSS and a wind farm	VERY LOW	

Allikas: (PIANC 2018)

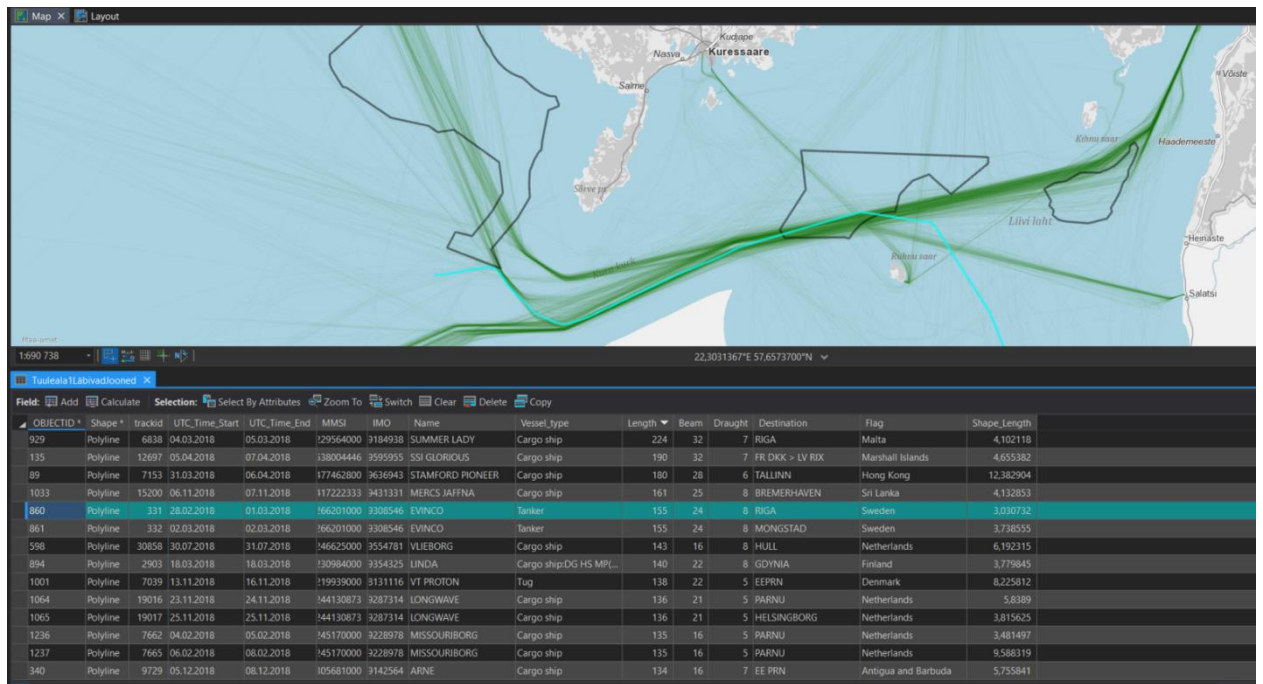
Lisa 2. Väljavõte AIS-andmete töötlose sisendiks olnud csv-failist

A727523		2018-07-27 04:52:00;2018-07-27 07:52:00;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;13.1;58.2;57.763020;22.349380;PARNU;Under way using engine;Cyprus									
1	UTC Time,"Local Time","MMSI","IMO","Name","Type","Length","Beam","Draught","SOG","COG","Latitude","Longitude","Destination","Status","Flag"										
727523	2018-07-27 04:52:00;2018-07-27 07:52:00;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;13.1;58.2;57.763020;22.349380;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727524	2018-07-27 04:56:00;2018-07-27 07:56:00;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;11.9;66.2;57.768370;22.371800;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727525	2018-07-27 05:17:01;2018-07-27 08:17:01;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;11.9;66.2;57.796790;22.489600;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727526	2018-07-27 05:38:02;2018-07-27 08:38:02;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;12.0;65.8;57.824990;22.608740;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727527	2018-07-27 05:48:03;2018-07-27 08:48:03;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;11.9;75.3;57.838770;22.665640;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727528	2018-07-27 06:08:02;2018-07-27 09:08:02;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;12.2;77.2;57.855400;22.789010;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727529	2018-07-27 06:28:03;2018-07-27 09:28:03;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;12.1;74.9;57.872770;22.911090;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727530	2018-07-27 06:48:02;2018-07-27 09:48:02;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;11.9;74.8;57.890320;23.031880;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727531	2018-07-27 07:08:01;2018-07-27 10:08:01;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;12.1;74.4;57.907910;23.152700;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727532	2018-07-27 07:28:01;2018-07-27 10:28:01;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;12.1;79.7;57.925600;23.274640;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727533	2018-07-27 07:48:02;2018-07-27 10:48:02;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;12.1;79.3;57.938590;23.398580;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727534	2018-07-27 08:08:02;2018-07-27 11:08:02;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;12.3;76.3;57.952820;23.522730;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727535	2018-07-27 08:28:00;2018-07-27 11:28:00;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;12.3;76.2;57.969790;23.647130;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727536	2018-07-27 08:48:03;2018-07-27 11:48:03;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;12.4;76.7;57.986910;23.773250;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727537	2018-07-27 09:02:05;2018-07-27 12:02:05;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;12.7;61.2;57.996940;23.850440;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727538	2018-07-27 09:06:05;2018-07-27 12:06:05;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.7;76.6;57.999460;23.870210;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727539	2018-07-27 09:19:04;2018-07-27 12:19:04;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.7;70.7;58.009140;23.933560;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727540	2018-07-27 09:23:04;2018-07-27 12:23:04;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.6;62.4;58.013060;23.952370;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727541	2018-07-27 09:42:05;2018-07-27 12:42:05;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.9;57.2;58.037650;24.037650;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727542	2018-07-27 10:07:04;2018-07-27 13:07:04;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.8;57.6;58.074990;24.146130;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727543	2018-07-27 10:26:01;2018-07-27 13:26:01;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.5;36.4;58.102850;24.229740;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727544	2018-07-27 10:31:04;2018-07-27 13:31:04;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.9;25.3;58.114720;24.242460;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727545	2018-07-27 10:56:05;2018-07-27 13:56:05;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.6;25.0;58.176190;24.293700;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727546	2018-07-27 11:21:04;2018-07-27 14:21:04;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.8;25.0;58.236880;24.346620;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727547	2018-07-27 11:46:04;2018-07-27 14:46:04;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;10.0;24.1;58.300330;24.399230;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727548	2018-07-27 12:10:05;2018-07-27 15:10:05;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.2;32.3;58.357160;24.447460;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727549	2018-07-27 12:15:04;2018-07-27 15:15:04;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;9.7;1.1;39.5;58.365740;24.460420;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727550	2018-07-27 12:20:05;2018-07-27 15:20:05;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;4.7;33.9;58.371980;24.469510;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727551	2018-07-27 12:24:05;2018-07-27 15:24:05;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;3.8;28.1;58.379590;24.474040;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727552	2018-07-27 12:29:05;2018-07-27 15:29:05;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;2.3;34.5;58.380040;24.478050;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727553	2018-07-27 12:34:01;2018-07-27 15:34:01;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;0.8;321.1;58.380820;24.478880;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727554	2018-07-27 12:38:04;2018-07-27 15:38:04;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;0.9;239.7;58.380410;24.477140;PARNU;Under way using engine;Cyprus										
727555	2018-07-27 12:42:04;2018-07-27 15:42:04;212521000;009358278;NORRLAND;Cargo ship;119;15;7;0.3;180.8;58.380060;24.476360;PARNU;Under way using engine;Cyprus										

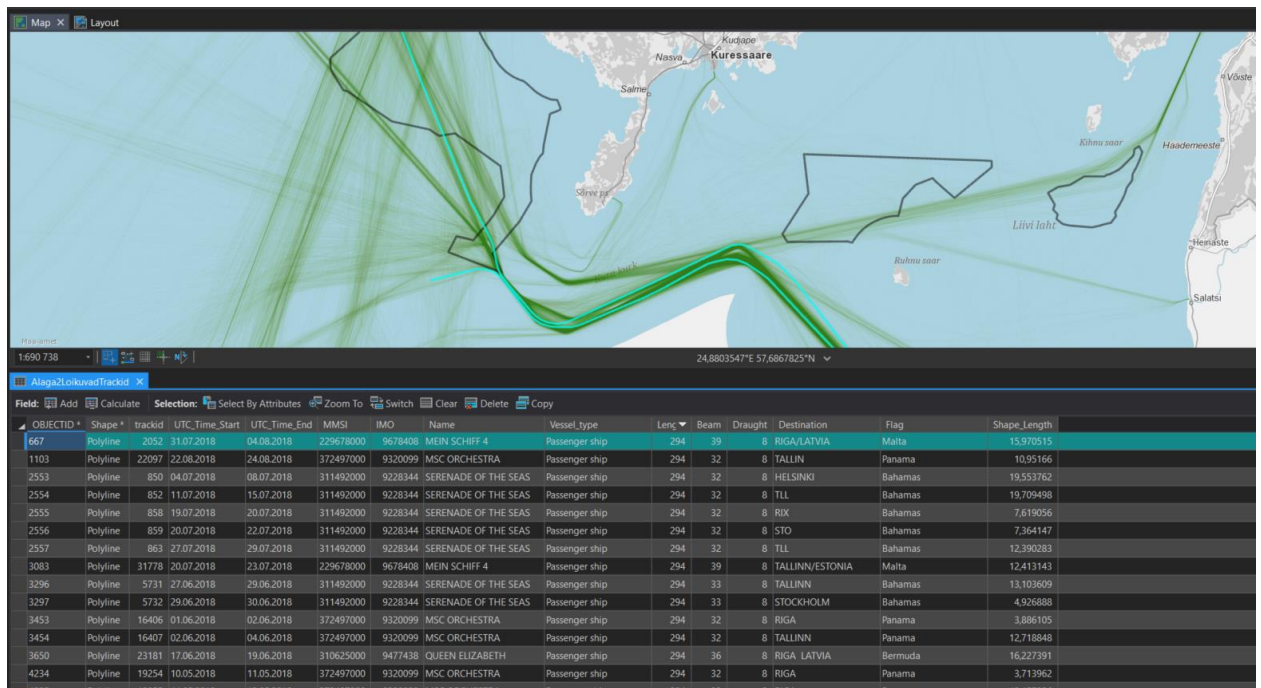
Lisa 3. Suurimate laevade mõõtmised Liivi lahe tuuleenergeetika alas



Lisa 4. Suurimate laevade mõõtmised tuuleenergeetika alas 1



Lisa 5. Suurimate laevade mõõtmised tuuleenergeetika alal 2



Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina Kert Süsmalainen (sünnikuupäev: 21.11.1987)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Kavandatavate avamere tuuleparkide ja laevaliikluse koostoime Eestis, mille juhendaja on Inga Zaitseva-Pärnaste

1.1 reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.