



Saare-Liivi meretuulepargi mõjud lennundusele

2023



Sisukord

Ülevaade	1
Üldised järeldused ja soovitused	3
Lühendid ja mõisted	4
Mõju hindamisest	5
Õhuruumi struktuur	7
Lennutegevus	11
Kuressaare lennuvälja protseduurid	15
Pärnu lennuvälja protseduurid	16
Mõjud side-, seire- ja navigatsiooniseadmetele	17
Keerisjälg	22
Kasutatud allikate loetelu	25



Ülevaade

OÜ Utilitas Wind soovib rajada Liivi lahte meretuuleparke. Kavandatavate tuuleparkide asukoht on Liivi lahes, kus on nii Eesti mereala kui Pärnu maakonna merealaplaneeringuga määratud tuuleenergeetika arendamiseks sobivad alad. Tuuleparkide loomiseks on vaja läbi viia rakendusüuring meretuuleparkide mõjust lennundusele Liivi lahe kohal.

Planeeritav meretuulepark (Ala 1) ja selle täiendav ala (Ala 2) (vt Joonis 1) asuvad Pärnu ja Kuressaare lennuväljast ligi 50 km kaugusel, mistõttu on vajalik teostada mõjuhindang lennuväljade protseduuridele ja piirkonna õhuruumile. Käesolevas uuringus lähtutakse KMH programmides, toodud eeldustest, et tuuliku maksimaalne kõrgus on kuni 400 m. Tellija poolt on edastatud esialgsed asendiplaanid tuulikute asukohtadega ning need on lennundusele avalduva mõju hindamise aluseks. Käesolevas rakendusüuringus käsitletakse läbivalt mõlemat vaadeldavat ala koos (st Ala 1 ja Ala 2 käsitletakse ühise lennutakistuste kogumina).



Joonis 1. Planeeritav meretuulepark (Ala 1) ja selle täiendav ala (Ala 2).

Rakendusuuringus käsitletakse järgmisi teemasid:

- kirjeldatakse õhuruumi struktuuri Liivi lahel (sh piirkonna lennundusprotseduure ja õhuruumi struktuuri) ja antakse ülevaade piirkonnas toimuvast lennutegevusest;
- antakse ülevaade Pärnu ja Kuressaare lennuvälja protseduuridest ja lennuohutuse tagamiseks loodud puhveraladest;
- hinnatakse meretuulepargi mõjusid õhuruumi struktuurile, lennutegevusele, Pärnu ja Kuressaare lennuvälja protseduuridele ja puhveraladele;
- hinnatakse meretuulepargi mõjusid side-, seire- ja navigatsiooniseadmetele;
- hinnatakse meretuulepargist tekkida võiva keerisjälje mõju lennundusele.

Rakendusuuringus lähtutakse uuringu läbiviimise perioodil kehtivatest andmetest ning uute asjaolude ilmnemisel teostatakse vajadusel uus mõjuhindang.

Üldised järeldused ja soovitus

Planeeritava meretuulepargi aladel on **mõõdukas** mõju piirkonna lennundusele.

- Piirkonna minimaalsetele kõrgustele merepinnast (AMA) on meretuulepargil vähene mõju.
- Keelu-, piirangu- ja ohualadele mõju puudub.
- Meretuulepark ei paikne Pärnu ega Kuressaare lennuvälja vahetus läheduses, seega mõju takistuste piirangupinnale (OLS) puudub.
- Pärnu ja Kuressaare lennuvälja lähenemisprotseduuridele mõju puudub.
- Pärnu lennuvälja lähenemisprotseduuridele mõju puudub.
- Instrumentaallendudele mõju puudub.
- Visuaallendude teostamine on sõltuv väga erinevatest asjaoludest, seetõttu hinnatakse mõju mõõdukast oluliseni, sh Kuressaare-Ruhnu-Pärnu regulaarlinile avaldub väga oluline mõju. Leevendusmeetmete rakendamisel mõju väheneb.
- Mehitamata õhusõidukitele avalduva mõju osas ei saa käesoleval hetkel anda hinnangut.
- Otsingu- ja pääste- (SAR) ning erakorraliste meditsiiniliste evakuatsiooni lendude (MEDEVAC) jaoks esineb väga oluline mõju. Leevendusmeetmete rakendamisel mõju puudub.
- Side-, navigatsiooni- ja seireseadmetele on mõju vähene kuni mõõdukas.
- Meretuulepargist tekkiv keerisjalg avaldab lendudele mõõdukat mõju.

Meretuulepargi ehitusfaasis soovitame kehtestada ehitusalale lendamiseks piiratud ala. Piiratud ala teave võimaldab õhuruumi kasutajatel ala vältida, mis suurendab lennuohutust. Pargi valmimisel avaldatakse teave takistuste kogumi kohta Lennundusteabe kogumikus vastavalt aeronavigatsiooniteabe edastamise ja avaldamise korrale [3]. Lennuteavet haldab Lennuliiklusteeninduse AS lennundusteabe osakond, kellelt saab suuniseid teabe edastamise formaadi ja aja kohta.

Lühendid ja mõisted

AMA - piirkonna minimaalne kõrgus merepinnast. Instrumentaallennuilm tingimustes kasutatav minimaalne kõrgus merepinnast, mis tagab minimaalse kõrgusvaru takistuste kohal (MOC).

FL - lennutasand - atmosfääri samarõhu tasand, mis on määratletud õhurõhu 1 013,2 hektopaskali suhtes ja mis erineb muudest samalaadsetest tasanditest õhurõhkude teatava vahe võrra.

ft - jalad või jalga (möötühik).

IAS - indikaatorkiirus ehk mõõteriistakiirus.

MLAT - multilateratsioonisüsteem.

MOC - minimaalne kõrgusvaru takistuste kohal.

Ootetsooni primaarala - määratletud ala, mis paikneb sümmeetriliselt nominaalse lennutrajektoori ümber ja kus on tagatud ohutu kaugus takistustest.

Ootetsooni sekundaarala - määratletud ala ümber primaarala, mis paikneb piki nominaalset lennutrajektoori, kus on ette nähtud vähenev ohutu kaugus takistustest.

Refuge area - turvaala - kopteri *refuge area* eesmärk on võimaldada kopteril pääseda määratletud ohutusse õhuruumiosasse, et: tuuleparki sisenemiseks ette valmistudes või tuulepargist väljudes manööverdada, tuulepargis sees pöörata või tagab eriolukorras tegutsemiseks vajaliku ohutu ruumi.

SAR access lane - ligipääsurada - ligipääsurajad pakuvad ohutumaid ja paremini etteaimatavaid teid vee- ja õhusõidukitele läbi tuulepargi.

SMR - *Surface Movement Radar* - maapealse liikluse radar.

Takistus - paigalseisev (püsiv või ka ajutine) või liikuv objekt või selle osad, mis

1. asub/asuvad alal, mis on ette nähtud õhusõidukite liikumiseks maal, või
2. ulatub/ulatuvad lendavate õhusõidukite ohutuse tagamiseks vajalikust kindlaksmääratud pinnast kõrgemale või
3. asub/asuvad väljaspool neid alasid, kuid kujutab/kujutavad ohtu lennuliiklusele.

WAM - *Wide Area Mutilation* - laiakattega multilateratsioonisüsteem.

Õhuruumiklass G - kontrollimata õhuruum, kus lendamine toimub vastavalt Komisjoni rakendusmääruse (EL) nr 923/2012 ühistele lennureeglitele.

1. Mõju hindamisest

Meretuulepargi mõju hindamiseks lennundusele koostati nimekiri lennunduse valdkondadest, mis on käesoleva uuringu raames kajastatud:

1. Õhuruumi struktuur, sh minimaalne sektori kõrgus merepinnast (MSA), piirkonna minimaalne kõrgus merepinnast (AMA).
2. Keelu-, piirangu- ja ohualad.
3. Lennutegevus: instrumentaal-, visuaallennundus, otsingu- ja pääste- (SAR), meditsiinilise evakuatsiooni lend (MEDEVAC) ning mehitamata lennutegevus.
4. Lennuvälja protseduurid, sh oote-, lähenemis- ja väljumisprotseduurid, visuallennu- ja instrumentaallennuprotseduurid, lennuvälja takistuste piirangupinnad (OLS), sh puhveralad.
5. Side-, seire- ja navigatsiooniseadmed.
6. Elektrituulikute põhjustatud keerisjälg.

Märkus: militaarvaldkonnale avalduvaid mõjusid ei hinnata, tegemist on Kaitseministeeriumi valitsemisalaga, kuid võimaliku kattuvuse tõttu on õhuruumi struktuuri kirjelduses militaaralade olemasolu kirjeldatud.

Rakendusuuringu läbiviimisel konsulteeriti järgmiste asutustega: Siseministeerium, Politsei- ja Piirivalveamet, Lennusalk, Diamond Sky OÜ, AS Tallinna Lennujaam, Pärnu lennujaam, Eesti Erapilootide Liit, Lennuliiklusteeninduse AS.

Mõjuhindang tuleneb suuruse ja tähtsuse kombinatsioonist (vt Tabel 1), kus iga nimekirja elementi hinnatakse järgmiselt:

1. Suurus: intensiivsuse, ulatuse ja ajalise kestuse summa. Hinnatakse meretuulepargi mõjul toimuva muutuse suurst - kõige intensiivsem mõju esineb kui lennutegevuse jätkamiseks on vajalik oluliselt muuta trajektoori või lennureegleid, ehk lennu jätkamiseks on vajalik teha muudatusi; ulatus on kõigis aspektides hinnatud lokaalseks, sest mõju avaldub vaid rakendusuuringus käsitletud piirkonnale; meretuulepargi mõju kestus on käesolevas uuringus kõigis aspektides hinnatud püsivaks, sest lähtutakse eeldusest, et rajamise järgselt on tegemist takistuste kogumiga, mille mõju on ajast sõltumatu. *Märkus: ilmast sõltuvalt võib mõju suurus olla muutuv (vt ptk 3. Lennutegevus, Visuaallennureeglite järgi toimuvad lennud).*
2. Tähtsus: hinnatakse kui tähtis on meretuulepargi poolt avaldatav mõju lennundusaspektidele. Lennunduses lähtutakse ICAO (Rahvusvaheline Tsiviillennunduse Organisatsioon) ja EASA (Euroopa Liidu Lennundusohutusamet) regulatsioonidest ning standardprotseduuridest, mis tagavad lennuohutuse. Kui tegemist on standarditest kõrvalekaldega, siis see mõjutab lennuohutust ja kasutatakse eriprotseduuri, mis on potentsiaalselt keerulisem ja ohtlikum. Olulise tähtsusega mõju avaldub nt kui on vaja kehtestada eriprotseduurid alas opereerimiseks. Tähtsus sõltub konsulteeritute ning ekspertide hinnangust.

Mõjuhindang sõnastatakse järgmiselt: puudub, vähene, mõõdukas, oluline, väga oluline mõju.

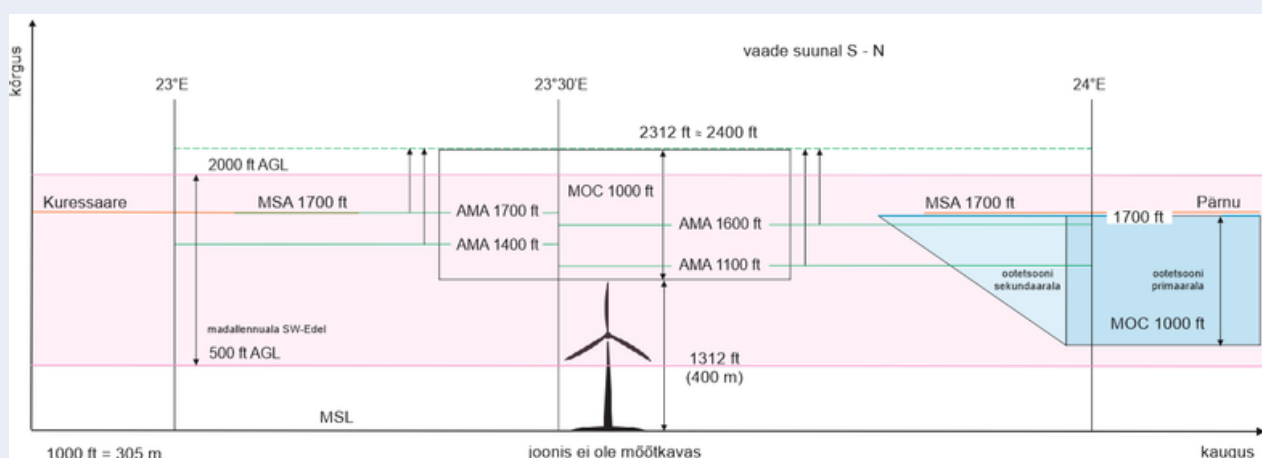
Märkus: Käesolevas uuringus sõnastatud hinnangud erinevad Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadusest [4], kus nimetatakse suurimaks mõjuks “oluline mõju”. Käesoleva uuringu tõlgendamisel võib olulise mõju ning väga olulise mõju võrdsustada, sest mõlemad mõju hinnangud eeldavad mõju vähendamiseks leevendusmeetme(te) kasutuselevõttu.

Suurus	Tähtsus				
	väga oluline	oluline	mõõdukas	vähene	puudub
väga oluline	väga oluline	väga oluline	oluline	mõõdukas	vähene
oluline	väga oluline	oluline	oluline	mõõdukas	vähene
mõõdukas	oluline	oluline	mõõdukas	vähene	puudub
vähene	mõõdukas	mõõdukas	vähene	vähene	puudub
puudub	vähene	vähene	puudub	puudub	puudub

Tabel 1. Mõjuhindangu kujunemine suuruse ja tähtsuse kombinatsioonis.

2. Õhuruumi struktuur

Vaadeldavas piirkonnas on Tallinna lennuinfoiirkonnas õhuruumi klass G kuni lennutasandini 95, Riia lennuinfoiirkonnas on samuti õhuruumi klass G, mis on kontrollimata õhuruum kuni FL95, kus lendamine toimub vastavalt Komisjoni rakenduse (EL) nr 923/2012 ühistele lennureeglitele [5]. Tallinna lennuinfoiirkonnas korraldab ja juhib lennuliiklust Lennuliiklusteeninduse AS (EANS). Vastavalt ühistele lennureeglitele tuleb visuaallennureeglite järgi antud piirkonnas lennates takistusest mööduda horisontaalselt vähemalt 150 m kauguselt ja vertikaalselt vähemalt 500 ft kõrguselt. Instrumentaallennureeglite järgi toimival lennul tuleb õhusõiduki hinnangulisest asukohast 8 km raadiuses olevast takistusest mööduda vertikaalselt vähemalt 1000 ft (305 m) kõrgemalt.



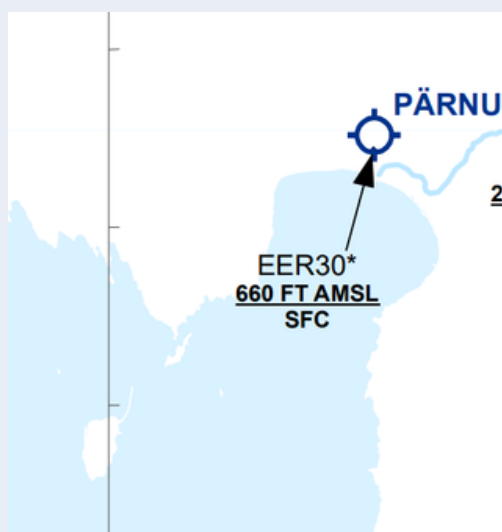
Joonis 2. Ristlõige Liivi lahe õhuruumist, kus on näidatud AMA muutused ja meretuulepargi asetus Kuressaare ja Pärnu lennuväljade ning madallennuala SW-Edel suhtes.

Piirkonna minimaalsetele kõrgustele merepinnast (AMA) on meretuulepargil vähene mõju. AMA määramisel kasutatakse meetodit, kus vaadeldakse ruutu koos 5 NM puhveralaga. Planeeritav meretuulepargi ala paikneb kolmes pikkus- ja laiuskraadidega määratud ruudus, millest esimeses ruudus AMA 1700 ft, teises ruudus AMA 1600 ft ja kolmandas ruudus AMA 1400 ft tõuseb AMA kõigis ruutudes 2400 ft-ni ning lisaks tõuseb AMA neljandas, 5 NM puhveralasse jäävas ruudus, 1100 ft-st samuti kuni 2400 ft-ni. Selline muudatus mõjutab instrumentaallende. Kõrgus 2400 ft on antud alade uus minimaalne lennukõrgus merepinnast, et tagada instrumentaallennutingimustes nõutud minimaalne takistustevaba kõrgus (MOC) (vt Joonis 2 ja 3).



Joonis 3. Liivi lahe kohal paiknev õhuruum, kus on näidatud AMA ruudud (hetkel kehtiv kõrgus märgitud valge numbriga tuhandetes jalgades) ja lennuinfopiirkondade Tallinn FIR ja Riga FIR piirid (must pidevjoon), Kuressaare ning Pärnu MSA-ring (kollane pidevjoon), Kuressaare ning Pärnu FIZ (helesinine ring), ootepunkt KURWA protseduur (must ovaal), ootepunkt KURWA puhveralad (helerohelised ovaalid), heledillega varjutatud ala tähistab madallennuala SW-Ed

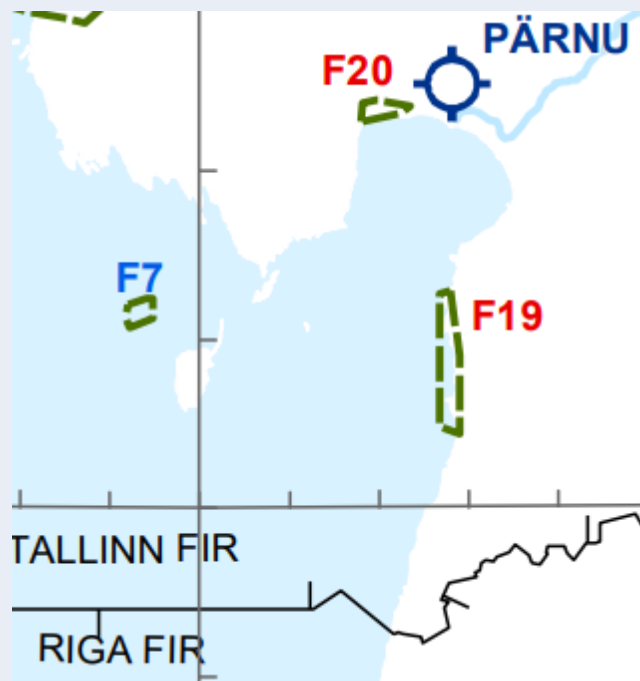
Piirkonnas on kehtestatud üks **piirangu- ja ohuala**: EER30 (vt Joonis 4). Ala on Kaitseministeeriumi valitsemisala objekt, mille kohta aktiveerimise info avaldatakse üks päev enne tegevuse algust. Piiranguala on kehtestatud aluspinnast kuni 660 ft keskmisest merepinnast.



Joonis 4. Keelu-, piirangu ja ohualad [6].

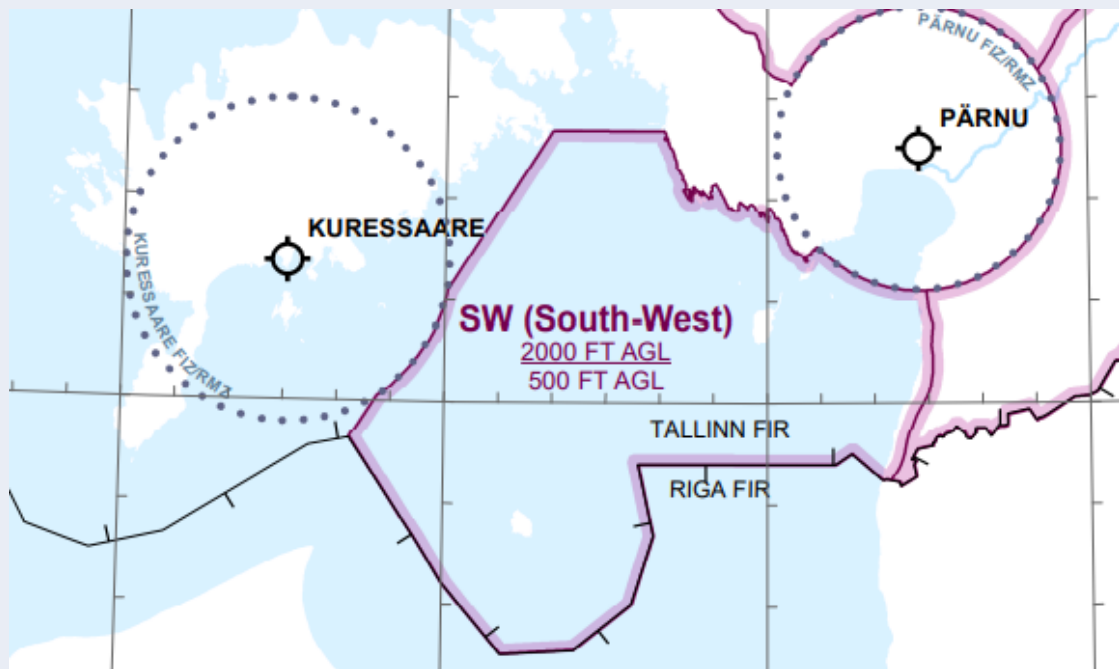
Piirkonnas paiknevad **tundliku faunaga alad** (Joonis 5). Kihnu laidude looduskaitseala tundliku faunaga ala F7, Luitemaa looduskaitseala tundliku faunaga ala F19 ja Audru poldri looduskaitseala tundliku faunaga ala F20, mis on kehtestatud hooajaliselt F7 alal 1. veebruarist 30. novembrini aluspinnast kõrguseni 1500 ft AMSL, F19 ja F20 aladel 1. aprillist 30. novembrini aluspinnast kõrguseni 1000 ft AMSL. Lennud alades on lubatud ainult Keskkonnaameti loal. Piirangud ei laiene õhusõiduki stardile ja maandumisele sertifitseeritud lennuväljalt või kopteriväljakult või kui seda nõuab lennuohutus.

Luba alades lendamiseks ei pea taotlema oma seadusest tulevate ülesannete täitmiseks Keskkonnaamet, Kaitsevägi, Politsei- ja Piirivalveamet, Kaitsepolitseiamet, vangla ja Päästeamet. Arvestades alade hooajalisust ja kõrgusvahemikku, siis olenemata alade suhtelisest lähedusest planeeritavale meretuulepargile, **tundliku faunaga aladele F7, F19 ja F20 mõju puudub.**



Joonis 5. Tundliku faunaga alad [6].

Piirkonnas on kehtestatud Eesti Kaitseväe kaitselendundusotstarbeline **militaarõhusõidukite madallennuala SW-Edel** (Joonis 6). Madallennuala on ette nähtud Eesti Õhuväe, NATO liikmesriikide ja teiste partnerriikide militaarõhusõidukite poolt sooritatavatele lendudele Eesti õhuruumis kõrgusvahemikus 500 kuni 2000 ft AGL, kiirusel enam kui 250 sõlme IAS. Planeeritav meretuulepargi ala paikneb madallennualal ning tuulikute kõrgus lõikab madallennuala. Meretuulepargi mõju kaitselendundusele käesolevas rakendusüraeringus ei hinnata.



Joonis 6. Madallennuala SW-Edel [6].

3. Lennutegevus

Planeeritav meretuulepark asub Pärnu ja Kuressaare lennuvälja vahel. Lähimad planeeritavad tuulikud asetsevad ligikaudu 50 km kaugusel nii Kuressaare kui Pärnu lennuvälja viitepunktist.

Pärnu lennuväli on rahvusvaheline sertifitseeritud lennuväli, kus toimub aastas keskmiselt ligi 700 lendu (Tallinna Lennujaama 2019-2023 statistika põhjal [7]). Neist toimus Ruhnu liinil 238 lennuoperatsiooni perioodil 2. okt 2022 - 28. apr 2023 (Pärnu lennujaama statistika põhjal).

Kuressaare lennuväli on rahvusvaheline sertifitseeritud lennuväli, kust toimub aastas keskmiselt 2361 lendu (Tallinna Lennujaama 2019-2022 statistika põhjal [7]).

Tegelik lennuoperatsioonide arv vaadeldavas piirkonnas on suurem - esitatud statistika põhineb lennuplaanidel maandumise ja/või õhkutõusuga lennuväljal. Kummagi lennuvälja statistika puhul pole arvestatud lendudega, mis läbivad lennuinfotsooni maandumata või mis toimuvad lennuinfotsoonis väljaspool lennuliiklusteeninduse üksuse tööaegu, ega ka lendudega, mis toimuvad väljaspool lennuinfotsooni kontrollimata õhuruumis (Kuressaare lennuväljal kogutava statistika põhjal toimub selliselt keskmiselt 300 lendu aastas).

Instrumentaallennureeglite järgi toimuvatele lendudele meretuulepargil mõju puudub. Nagu ptk-s 2. "Õhuruumi struktuur" kirjeldatud, on seoses AMA tõusuga 2400 ft-ni, mis on seotud instrumentaallennutingimustes lendamiseks nõutud minimaalne takistustevaba kõrgusega (MOC), mõju IFR lendudele vähene lennuteabe juurutamise perioodil, kuid mõju puudub lennuteabe jõustumise järgselt.

Visuaallennureeglite järgi toimuvatele lendudele on meretuulepargi mõju sõltuvalt konkreetse lennu detailidest mõõdukas kuni oluline. Visuaallennureeglite järgi toimuvad lennud on väga erinevate eesmärkidega ning sõltuvad õhusõiduki võimekusest, piloodi pädevusmärgetest ja kogemusest ning ilmast. Vastavalt lennureeglitele on visuaallennuilma tingimusteks kontrollimata õhuruumis nähtavus vähemalt 5 km ja lennata tuleb selgelt väljaspool pilvi, pidades silmsidet aluspinnaga [5]. Planeeritavate meretuuleparkide alasid käsitletakse takistuste kogumina, millest lennureeglite järgi tuleb mööduda 150 m raadiuses kõrgeimast takistusest vähemalt 500 ft kõrguselt. Käesoleval hetkel on vaba vee kohal võimalik lennata 500 ft kõrguselt, edaspidi tuleb lennata takistustest üle ning minimaalne lennukõrgus saab olla 1484 ft merepinnast (arvestades tuuliku tipu kõrguseks planeeringus oleva 400 m) või tuleb meretuulepargist mööda lennates arvestada pikeneva lennuteekonaga.

Lennukõrgus on tihedalt seotud ilmastikutingimustega, eelkõige pilvede alumise piiri, nähtavuse ja jäätumise tingimustega.

Lennundusele vajalikke ilma parameetreid mõõdab Pärnu lennuväljal automaatne ilmajaam, teateid edastatakse iga poole tunni tagant ööpäevaringselt. Ruhnu lennuväljal ilmavaatlusi ei teostata, poolautomaatse ilmajaama andmed on saadaval Ruhnu lennuvälja terminalis. Kuressaare lennuväljal on lennuliiklusteeninduse üksuse tööaegadel ilmavaatlused edastatud lennuinformaatori poolt ning väljaspool üksuse tööaegu edastatakse automaatse ilmajaama teateid iga poole tunni tagant.

Piirkonnas on visuaallennu ilmaga seotud piiranguid enim talvekuudel, mil esinevad jäätumisolud, madal pilvisus ning halb nähtavus. Ühtsed lennureeglid sätestavad, et 150 m raadiuses kõrgeimast takistusest tuleb mööduda vähemalt 500 ft kõrguselt ja selgelt väljaspool pilvi, kuid minimaalne lennukõrgus tuulepargi kohal 1484 ft tingiks võimaliku madalaima pilvepiiri ~1700ft. Kuudel, mil regulaarliinil opereeritakse on pilvede alumise piiri kõrgus sageli oluliselt madalam, nt lähima lennuvälja kliimateatmiku, st Kuressaare kliimateatmiku [8] andmetel on alla 5000 m horisontaalse nähtavuse ja/või alla 1500 jala pilve alumise piiri kõrguse esinemissagedus oktoobris 33,9%, novembris 46,5%, detsembris 51,3%, jaanuaris 53,9%, veebruaris 56,8%, märtsis 56,4%, aprillis 48,4%.

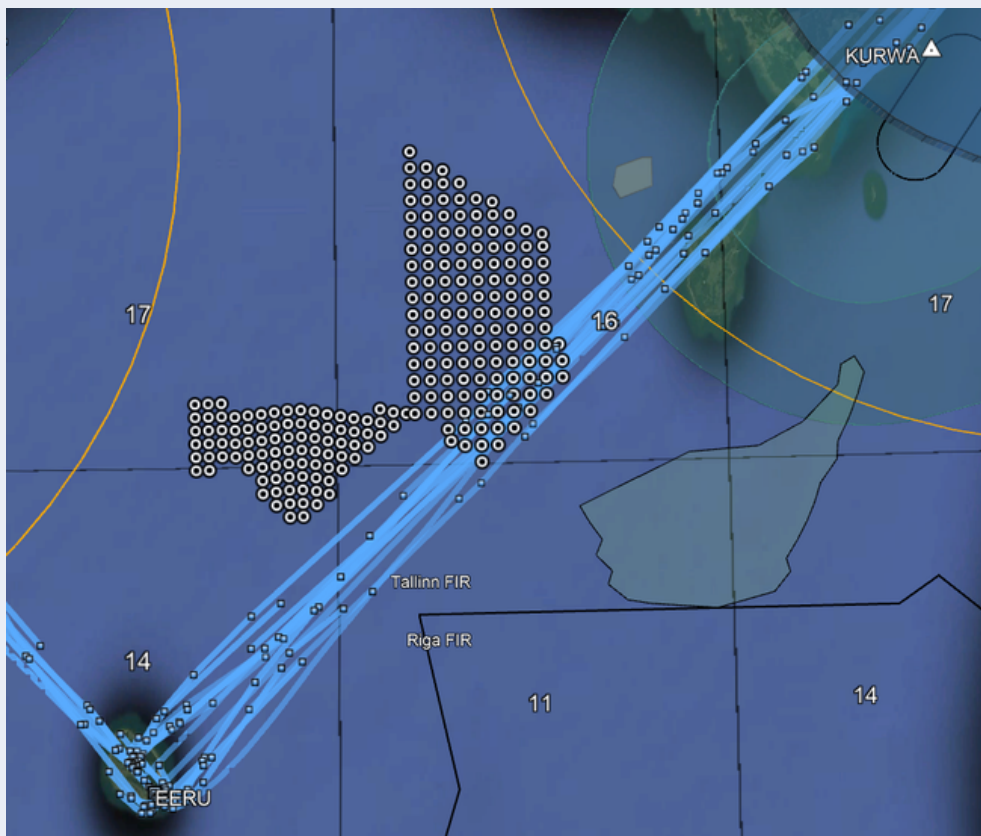
Liivi lahel toimub visuaallennureeglite kohaselt regulaarliin Pärnu-Ruhnu-Kuressaare vahel, mida opereerib riigihanke tulemusena Diamond Sky OÜ. Vastavalt Kuressaare-Ruhnu-Pärnu lennuliinil avaliku liiniveo teostamise ning teenindamise lepingule nr 1-12/19/1834-1 teostatakse lende oktoobrist maini [9].

Pärnu-Ruhnu-Kuressaare lennuliini lennutrajektorid (lennutrajektoride statistika on saadud Diamond Sky OÜ tegelike toimunud lendude andmete põhjal) läbivad planeeritavat meretuuleparki. Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Ameti (TTJA) hoonestusloa taotluste info põhjal [10] planeeritakse Saare-Liivi planeeringualast kagu poole Liivi lahe meretuulepargi ala. Alade paigutus ning lennutrajektorid on näha Joonisel 7. Meretuulepargi alade kumulatiivne mõju lennutegevusele on väga oluline. Planeeritavate meretuuleparkide alade vahele jääv vaba ala on kitsamas kohas ~ 9 km, mis on lennu teostamiseks teatud tingimustel (nt ilm, tuuleparkide vahelises vabas alas tekib keerisjalg, piirkonnas toimub muu lennuliiklus vm) ebapiisav. Diamond Sky OÜ hinnangul oleks ohutu tuuleparkidevaheline kaugus minimaalselt 10 km. See tagab võimaluse vajadusel tagasipööramiseks, sattumata samal ajal tuulepargist tekkiva võimaliku keerisjalje mõjualasse.

Joonisel 7 nähtavas situatsioonis on lendude teostamine Liivi lahel tugevalt piiratud, kuna takistustest pole

- ilmastikust tulenevalt või
- elektrituuliku tekitatava keerisjalje (vt ptk 7) tõttu võimalik ohutult mööduda.

Mõju hindamine visuaallendudele on paljudest konkreetse lennu detailidest sõltuv: mh puudub adekvaatne ilmainfo Ruhnu lennuväljal, Pärnu-Ruhnu liinil paiknevad takistused muudavad lennutrajektorid võimatuks või tõuseb oluliselt lennukõrgus ning pikeneb lennuteekond.



Joonis 7. Saare-Liivi planeeritava meretuulepargi, Pärnu-Ruhnu lennutrajektooride ja TTJA andmete põhjal Liivi lahe meretuulepargi hoonestusloa taotluse ala.

Teekonna planeerimine üle meretuulepargi ala pole hetkel kasutatava õhusõiduki jaoks instrumentaallennuilma korral või jäätumistingimustes võimalik. Teekonna planeerimine meretuulepargist lõuna poolt pikendab lendu 25 km ning ajaliselt 10 min võrra ning arvestada tuleb eelpool nimetatud tingimusi, mis võivad lendu mõjutada.

Lähtuvalt eelnevast, tuleb rajatava meretuulepargi olulise mõju leevendamiseks:

- koostöös lennuoperaatoriga leida optimaalne tuuleparkidevaheline kaugus või töörežiimid (nt regulaarliini toimumise ajaks tuulikud seisata), mille juures olemasolevat õhusõidukit on võimalik ohutult käitada,
- avaliku liiniveo teostamise riigihankel arvestada õhusõidukiga, millel on võimekus teostada instrumentaallende ja/või lende jäätumistingimustes, kuid seejuures tuleb tähele panna lennuväljade taristu piiranguid ning Ruhnu lennuväljal juurutada instrumentaallennu protseduurid*.

*Riigihanget korraldab Transpordiamet.

Üldiselt saab hinnata meretuulepargi mõju visuaallennureeglite järgi toimuvatele lendudele mõõdukast väga oluliseni. Tuginedes õhuruumi kasutajate tagasisidele, soovitame leevendusmeetmena paigaldada tuulepargi perimeetrile reaajas pilti edastavad kaamerad, et tagada olukorrateadlikkus ning võimalus visuaalselt hinnata ilmastikuolude sobivust lennuks enne lennu alustamist. Leevendusmeetme rakendamisel mõju väheneb.

Vastutus otsingu- ja päästetööde (SAR) tegemise eest Eesti päästepiirkonnas on jagatud Politsei- ja Piirivalveameti (PPA) ning Päästeameti vahel. PPA teostab lisaks ka erakorralise meditsiinilise evakuatsiooni lende (MEDEVAC). **SAR ja MEDEVAC** lendudele avaldab planeeritav meretuulepark **väga olulist mõju**.

Meretuulepargi rajamisega seoses on piirkonnas eeldatavasti enam töödega seotud inimesi, mis võib suurendada vajadust SAR ja MEDEVAC lendude järele. Pargi valmimise järgselt on elektrituulikute kui takistuste vahel SAR ja MEDEVAC lendude teostamine raskendatud. Otsingu- ja päästesündmuse puhul merel tehakse tihedat koostööd merepääste üksusega, kelle veesõidukite jaoks on oluline tagada ligipääsurajad (SAR access lane), mille kohal kopteriga lennatakse. Vastavalt Siseministeeriumi töögrupilt saadud infole saab mõju leevendamiseks SAR ja MEDEVAC lendudele lähtuda Lisas 1 väljatoodust. Leevendusmeetmete täpsustamiseks soovitame tutvuda dokumendiga: *Offshore Renewable Energy Installations: Requirements, guidance and operational considerations for SAR and Emergency Response* [11].

Tulenevalt Lennundusseaduse §34² ja §35 [12] peavad takistused olema markeeritud ja valgustustatud ICAO lisa 14 [13] kohaselt. Valgustuse osas on soovitatav kasutada ADLS (Aircraft Detection Lighting System) valgustussüsteemi. Õhusõiduki lähenedes meretuulepargile süttivad ADLS süsteemi ohutustuled, muul ajal on lennuohutustuled kustutatud. Või ülespoole suunatud nn ARC-SIRIL (Aviation Regulation Conformal – Surface Intensity Reduced Intelligent Lighting) valgusteid.

Mehitamata lennundusele avalduvat mõju pole võimalik hinnata. Mehitamata õhusõidukite lendamist tuulikute ümbruses on uuritud pigem tuulikute hooldusega seoses, kui eraldi lennunduse liigina. Hetkel tuleb lähtuda mehitamata õhusõidukite käitamisest Euroopa Komisjoni rakendusmäärusest (EL) 2019/947, 24. mai 2019, mehitamata õhusõidukite käitamise normide ja menetluste kohta [14]. Määrus sätestab vastavalt lennu iseloomust ja eesmärgist avatud, eri- ja sertifitseeritud kategooria, millele kehtivad eraldi nõuded. Käesoleval hetkel on meretuulepargi sees ja lähistel toimuvat võimalikku mehitamata lennutegevust keeruline prognoosida, mistõttu seda ei käsitleta.

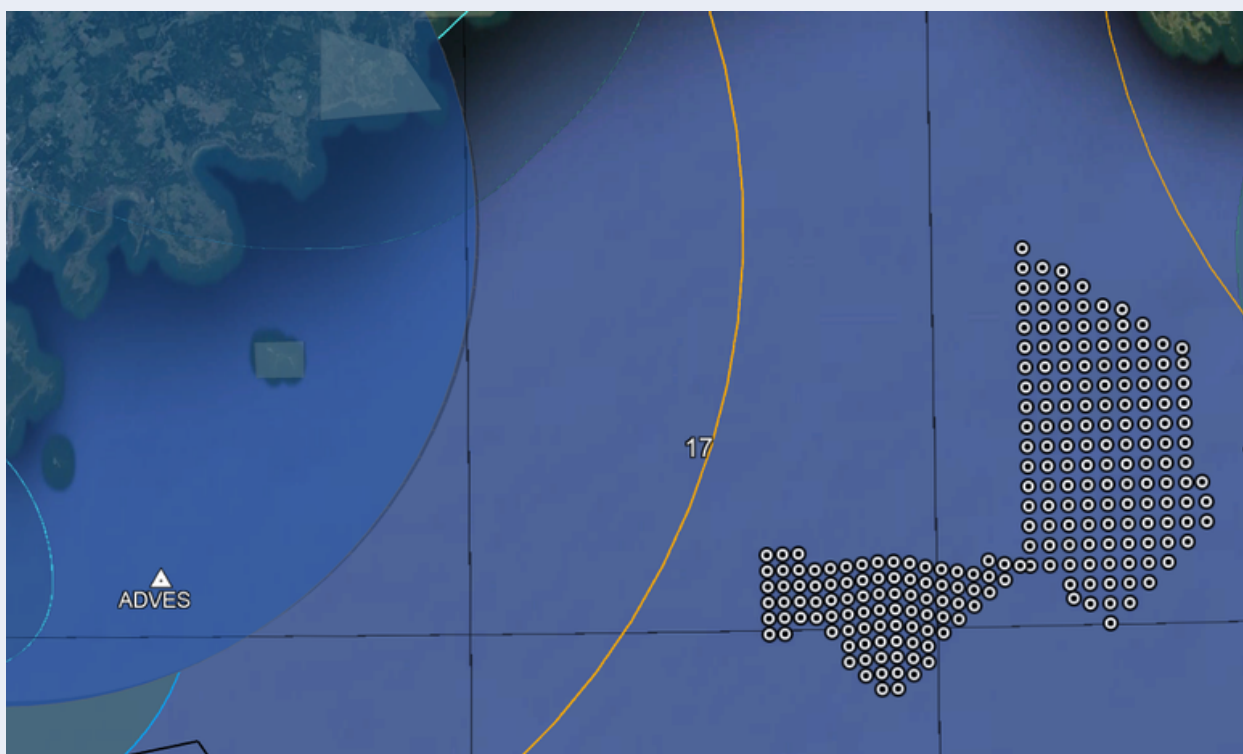
4. Kuressaare lennuvälja protseduurid

Mõjude tuvastamiseks Kuressaare lennuvälja lähenemisprotseduuridele kasutati meretuulepargi asendiplaani ja protseduuride geoandmete kõrvutamisel graafilise ülekatte meetodit (vt Joonis 8).

Meretuulepargi rajamisel **Kuressaare lennuvälja protseduuridele mõju puudub.**

Lennuvälja ümbruses on ohutuks lendamiseks kehtestatud minimaalne lendamise kõrgus (MSA), mis tagab minimaalse ohutu vahe õhusõiduki ja takistuse vahel. MSA arvestatakse lennuvälja viitepunktist 25 NM (46 kilomeetri) suuruse ringina kõige kõrgemast takistusest, millele liidetakse 1000 ft. Planeeritav meretuulepargi ala jääb Kuressaare lennuvälja MSA ringist välja, seega **mõju MSA-le puudub.**

Meretuulepark ei paikne Kuressaare lennuvälja vahetus läheduses, seega **mõju takistuste piirangupinnale (OLS) puudub.**



Joonis 8. Kuressaare lennuvälja protseduurid ja meretuulepargi planeeringuala.

5. Pärnu lennuvälja protseduurid

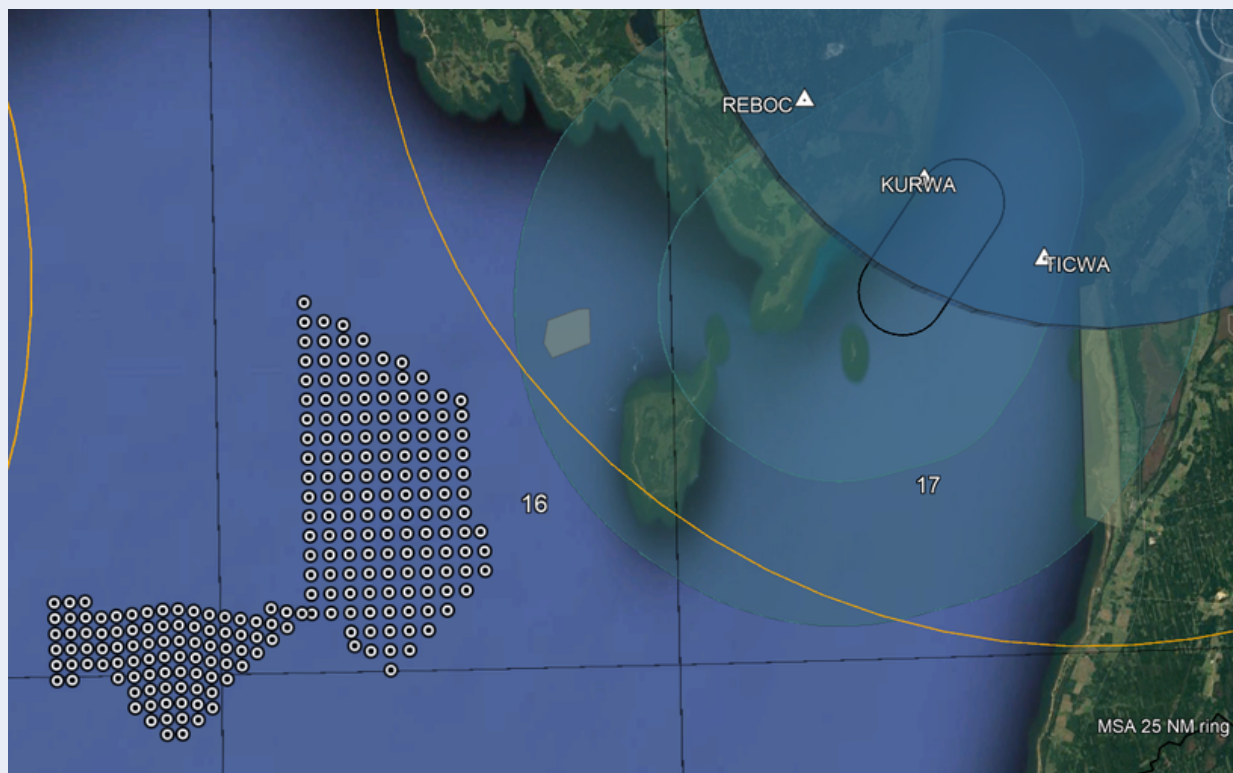
Mõjude tuvastamiseks Pärnu lennuvälja lähenemisprotseduuridele kasutati meretuulepargi asendiplaani ja protseduuride geoandmete kõrvutamisel graafilise ülekatte meetodit (vt Joonis 9).

Tuulepargi rajamisel **Pärnu lennuvälja protseduuridele mõju puudub.**

Lennuvälja ümbruses on ohutuks lendamiseks kehtestatud minimaalne lendamise kõrgus (MSA), mis tagab minimaalse ohutu vahe õhusõiduki ja takistuse vahel. MSA arvestatakse lennuvälja viitepunktist 25 NM (46 kilomeetri) suuruse ringina kõige kõrgemast takistusest, millele liidetakse 1000 ft. Planeeritav meretuulepargi ala jääb MSA ringist välja, seega **mõju MSA-le puudub.**

Pärnu lennuväljale on kehtestatud RNP (satelliitnavigatsioonil põhinev) lähenemisprotseduurid RNP 03 ja RNP 21, millele planeeritaval meretuulepargil mõju puudub. Lähenemisprotseduuri punkti KURWA **puhveralale mõju puudub**, kuna tuulikud paiknevad väljaspool punkti puhverala.

Meretuulepark ei paikne Pärnu lennuvälja vahetus läheduses, seega **mõju takistuste piirangupinnale (OLS) puudub.**



Joonis 9. Pärnu lennuvälja protseduurid ja meretuulepargi planeeringuala.

6. Mõjud side-, seire- ja navigatsiooniseadmetele

Lennuliikluse korraldamiseks ja juhtimiseks on taristu, milleks on side-, navigatsiooni- ja seireseadmed. Kõik need seadmed on raadioseadmed, mis töötavad sagedustel, mis levivad atmosfääris sirgjoonelisena ehk otsenähtavuse põhimõttel. Refraktsiooni tõttu ulatuvad raadiolained pisut maapinna kumeruse taha, seetõttu on raadiohorisont kaugemal kui otsenähtavusest tulenev horisont. See tähendab, et kõik objektid, mis jäävad nende seadmete vaatevälja võivad tekitada probleeme:

1. Objekti taha signaal ei levi, ehk negatiivselt on mõjutatud seadme töökaugus ning katteala;
2. Objekt võib tekitada peegeldusi ja muid ebasoovitavaid häireid.

Tuulepargi mõjud side-, seire- ja navigatsiooniseadmete korral on olulisimad just seireseadmetele, mistõttu vaadeldakse antud analüüsis neid ka lähemalt. Seireseadmetena on Eestis kasutusel 2 sekundaarradarit, laia kattealaga multilateratsioonisüsteem (WAM). Lisaks on Tallinna lennuvälja seireks eraldi multilateratsioonisüsteem (MLAT) ning primaarradar maapealse liikluse jälgimiseks (SMR).

Eurocontrol (Euroopa Lennuliikluse Ohutuse Organisatsioon) on välja andnud juhised tuuleparkide potentsiaalse mõju hindamiseks radaritele (EUROCONTROL-GUID-130 [15]), millest antud analüüsis lähtutakse. Sarnane dokument puudub teistele süsteemidele mõju hindamiseks. Seetõttu rakendatakse mõju hindamisel sarnaseid põhimõtteid teistele süsteemidele.

Mõju hindamise esimene samm on tuvastada, kas tuulepark jääb seadmete otsenähtavusse. Selleks on arvutatud iga süsteemi raadiohorisont 400 m kõrguste tuulikute põhjal kasutades üldtuntud valemit: $d = 4.12 * (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$, kus h_1 on radari kõrgus maapinnast meetrites ja h_2 on tuuliku kõrgus merepinnast meetrites. Täpsemad arvutused on võimalik teha spetsiaalsete tarkvaradega, mis võtavad arvesse maapinna kõrgusmudelit ja muud hoonestust, kuid antud hinnangus ei ole sellise täpsusega analüüs asjakohane ega vajalik.

Olgugi, et primaarradarid on tuuleparkide suhtes kõige tundlikumad seadmed, siis Saare-Liivi meretuulepark Tallinna lennuväljal asuvatele süsteemidele (SMR ja MLAT seadmed) suure vahekauguse tõttu mõju ei avalda. Tallinna sekundaarradari puhul on raadiohorisondi kaugus 400 m tuuliku korral 104 km, mis ei ulatu Liivi laheni. Seega **Tallinna radarile tuulepargi rajamisega mõju puudub.**

Kahest sekundaarradarist teine asub Martnas Läänemaal. Martna radari raadiohorisont ulatub Saare-Liivi meretuulepargini, mis tähendab, et tuulepark on Martna radari jaoks nähtav nagu on näidatud Joonisel 10.



Joonis 10. Martna radari raadiohorisont 400 m kõrguste tuulikute korral.

Kuna tuulepark jääb üle radari raadiohorisondi, siis on tuulepargi rajamisel olemas mõju radari tööle:

1. Tuulepargi taha jääval alal on õhusõidukite avastamistõenäosus häiritud;
2. Tuulepargi pöörlevad labad võivad tekitada soovimatuid peegeldusi. Seetõttu võib seireandmetes esineda fantoomõhusõidukeid või õhusõidukeid, kelle lennu parameetrid (kõrgus, identifitseerimiskood, kaugus, asimuut jms) on valed või ebatäpsed.

Martna radarile on tuulepargi mõju vähene. Radari katteala saab olema häiritud väheses mahu ning alas, mis ei ole kontrollitav õhuruum. Pimeala jääb Tallinna FIR piirile ja sellest väljapoole, kuid allapoole kontrollitud õhuruumi. Tuulepargi negatiivne mõju Martna radarile kontrollitud õhuruumis (alates kõrgusest 9500 ft) on vähetõenäoline. Samas tuleb arvestada, et mõju tekkimisel võivad olla vajalikud EANS seireandmete töötlemise süsteemides parameetrite ja konfiguratsiooni muutmised.

Eurocontroli juhiste järgi ei tohiks rajada tuuleparke radari ja testtranspondri (seade, mille abil monitooritakse 24/7 radari tööd) vahele. Testtranspondrid asuvad radarite vahetus läheduses ning Saare-Liivi tuulepargil ei ole neile mõju.

WAM süsteemi puhul on tegemist hajusalt paigutatud paljudest tugijaamadest koosneva süsteemiga. Eestis on WAM tugijaamu üle Eesti sh saartel kokku 26. Antennid on paigutatud mobiilimastide tippu, mille kõrgus ulatub 100 meetrini, mistõttu on ka nende tööulatus suurem. Kuna aga õhusõiduki asukoha arvutamine käib kasutades mitut tugijaama korraga, siis ei ole võimalike häirete ja peegelduste mõju leitav sarnaselt radaritele. Mõju prognoosimisel esineb palju määramatust. Tavapäraselt teevad WAM süsteemi kattealade analüüse süsteemi tootjad, kes omavad kõige rohkem informatsiooni ja oskusteavet süsteemi iseärasuste kohta. Olenemata sellest viiakse tavapraktikana läbi testlend ning analüüs juhusliku lennuliikluse põhjal, et reaalset katteala ning süsteemi töökindlust hinnata. Saare-Liivi meretuulepark on nähtav vähemalt viiele WAM tugijaamale (vt Joonis 11), mis võib põhjustada erinevaid probleeme nagu eelpool kirjeldatud radari puhul. Mõjutatud tugijaamasid võib olla rohkemgi, olenevalt masti kõrgusest ja otsenähtavusest tuulikute ja tugijaamade vahel.



Joonis 11. Tuulepargi nähtavus WAM tugijaamadele 80 m WAM antennide ja 400 m tuulikute korral. Ringi keskpunkt on ligilähedane tuulepargi keskpunktiga ja ringi raadius on 119 km.

WAM süsteemile on tuulepargi mõju mõõdukas, kuid määramatuse tõttu mõju hindamisel tuleb hinnata **meretuulepargi mõju WAM süsteemile oluliseks**. Leevendusmeetmetena on süsteemi modulaarsusest tingituna võimalik tugijaamasid ringi tõsta või juurde lisada. Ühtlasi on võimalik tarkvaraliselt modifitseerida katteala parameetreid ja mõõtmeid.

Tuulepargi taha jääval alal on õhusõidukite avastamistõenäosus häiritud. See saab olema häiritud väheses mahus ning alas, mis ei ole kontrollitav õhuruum. Pimeala jääb Tallinna FIR piirile ja sellest väljapoole, kuid allapoole kontrollitud õhuruumi. Tuulepargi negatiivne mõju WAM süsteemile kontrollitud õhuruumis (alates kõrgusest FL95) on vähetõenäoline. Samas tuleb arvestada, et mõju tekkimisel võivad olla vajalikud EANS WAM süsteemi parameetrite ja konfiguratsiooni muutmine ning füüsiliste tugijaamade ringitõstmine või lisamine, mis toovad EANSile kaasa lisakulutusi.

Seireandmeid jagatakse riikide vahel. Näiteks Läti jagab Eestiga seireandmeid ja vastupidi. Antud analüüsi käigus pole hinnatud mõju Läti radaritele ega Eesti seiresüsteemide mõju Läti lennujuhtimiskeskuse tööle.

Navigatsiooniseadmed on seadmed, mis asuvad maa peal, kuid mille lõppkasutaja on õhusõiduki piloot. Erinevalt seiresüsteemidest, kus negatiivsete mõjude tõttu on häiritud lennujuhtimiskeskuse töö, on navigatsioonisüsteemide häirete korral häiritud piloodi töö. Maapealsed navigatsiooniseadmed asuvad Kuressaare, Tallinna ja Tartu lennujaamades. Navigatsiooniseadmed võivad ehitiste tõttu olla häiritud selliselt, et õhusõidukil võib olla häiritud enda asukoha tuvastamine. Seadmete võimekus ja täpsus sõltub paljuski sellest, kus õhusõiduk asub maapealsete seadmete suhtes. Kõik navigatsiooniseadmed peale Kuressaare DME (*Distance Measuring Equipment* - kauguse mõõtmise seade) asuvad piisavalt kaugel meretuuleparkidest ning pole neist mõjutatud. **Maandumisseadmetele tuulepargil mõju puudub** nende väikese tööulatuse ja suunaomaduste tõttu. Kuressaare DME suhtes jääb Saare-Liivi meretuulepark raadiohorisondist kõrgemale nagu on näha Joonisel 12.

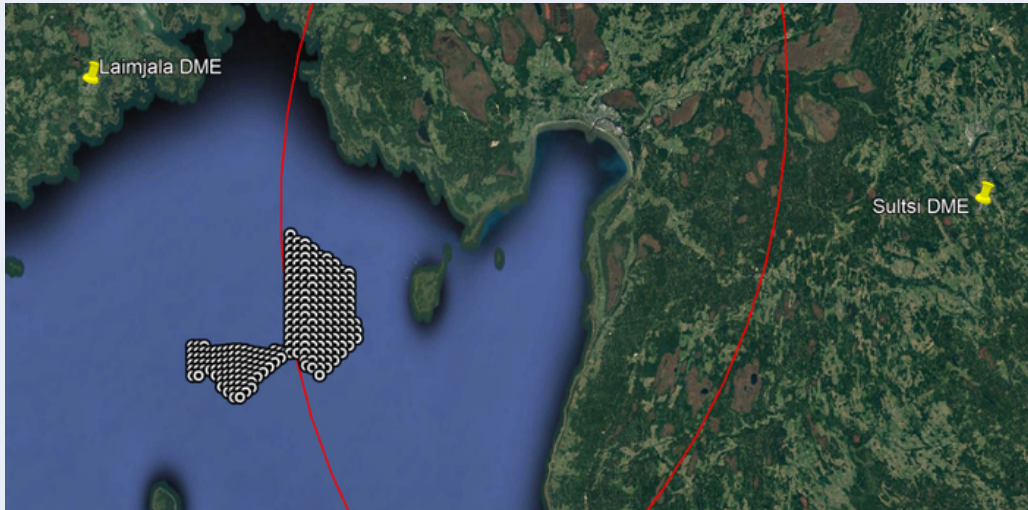


Joonis 12. Kuressaare DME raadiohorisont raadiusega 105 km 400 m tuulikute korral.

See võib mõjutada negatiivselt õhusõidukeid, kes asuvad selliselt, et meretuulepark jääb DME ja õhusõiduki vahele. Sellised õhusõidukid asuvad madalal ning lendavad reeglina kontrollimata õhuruumis visuaallennureeglite tingimustes, mistõttu võib hinnata meretuulepargi mõju väheseks. Kaudsemalt võib meretuulepark tekitada peegeldusi ja häireid ka mujal lendavatele õhusõidukitele, kuid selle esinemise tõenäosus on madal.

Lennuakadeemiale teadaolevalt on Lennuliiklusteeninduse AS uuendamas oma DMEde võrgustikku. Uued DME-d plaanitakse kasutusele võtta käesoleva aasta lõpus, misjärel praegu kasutusel olevad seadmed demonteeritakse. Uued seadmed asuvad sarnaselt WAM süsteemile mobiilmastides ning neid on üle Eesti viis.

Lähimad tugijamaad Saare-Liivi tuulepargile asuvad Saaremaal Laimjals ja Viljandimaal Sultsis. Uutele DMEdele on Saare-Liivi tuulepargi mõju pisut suurem kui praegustele lähema ja kõrgema asukoha tõttu (vt Joonis 13). Samal ajal on uutel seadmetel oluliselt tihedam ülekate. Kokkuvõttes on **meretuulepargi mõju navigatsiooniseadmetele vähene.**



Joonis 13. Laimjala ja Sultsi DME raadiohorisont raadiusega 119 km 80 m masti ja 400 m tuulikute korral.

Sideseadmetena kasutatakse lennunduses piloodi ja lennujuhi vaheliseks sidepidamiseks amplituudmoduleeritud VHF raadiosidet. Selleks on maale paigaldatud VHF transsiiverid, mis töötavad saate- ja vastuvõtturežiimis. Side kvaliteet sõltub suuresti õhusõiduki asukohast maapealse infrastruktuuri suhtes. Sarnaselt navigatsiooniseadmetele asub lähim raadio Kuressaares, teisi raadiojaamu Saare-Liivi meretuulepark ei mõjuta. Mõju on sarnane Kuressaare DMEle, kus õhusõiduki ja raadio vahele jäävad objektid võivad katkestada sidevõimekuse või seda häirida. Häiritud on madalalt lendavate meretuulepargi taha jäävate või vahetuses läheduses lendavate õhusõidukite raadioside. Kokkuvõttes **on meretuulepargi mõju sideseadmetele vähene.**

7. Keerisjalg

Erinevate uuringute põhjal võib öelda, et tuulepargid tekitavad olulisel määral keerisjalgi ning turbulentsi. Lennunduses eristatakse vähest, mõõdukat ja tugevat turbulentsi lähtuvalt õhusõiduki raskuskeskme muutustest, asendi muutumisest ruumis ning pardal tajutavatest kehale avalduvate jõudude muutusest. Tugevat turbulentsi iseloomustavad suured, äkilised ja lühiajalised kontrollimatud muutused lennuki piki-, põiki- ja teekonnapüsivuses ning kõrguses ja kiiruses. Lahtised esemed pardal ning õhusõiduki konstruktsioonile mõjuvad jõud võivad tekitada õhusõidukile kahjustusi. Nii lennukite kui kopterite puhul on elektrituulikute poolt kõige olulisemaks turbulentsi mõjuks peetud põikijuhitavuse muutusi, mille tulemusena õhusõiduk küljele kaldub [16].

Sõltuvalt tuulikute omadustest (kõrgus, labade diameeter, jms) ja atmosfääri tingimustest (õhumassi stabiilsusest tulenevalt on leitud, et keerisjalje püsivus on kauakestvam stabiilse stratifikatsiooni korral [17]) on mõju ulatus ning tugevus varieeruv. Tugevaima turbulentsiga alad on sageli leitud rootori diameetri alusel ning jäävad 5 - 7 [18], [19], - kordse turbiini labade diameetri (D) kaugusele. Kirjeldatakse ka märgatavat keerisjalje mõju 10-12D kaugusel [20].

Arvestades valdava tuule suuna ja kiirusega (KMH programmis [1] on nimetatud, et piirkonnas on valdavad edelatuuled ning avatud keskosas on aasta keskmine tuule kiirus 8–8,5 m/s, puhangud 26–28 m/s. Lähima olemasoleva lennuvälja kliimateatmiku, so Kuressaare kliimateatmiku [8] andmetel on tuul edelast ja läänest keskmise kiirusega 8.2 kt (4,1 m/s)) ning keerisjalje turbulentsi võimaliku ulatusega, võib planeeritavate meretuuleparkide vahelisel alal teatud tingimustel olla lennu ohutuse tagamine raskendatud. Seetõttu tuleb hinnata meretuulepargist tekkiva **keerisjalje mõju** nii tuulepargis sees kui ka lähistel lennates **mõõdukaks**.

Lisa 1 - Siseministeeriumi töögrupi sisend

SAR ja MEDEVAC lendude osas

Vastavalt Siseministeeriumi töögrupilt saadud infole on esile toodud järgmist:

- Sisenemise piirangud – kõik õhusõidukid ei või/saa siseneda alasse. Halva nähtavuse või tormi korral ei ole sisenemine parki ohutu.
- Kaugus kaldast – see tähendab, et otsingu- ja päästeüksuse tööaeg kohapeal on lühem, kohalejõudmise aeg on pikem. Pikemale päästesündmusele on vaja kaasata rohkem üksuseid, et asendada ammendunud ressursid. Vajalik kaldatoetuspunkt, tugiteenustega maandumisplats kopterile, veesõidukile sadam varude täiendamiseks jms.
- Otsingute efektiivsus on madalam, kui avaveel - otsingumustreid ei saa kasutada täies ulatuses, nähtavus piiratud tuulikute tõttu, pargis navigeerides on meeskondade fookus jagunenud enda ohutuse tagamise ja otsingu teostamise vahel.
- Igasugune side (operatiiv-, telefoni-, mereraadioside) on suure tõenäosusega häiritud või kaugemal asuva meretuulepargi piirkonnas puudub levi. Samuti võib olla häiritud või mitte toimida AIS (laevade tuvastamise automaatne süsteem) info edastamine. Ühendus päästeüksusega ja tema jälgimine seirevahenditega häiritud või puudub. *[autorid: võimalike sidehäirete tuvastamiseks on soovitatav teostada täiendavaid mõõtmisi ja vajadusel rajada tugijaamasid [11], [18], [21]]*
- Radarseire on tõenäoliselt häiritud meretuulepargi tõttu - pargi taha jäävaid objekte ei näe. *[autorid: Lisaks paiksetele primaar- ja sekundaarradaritele on õhusõiduki pardal radarid (airborne radar), mille töö võib olla takistuste tõttu häiritud. Tekivad peegeldused, pimedad alad jms. [11]]*
- Päästeüksuse navigatsioonivahendite töö võib olla häiritud.

Siseministeeriumi töögrupi poolt on merepääste vaates välja toodud järgmised soovitusel.

Planeering:

- Soovitus tuulikute paiknemiseks ruudustikus. [autorid: Mittekorrapärasel meretuulepargis on tõenäoline, et väheneb oluliselt otsinguobjekti tuvastamise tõenäosus. Lisaks kujutavad ebaühtlased paigutused endast ohtu lennuohutusele, mis võivad vähendada ülesande tulemuslikkust ja/või välistada SAR-helikopterite kasutamist [11], [22].]
- Minimaalne tuulikute vahe 1 km.
- Kui tuulikud ei ole paigaldatud ruudustikku, siis tagada minimaalne SAR access lane laius 1 km.
- SAR access lane eraldi markeeritud.
- Vajadusel luua refuge area kopteritele (meretuuleparkidel üle 10 km ulatusega).
- Selge märgistussüsteem tuulikutel, nähtav vee- ja õhusõidukitele.
- Vintsimisplatvormiga tuulikute eraldi märgistus, valgustamine.
- Tuulepargi töövalgustus ei tohi pilooti pimestada, võimalusega see eemalt välja lülitada.

Meretuulepargi kontrollimine ja väljalülitamine kaldalt (sealhulgas valgustus):

- 24h kättesaadav.
- Tuulikute seiskamine, labade lukustamine teatud asendisse, gondli keeramine teatud asendisse (et tekitada laiem koridor).
- Tagatud meretuuleparki kontrolliva (24h) üksuse kontakt JRCC-ga (pääste- ja koordinatsioonikeskus) telefoni ja VHF side teel.
- Otseühenduse pidamine kopteri või laevaga, kes teostab otsingu- ja päästeoperatsiooni meretuulepargi sees või selle läheduses (selle puudumisel parki ei siseneta).

Autorite märkus: meretuulepargi elektrituulikute paigutuse osas seoses ligipääsuradade ja turvaaladega konsulteerida Siseministeeriumi, Politsei- ja Piirivalveameti lennueskadrilli ja tuulepargi operaatoriga (ligipääsurajad ning turvaalad on kasutatavad ka pargi hooldusmeeskondade poolt).

Kasutatud allikate loetelu

- [1] Kutsar, R., Roheplaan OÜ (2022). *Saare-Liivi meretuulepargi keskkonnamõju hindamine KMH programm avalikule väljapanekule* 26.07.2022. Vaadatud 04.10.2023. https://saareliivituulepark.ee/wp-content/uploads/2022/09/Utilitas_meretuulepargi_KMHP_EST.pdf
- [2] Kutsar, R., Roheplaan OÜ (2023). *Saare-Liivi meretuulepargi täiendava koormatava ala keskkonnamõju hindamine KMH programm nõuetele vastavaks tunnistamisele* 22.09.2023. Vaadatud 04.10.2023. <https://jvis.ttja.ee/modules/dokumendiregister/view/897296>
- [3] Majandus- ja kommunikatsiooniminister (2012). *Aeronavigatsiooniteabe edastamise ja avaldamise kord ning nõuded aeronavigatsioonimõõdistustele*. Vaadatud 14.06.2023 <https://www.riigiteataja.ee/akt/131052012012>
- [4] Riigikogu (2023). *Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadus*. Vaadatud 13.09.2023 <https://www.riigiteataja.ee/akt/106072023015>
- [5] Euroopa Komisjon (2012). *Komisjoni rakendusmäärus (EL) nr 923/2012, uuendatud 15.02.2023*. Vaadatud 24.05.2023. <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-standardised-european-rules-air-sera>
- [6] Lennuliiklusteeninduse AS (2023). *Lennundusteabe kogumik*. Vaadatud 13.09.2023. eaip.eans.ee
- [7] Tallinna Lennujaam (2023). *Statistika*. Vaadatud 06.09.2023. <https://parnu.tallinn-airport.ee/lennujaamast/statistika/>
- [8] Mändla, K., Krabbi, M. (2022). *Kuressaare lennuvälja kliimateatmik*. Vaadatud 06.09.2023. https://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2022/09/Kuressaare_lennuvalja_kliimateatmik_202209.pdf
- [9] Maanteeamet (2020). *Kuressaare-Ruhnu-Pärnu lennuliinil avaliku liiniveo teostamise ning teenindamise leping nr 1-12/19/1834-1*. Vaadatud 04.10.2023. <https://www.riigiteataja.ee/akt/109012020003>
- [10] Maa-amet. (2023). *Tarbijakaitse ja Tehnilise Järelevalve Amet*. Vaadatud 04.10.2023. <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/TTJAhoonestusload>
- [11] Lowson, P. (2021). *Offshore Renewable Energy Installations: Requirements, guidance and operational considerations for SAR and Emergency Response*. Vaadatud 24.05.2023. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1034158/OREI_SAR_Requirements_v3.pdf
- [12] Riigikogu (2023). *Lennundusseadus*. Vaadatud 28.06.2023. <https://www.riigiteataja.ee/akt/130062023032?leiaKehtiv>
- [13] ICAO (2022). *Annex 14, volume I - Aerodrome design and operations*. Vaadatud 28.06.2023 <https://elibrary.icao.int/home>
- [14] Euroopa Komisjon (2019). *KOMISJONI RAKENDUSMÄÄRUS (EL) 2019/947, 24. mai 2019, mehitamata õhusõidukite käitamise normide ja menetluste kohta*. Vaadatud 28.06.2023. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/HTML/?uri=CELEX:32019R0947>

- [15] Eurocontrol (2014). *Eurocontrol Guidelines: How to Assess the Potential Impact of Wind Turbines. Surveillance Sensors*. Vaadatud 14.09.2023. <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2019-05/20140909-impact-wind-turbines-sur-sensors-guid-v1.2.pdf>
- [16] Wall, van der, B.G., Fischenberg, D., Lehmann, P.H., Wall, van der, L.B. (2016). *Impact Of Wind Energy Rotor Wakes On Fixed-wing Aircraft And Helicopters*. Vaadatud 20.09.2023. <https://dSPACE-erf.nl/server/api/core/bitstreams/6dc8d0c5-d526-4067-ad65-49b5f7347776/content>
- [17] Syed, A.H., Mann, J., Platis, A., Bange, J. (2022). *Turbulence above offshore wind farms measured by aircraft*. Vaadatud 20.09.2023 <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2265/2/022065/pdf>
- [18] CAA (2016). *CAA Policy and Guidelines on Wind Turbines CAP 764*. <https://publicapps.caa.co.uk/docs/33/CAP764%20Issue6%20FINAL%20Feb.pdf>
- [19] Wang, Y., White, M., Barakos, G. (2015). *Wind Turbine Wake Encounter Study*. Vaadatud 24.05.2023. https://www.liverpool.ac.uk/media/livacuk/flightscience/projects/cfd/wakeencounter/caa_wind_turbine_report.pdf
- [20] Vermeer, Nord-Jan & Sørensen, Jens & Crespo, Antonio. (2003). *Wind turbine wake aerodynamics*. Progress in Aerospace Sciences - PROG AEROSP SCI. 39. 467-510. 10.1016/S0376-0421(03)00078-2. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0376042103000782>
- [21] Angulo, I., de la Vega, D., Cascón, I., Cañizo, J., Wu, Y., Guerra, D., Angueira, P. (2014). *Impact analysis of wind farms on telecommunication services*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 32, pp 84-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032114000100?via%3Dihub>
- [22] Royal Haskoning DHV (2023). *Green Volt Offshore Windfarm Offshore EIA Report Chapter 16 Aviation and Radar*. Vaadatud 28.06.2023 <https://greenvoltoffshorewind.com/wp-content/uploads/2023/02/PC2483-RHD-ZZ-XX-RP-Z-0016-Aviation-and-Radar.pdf>

Konsulteriti järgmiste asutuste ja nende üksustega:

Lennuliiklusteeninduse AS

Lennundusteabe osakonna kartograafia grupp - protseduuride disaini ja lennunduskaartide osas

AIP grupp - lennundusteabe osas

Tehnikaosakond - side-, navigatsiooni- ja seireseadmete osas

Siseministeerium ja PPA Lennusalk

SAR ja MEDEVAC lendude osas

AS Tallinna Lennujaam Pärnu lennujaam

Pärnu FIZi (lennuinfotsooni) läbivate lendude statistika osas

Diamond Sky OÜ

Pärnu-Ruhnu-Kuressaare lennuliini osas

Eesti Erapilootide Liit

Liidu liikmete eralennunduse tegevuse osas



Saare-Liivi meretuulepargi mõjud lennundusele

Tellija: Utilitas Wind OÜ

Rakendussuuringu läbiviija: Eesti Lennuakadeemia
Alisa Lepik, Tõnis Jürimäe, Viljar Vooremäe

ADDRESS

Lennu 40, Reola küla, Kambja vald, 61707 Tartumaa

ÜLDTELEFON

+372 744 8100

E-POSTI AADDRESS

eava@eava.ee

