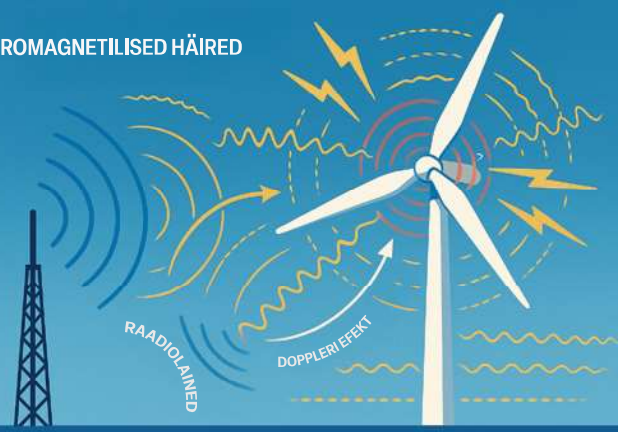


Miks tuuleelektrijaamade (TEJ) ümbruses mobiilikõned katkevad, raadio sahib ja miks rootslased keelasid TEJ rajamise Läänemeresse?

ELEKTROMAGNETILISED HÄIRED



Tuuleelektrijaamade (TEJ) raadiohääringuid on maailmas palju uuritud ning jõutud ühisele arusaamisele – need on suured raadiohäired allikad laias sagedusvahemikus alates hertsidest kuni gigahertsideni ning tekitavad olulist madalsageduslikke helilaineid, samuti ioniseerivad keskkonda enda ümber.

TEJ koosneb paljudest üksikutest koostavatest elektrituliikutest, mille toodetud elektrienergia muundatakse siinuseks 50 Hz sagedusega pingeks, mille voolu faas muutub sõltuvalt koormuse iseloomust.

Elektrituulik koosneb järgmistest konstruktsioonielementidest: paigalseisev torn, mis on ankurdatud merepõhja, ning masti tippu paigaldatud pööratav gondel, kus kiiresti energia muundatakse elektrigeneraatori abil elektrienergiaks. Elektrigeneraatori võlli on ühendatud suure läbimõõduga rootoriga, mille küljes on kolm laba tuule püüdmiseks.

Labad valmistatakse komposiitmaterjalidest, mis koguvad staatilist kõrge potentsiaaliga elektrilaenguid, mis pöörlemisel ioniseerivad ümbritsevat keskkonda. Kõrge potentsiaaliga (amplituud sadades kilovoltides) staatilised elektrilaengud maandatakse sagede elektroodidega, mis on võrreldav töötava sagedasaja põhjustatud laiaribalise elektromagnetilise kiirgusemüraga.

Elektrituuliku töötamisel tekitavad labad pöörlemisel kuuldatava müra, mida mõeldakse mõõtemikrofoniga ja registreeritakse helihõluna.

Seega tekitavad elektrituulikud töötamisel laiaribalisi kõrg- ja madalsageduslikke heli- ja elektromagnetilaineid ning ioniseeritud elektrilaenguid, mille intensiivsus keskkonnas on suurenenud kümnete kilomeetrite ulatuses. Häiringute suurus on korrelatsioonis elektrituliikute suurusega ja sõltub kohalpealsest ilmast.

Mõistmaks raadiohäirete põhjuseid

Selleks, peab esmalt selgitama raadiolaine levi ja andmeside põhimõtteid.

Raadioside ulatus sõltub suurel määral sagedusest: mida kõrgem sagedus, seda väiksem levialatus. Side on võimalik, kui saatja antennist lähtuv raadiolaine jõuab vastuvõtja antennini sellise väljatugevusega, et suudab indutseerida vastuvõtja sisendistundlikkusele vastava pinget.

Vastuvõtja tundlikkus on määratud minimaalse signaali võimsusega antennis, mis tagab vastuvõtja väljundis nimiparameetritega signaali.

Side kvaliteet sõltub signaali ja müra suhtest ($\text{Signal to Noise Ratio} = \text{SNR}$) vastuvõtja sisendis.

Raadiolained liiguvad saatja ja vastuvõtja vahel sirgjooneliselt. Häireteta raadiolaine on määratud Fresneli tsooniga, kus ei ole lainete levimise riiki peegeldavaid pinde nagu veekogud, tasane maastik, ehitised, mille pindalad peegeldavad raadiolaineid liitvud mõningase faasinihkega otse vastuvõtjani liikuvate signaalidega.

Digitaalsignaali edastamisel kasvab koos SNR-i halvenemisega bititeavegur, s.o viigaste bittide arv kasuliku signaali bittide arvu suhtes.

Andmesides ja mobiilsides kasutatakse põhiliselt OFDM-i (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) modulatsiooni. OFDM-is on tihedalt pakitud alamkanalid, mis on üksteise suhtes ortogonaalsed. Ühe alamkanaja tipp paikneb teiste alamkanajate nullsagedusel.

Mida kurja teeb TEJ nendele signaalidele?

OFDM-moduleeritud signaalid on väga tundlikud sagedus- ja faasinihete suhtes, mis põhjustavad kanalitevahelise interferentsi ning alamkanad kaotavad ortogonaalsuse. Elektrituulikud peegeldavad elektromagnetilaineid nagu kõik ehitised, kuid kiirski tõrjil on pöörlevatelt tuuliklabadelt peegeldunud kombinatsioon Doppleri sagedusnihega signaalid.

Sagedusnihe ulatub kilohertsideni ning sõltub peegeldatava signaali sagedusest ja labade pöörlemiskiirusest.

Vastuvõtja sisendis elektrituulikut peegeldunud ja otsesignaal liituvad. Edasine sõltub sellest, kas SNR on sidepidamiseks piisav, s.o otsesignaal peab olema piisava võimsusega ja suudab indutseerida vastuvõtja tundlikkusele vastava pinget, võrreldes muude häiringutega (sh TEJ).

Alati on võimalus parandada signaalimüra suhet, liikudes saatjale lähemale – mobiilside puhul siis mobiiliga masti alla, mis üldjuhul on lingitud võrku optilise kaabliga ja on häirevaba. Vastuvõtja sisendisse jõudev TEJ tekitatud häiringu suurus sõltub saatja, vastuvõtja ja TEJ ruumilisest paigutusest ning tuule suunast (s.o labade asendist saatja ja vastuvõtja suhtes).

Vastuvõtjates ei ole võimalik kompenseerida elektrituuliku labade pöörlemisel tekkivaid elektromagnetiliste sageduse ja faasi häireid.

Hetkeolukord on selline – töötavate TEJ-de ümbruses Aidus, Saardes, Tootsis on raadioside, andmeside ja mobiilside häiritud.

Saare Rannarahva Selts koos MTÜga Looduse ja Inimeste Eest pöördus registreeritud häiringute tõttu tarbijakaitse ja tehnilise järelevalve ameti (TTJA) poole. TTJA-le on püstitatud riiklikud ülesanded: paigaldistes, ehitistes ja rajatistes töötavate seadmete ning vahendite: kiirgavate elektromagnetiliste kiirgusenergiate parameetritele vastavuse mõõtmine, raadioside kanalite kiirgusnäitajate registreerimine, ehitiste, rajatiste ja paigaldiste (TEJ) ehitistalude väljastamine ning vastutuse kontrollida püstitatud TEJ-de vastavust elektromagnetilist ühilduvust (EMC) käsitleva direktiivi 2014/30/EL nõuetele.

Lihtsalt seletades – TTJA on nii kontrolli- kui ka järelevalveasutus, kes peab enda väljastatud lubasid ja planeeringuid ka kontrollima.

TTJA laiataski käsi ja suunas meid oma kaebusega kaitseväge poole, kellel pidavat olema häiringute mõõtmiseks vajalik aparatuur ja võimekus. Kui kaitseväge vastas viisakalt, lühidalt ja mittemidagiülevat, siis kaitseministeerium (KaitseMin) ei vast-

anud häiringute mõõtmise kohta sõnagi, kuid kinnitas, et on teadlik TEJ mõjudest radaritele ja raadiolule. Samas saime huvitavaid vastuseid oma küsimustele ka vandavate TEJ-de mõjust riigi kaitsevõimetele. Sellest nüüd allpool.

Rootslastest ja Eesti kaitsevõimete

KaitseMin: Rootsi Kuningriik ei ole teatanud, et Eesti mereala planeeringuga kaandavate meretuulepargid vähendaks mingil määral Rootsi territooriumes asuvate laevade tuvastamisvõimet.

Rootsi kaitseministeeriumi aruandes kinnitati, et Läänemere suurtes osades "puuduvad tingimused TEJ rajamiseks", mis tähendab, et need alad ei sobi selliste rajatiste jaoks.

Hindamine põhines Rootsi relvajõudude andmetel ja seda rakendati kogu alale Ahvenamaa (Läänemere põhjaosas) ja Öresundi (Läänemere edelaosas) vahel.

Rootsi kaitseväge ülemal kindralleitnant Carl-Johan Edström sõnul võivad tuuleturbiinide radarkajad ja elektromagnetilised häired varjata sõjaväe radarit ja veeakuseid andreid, mõjutades võimet tuvastada selliseid ohte nagu tüükraketid või allveelaevad.

Edström ütles: "See ei ole midagi, mida me tänase ohupildi ja Rootsi riigi lasuva vastutuse juures aksepteerida saame."

Sellest võib üheselt järeldada, et ka Eesti mereala planeeritud TEJ-d hakkavad häirima Rootsi sõjaväe radareid Gotlandil ning sonareid Läänemeres ja Rootsi skäärdes, nagu ka Eesti lüurevõimekust, radareid ja sonareid, kui need kunagi sinna kanti paigaldatakse.

TEJ-d Liivlases ja Saaremaa lõunarannikul tekitaksid meres ütlema valju sageduste kohtel alates infraheliga kuni kümnete kilohertsideni, mille koostul (spekter) pidevalt muutub. Sellisel foonil on väga raske, kui mitte võimatu eristada (allvee)laeva tekitatud heli.

Plaani kompensatsioonimeetmena paigutada seiresaadmed häiringuallikatele näitab otsustajate tõsiselt ignorentsust. Madalsageduslik häiring levib vees tuhandete kilomeetrite kaugusele (sõltub sagedusest), seega võivad rootslased oma sonarid kenasti merest välja sikutada ja Eesti hoiaks neid mitte paigaldades palju raha kokku.

KaitseMin: Kui kaitseministeeriumi hinnangu järgi kavandatud TEJ kahe raadiolaini vahelisi siset, nõutakse elektrituuliku asukoha muutmist.

Siinkohal peab märkima, et Fresneli tsooni jäävate elektrituliikute tõttu on häiritud kogu raadiolainet ostenähtavus – raadioside, mobiililevi, AIS, GPS-signaali ning positsioneerimisvõimekus.

Kommertsside lained ei häire kindlasti väheneb, mis avaldub mobiilside tugijaamade levikaukuse vähenemises ning digi-TV levikaukuse vähenemises.

Kaitseministeeriumi kompensatsioonimeetmena mõeldud lisaradarid toimivad vaid siis, kui samas piirkonnas leidub radar, mille vaatevälja ei jää ühtegi TEJ-d. Meie naabrid ja nüüd ka meie kaitsejõud ei suuda avastada madalalt lendavaid lennuvahendeid, enne kui need kuhugi maha

potsatavad. Põhjendatakse seda TEJ-dega, mis varjavad selles suunas radarite vaatevälja, või süüdistatakse droone, et need liiga madalalt lendavad.

Sõjas, kus aktiivradarid töötavad TEJ ümbruses, võib luua seose valgusega, mis levib ruumis täpselt samuti nagu raadiolaine – sirgjooneliselt, peegeldudes, murdu- des ja neeldudes.

Passiivradarid töötavad TEJ ümbruses diskosaal, kus laes keerlevat diskokera valgustab projektor ning on vaja jälgida saalis lendavat sagedust kärkeb.

Aktiivradarid puhul oleks võrdluseks tegevus, kui pildistame peeglit jalutavat kärkeb ja kasutame välklampi.

Harku ilmaradari pildil "sajab" iga ilma- ga Tootsi, Paldiski, Aidu ja Saarde TEJ ümbruses.

Refereerin mõningaid järeldusi ITU-R SM.2391-0 aruandest "Tuuleturbiinide mõjudest fikseeritud raadiopelligaatoritele" – uuring viidi läbi Bundesnetzagentur raadiomonitoringu jaama ümbritseval alal Rheurdis Saksamaal.

TEJ suunas on peilimisvead nii suured, et isegi õiget kvadranti ei ole enam võimalik tuvastada.

Rootorilabade tekitavad peegeldusi, mis polarisatsiooniga ja kesuse osas pidevalt kattuvad ja muutuvad, põhjustades mitmetelise vastuvõtu. Mitme vastuvõtute vastasfaasis superpositsiooni korral tühistavad teed üksteise peaaegu täielikult. Seega on põhimõtteliselt võimalik, et tasemetel puhul esineb siin käsitletust veelgi suuremaid langusi.

Kalibreeritud väljatugevuse mõõtmiseks ei ole väljatoodud vastuvõttingimustes enam võimalikud.

Digitaalselt moduleeritud signaalide dekodeerimine ei pruugi enam võimalik olla.

Igal juhul esineb analoogselt ja digitaalselt moduleeritud signaalide dekodeerimise ajal märkimisväärtne tundlikkuse kadu, mida ei saa tehniliste meetmete (nt suurema võimendusega antennidele üleminek) abil täielikult kompenseerida.

Kas oleme praegu samas olukorras kui 2019. aastal, mil TTJA peadirektor Kaur Kajak oli Aidu TEJ ehitustugevuse peatunud, sest see ei vastanud ehitusprojektil. Riigikaitseasutuste ja TTJA ning poliitilise agenda vaheline arvamuste konflikt lõppes pärast TTJA peadirektori lahkumist ning kohtuvaidluse lõpetamist.

Pärast Vene Föderatsiooni relvastatud sissetungi algust 24.02.2022 Ukraina territooriumile teatasid Aidu TEJ arendajad meedias, et kaitseministeeriumiga on sõlmitud "kokkulepe" ning ehitustugevus Aidus võib jätkuda. Aidu TEJ avamisel osales kaitseminister.

TEJ arendamise hõlbustamiseks üllatati vabariigi valitsuse memorandum "Riigikaitsele kõrguspiirangu leevendamine Mandri-Eestis".

Selline TEJ arendustugevuste soodustamine, mis ei vasta ehitusstandarditele ega kaitseministri 25.06.2015 määrusele nr 16, on avanud Pandora laeka, kus lisaks Aidu TEJ arendajale, kellele on juba eral-

datud tagasiulatult saamata jäänud tuluna suurusjärgus 60 miljonit eurot (väljamaksega viie aasta jooksul 12 miljonit aastat), on kompensatsiooni järjekorras kindlasti Toila valla Päite-Vaivna TEJ arendaja, nagu ka ülejäänud arendajad, kes praegu rabelevad üle kogu Eesti, et ellu viia valitsuse kliimakindlat poliitikat.

2021. aastal eraldati raha täiendavate radarite hankeks, kuid nende radarite paigaldamine ei kõrvalda TEJ töötamisega kaasnevat elektromagnetilisi häireid.

Kaitseministeeriumile tuleb täiendavalt selgitada, et Eesti riigipiir on Euroopa Liidu ning NATO piir Ukraina territooriumi okupeeritud Vene Föderatsiooniga. Kui kaitseministeeriumile tuleb täiendavalt selgitada, et Eesti riigipiir on Euroopa Liidu ning NATO piir Ukraina territooriumi okupeeritud Vene Föderatsiooniga. Sõja puhkedes likvideerib vaenlane esmalt kõik teadaolevad stantsioonarsenalid, samuti passiivradarite sobivad referentssignaalide allikad. Seiret tuleb organisatsioonide allesjäänud mobiilsete üksustega üle kogu Eesti ja suuta nad linkida ühtsesse võrku.

On kindel, et kui meie eesmärk on tagada Eesti kaitsevõime ja ohuruumi seire kogu riigis, ei tohi püstitada ühtegi tuuleelektrijaama ning tuleb kriitiliselt üle vaadata ka olemasolevate sobilikkus, sest hilisem viigade parandus maksab sekkord maksu- maksjale miljardeid.

Kokkuvõtteks

Avalikult publitsistitud TEJ raadiohääringute uuringute põhjal saime kinnitada:

1. Raadiohääringute suurus on korrelatsioonis elektrituliikute suurusega.
2. TEJ tekitatud raadiohääringuid ei ole võimalik mingite vahenditega kompenseerida.
3. TEJ häirib laevade navigatsiooni, GPS-seadmete kasutamist ning lennuliikluses lennukite GPS-navigeerimisseadmeid.
4. TEJ häirib aktiivradarite, passiivradarite ja sonarite tööd.
5. TEJ põhjustatud raadiohäired merepääste sagedustel ning AIS-signaaledele raskendavad hätta sattunud laevade päästeoperatsioonide läbiviimist.
6. TEJ ehitustugevuse kaasneb Eesti kaitsevõime vabatahtlik ja laialt ulatustlik nõrgendamine.
7. Rootsi ja nüüd ka USA on kalendrialsed uuringud juba võtnud ning peavad TEJ-d julgeolekuriskiks.

Huvilistele on kogu eespool viidatud kirjavahetus kaitseministeeriumi ja TTJA-ga ning uuringud TEJ-de kohta loetavad Saare Rannarahva Seltsi kodulehel <https://rannarahvaselts.ee/>.

Aitäh lugemast ja kaasa mõtlemast!

Rene Liiver, raadioinsener

