VKG Wind tuulepargi detailplaneeringu müra, varjutuse ja nähtavuse analüüs

Tallinn 2026

Nimetus: **VKG Wind tuulepargi detailplaneeringu müra, varjutuse ja nähtavuse analüüs**

Töö tellija: **Consultare OÜ**
Reg nr 11182040
Harju maakond, Tallinn, Vabaduse pst 174b, 10917
Tel +372 5296586
E-post info@consultare.ee

Töö teostaja: **LEMMA OÜ**
Reg nr 11453673
Harju maakond, Tallinn, Kristiine linnaosa, Värvi tn 5, 10621
Tel +372 5059914
E-post info@lemma.ee

Vastutav koostaja: Piret Toonpere

Töö versioon: 25.09.2026

Sisukord

Sisukord 3
Sissejuhatus 4
1 Kavandatava tegevus 5
2 Müra 6
2.1 Hindamise metoodika 7
2.2 Ehitustegevuse müra 11
2.3 Käitamisaegne müra 12
2.4 Madalsageduslik müra 18
2.5 Infraheli 20
2.6 Keskkonnameetmed 24
3 Varjutus 26
3.1 Hindamise metoodika 26
3.2 Varjutuse esinemine ja mõju 29
3.3 Keskkonnameetmed 36
4 Vibratsioon 37
4.1 Hindamise metoodika 37
4.2 Vibratsiooni esinemine ja mõju 37
5 Mõju maastikule, sh visuaalne mõju 39
5.1 Metoodika 39
5.2 Nähtavusanalüüs 40
5.3 Mõju väärtuslikele maastikele ja vaadetele 44
5.4 Visualiseeringud 45
5.5 Keskkonnameetmed 47
6 Kasutatud kirjandus 53

Sissejuhatus

Käesolev müra ja varjutuse analüüs on koostatud VKG Wind tuulepargi detailplaneeringu keskkonnamõju strateegilise hindamise (KSH) osana hindamaks kavandatava tuulepargi mõjusid. Sama detailplaneeringu KSH alusuuringuna on esmane müra, varjutuse ja nähtavuse analüüs koostatud juunis 2026. Käesoleva analüüsi puhul on tegu detailplaneeringu eelnõu avalikustamisel tehtud täiendusettepanekute ja muutunud planeeringulahenduse alusel koostatud hinnanguga.

Müra ja varjutuse analüüsi koostamisel on järgitud 2025. aasta veebruaris Kliimaministeeriumi poolt avaldatud juhendmaterjali, mis käsitleb tuuleparkide müra ja varjutuse hindamist[1].

Tuulepargi visuaalse mõju hindamisel on arvestatud AB Artes Terrae OÜ 2020. a koostatud juhendmaterjali[2] soovitusi ulatuses, mis need on ülekantavad maismaa tuuleparkidele. Tuulepargi visuaalse mõju hinnangud on antud lähtuvalt Tara, A., 2022. a avaldatud artiklis „DVC as a Supplement to ZVI: Mapping Degree of Visible Change for Wind Farms“ kirjeldatud skaalast.

Hinnangu koostas LEMMA OÜ keskkonnakonsultant Piret Toonpere. Visualiseeringute jaoks fotografeeris Astrid Koplimäe.

[1] Kliimaministeerium, 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

[2] AB Artes Terrae OÜ. 2020. Meretuulikuparkide arendamise edendamiseks visuaalse mõju hindamise metoodiliste soovituste juhendmaterjal. https://www.fin.ee/media/2706/download

1 Kavandatava tegevus

VKG Wind tuulepargi detailplaneeringus kavandatavate tuulikute asukohad on käesoleva töö jaoks ette antud planeeringu konsultant Consultare OÜ poolt. Võrreldes juunis 2026 koostatud hinnanguga on kavandatavate tuulikute arv vähenenud seitsmelt tuulikult viiele.

Müra ja varjutuse koosmõju hindamisel kasutatud piirkonna teiste kavandatavate tuuleparkide tuulikute asukohti ja parameetreid on avalikustamise järel samuti täpsustatud. Käesolevates arvutustes on koos VKG Wind tuulepargi viie tuulikuga arvestatud Evecon OÜ ja Enery Estonia OÜ eriplaneeringu eelvalikuala nr 3 kaheteistkümne tuulikuga, Varja tuulepargi detailplaneeringuala nr 2 nelja tuulikuga ning Varja tuulepargi detailplaneeringuala nr 3 seitsme tuulikuga. Koosmõju arvutustes kasutatud täpsed tuulikute asukohad ja parameetrid on määratud vastavate tuulikute planeeringutes ja KSH aruannetes esitatud infole.

Kuna käesoleva hinnangu objektiks on VKG Wind tuulepargi detailplaneering, on hinnangu põhifookus VKG Wind tuulikutel. Koosmõju arvutused kirjeldavad konservatiivselt olukorda, kus nimetatud naaberplaneeringute tuulikud rajatakse täiemahuliselt.

2 Müra

Müra on ebameeldiv või häiriv või muul viisil inimese tervist ja heaolu kahjustav heli ning üks levinumaid ja olulisemaid elukeskkonna kvaliteeti halvendavaid tegureid. Müra mõjub tervisele ja heaolule mitmel moel – võib häirida või raskendada töötamist, infovahetust ja puhkamist, kahjustada püsivalt kõrva ja põhjustada kuulmisvõime halvenemist, põhjustada stressi või erinevaid funktsionaalseid häireid.

Enamik inimesi tunneb oma igapäevases elukeskkonnas häirivaks pidevat mürataset alates 55–60 dB, kusjuures peamiseks müraallikaks on sageli liiklus. Kuigi selline müratase otseselt organismi ei kahjusta, võib see kaasa tuua keskendumisraskusi ja meeleolu langust ning öösel unehäireid, kuna avatud aknaga on keeruline uinuda. Püsiv müratase 60 dB juures võib häirida selliseid tegevusi nagu mõtlemine, suhtlemine ja keskendumine. 70 dB tasemel muutub juba raskemaks teiste kõnest aru saamine, ning pidev viibimine üle 75 dB müratsoonis suurendab elanike kaebusi ja terviseprobleemide riski. Tervisele kahjulikuks loetakse mürataset üle 85 dB, kui see kestab pikemat aega, näiteks 8 tundi. Kuulmisele ohtlikuks võib muutuda 130–140 dB suurune müra. Üldiselt tajutakse müratasemе suurenemist 10 dB võrra kui kahekordset müratasemе tõusu.

Erinevate keskkonnamüra allikatega seotud häiringute uuringutes (nt liiklusmüra ning tuulikute müra võrdlemisel) on leitud, et tuulikuid tajutakse häiringuna suhteliselt madala müratasemе juures (nt 35–40 dB)[3]. Tervisemõjude seisukohast laiapõhjalised uuringud tuulikute müra puhul otsest seost krooniliste haigustega ei ole tuvastanud ning peamine mõju võib esineda häiringu näol[4].

Tuulikute tekitatud mürahäiringuid on uuritud erinevates riikides (näiteks USA-s, Saksamaal, Soomes ja Rootsis), ning on leitud, et ka müratasemete vahemikus 35–40 dB (ning isegi madalamate tasemete juures) võib märkimisväärne osa elanikkonnast (kuni 15–25%) end häirituna tunda. Samuti seostavad elanikud oma terviseprobleeme tuulikutega[5,6,7]. Samas viitavad uuringud, et madalate müratasemete puhul on häiring sageli seotud ka teiste teguritega, nagu tuulikute visuaalne mõju, üldine suhtumine tuulikutesse, kaasatus planeerimisprotsessi jms. See selgitab, miks isegi väga madalate müratasemete (25–30 dB) korral esineb mõningal osal elanikkonnast häiritust. Sarnast häiritust esineb ka teiste müraallikate, nagu liiklus- või tööstusmüra, puhul, isegi kui müratase jääb normi piiresse.

[3] Radun, J., Maula, H., Saarinen, P., Keränen, J., Alakoivu, R., Hongisto, V. 2022. Health effects of wind turbine noise and road traffic noise on people living near wind turbines,

[4] van Kamp, I.; van den Berg, F. 2021 . Health Effects Related to Wind Turbine Sound: An Update. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 9133.

[5] Pohl, H., Firestone, H., Rand, J., Haac, E. 2019. Monitoring annoyance and stress effects of wind turbine on nearby residents: A comparison on U.S. and European samples.

[6] Pedersen, E. 2007. Human response to wind turbine noise – perception, annoyance and moderating factors, Göteborg University.

[7] Turunen, A., W. Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P., Lanki, T. 2021. Self-reported health in the vicinity of five wind power production areas in Finland, Environment International, Volume 151, 2021, 106419, ISSN 0160-4120, https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106419.

2.1 Hindamise metoodika

Müra arvutuslikul hindamisel lähtuti Kliimaministeeriumi koostatud juhendmaterjalis esitatud metoodikast[8]. Juhendi kohaselt on tuulikute müra leviku modelleerimisel asjakohane kasutada standardit **EVS-ISO 9613-2:2024 „Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: Engineering method for the prediction of sound pressure levels outdoors“**, mille lisa D käsitleb täpsemalt tuulikute müra modelleerimist. EVS-ISO 9613-2:2024 on Eestis kehtiv standard alates 16.09.2024.

Välisõhus levivat müra reguleerib atmosfääriõhu kaitse seadus ja müra normtasemeid sama seaduse § 56 lg 4 alusel kehtestatud määrus 16.12.2016 nr 71 „Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid“. Määrust ei kohaldata alal, kuhu avalikkusel puudub juurdepääs ja kus ei ole püsivat asustust, ning töökeskkonnas, kus kehtivad töötervishoidu ja tööohutust käsitlevad nõuded.

Müra piirväärtus on suurim lubatud müratase, mille ületamine põhjustab olulist keskkonnahäiringut ja mille ületamisel tuleb rakendada müra vähendamise abinõusid. Müra sihtväärtus on piirväärtusest rangem müra normtase müratundlike alade elukeskkonna parendamiseks või säilitamiseks. Müra sihtväärtust kohaldatakse müratundliku ala planeeringu koostamisel, kui planeeringuga muudetakse maakasutuse juhtotstarvet ja planeeringualal ei ole müra sihtväärtus ületatud.

Müra normtasemed erinevad alade juhtfunktsioonide põhiselt. Mürakategooriad määratakse vastavalt üldplaneeringu maakasutuse juhtotstarbele.

Tuulikute käitamisaegse müra hindamisel lähtuti atmosfääriõhu kaitse seadusest ja keskkonnaministri määrusest nr 71. Tuulikute müra liigitub tööstusmüraks. Ehitusmüra piirväärtusena rakendatakse kella 21.00–7.00 asjakohase mürakategooria tööstusmüra normtaset.

Kavandatavatele tuulikutele lähimad müratundlikud hoonestatud alad (sh maatulundusmaal asuvad elamud) tuleb reeglina lugeda müranormide kohaldumise vaatest II kategooria aladeks. II kategooria elamualade suhtes kehtib tööstusmürale piirväärtus päevasel ajal 60 dB(A) ja öisel ajal 45 dB(A), sihtväärtus on päevasel ajal 50 dB(A) ja öisel ajal 40 dB(A).

Seega on olemasolevate II kategooria müratundlike alade puhul tuulepargi käitamisel õigusaktist tulenevaks suurimaks lubatud tasemeks üldjuhul tööstusmüra piirväärtus 60 dB(A) päeval ja 45 dB(A) öösel. Uute tuuleparkide kavandamisel on siiski põhjendatud rakendada rangemaid planeerimissoovitusi. Kliimaministeeriumi tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhendis soovitatakse võrdlusriikide praktikale ning Eesti senisele heale tavale tuginedes uute tuulikute planeerimisel II kategooria aladel lähtuda **päevasel ajal tasemest 45 dB(A) ja öisel ajal tasemest 40 dB(A)**.

Kuna tuulikud töötavad ööpäevaringselt, on hindamisel määrav, kas nende tekitatud müratase vastab öistele nõuetele.

Eestis hetkel kehtiv seadusandlus jätab müra normtasemete rakendamise osas otsustusõiguse kohalikele omavalitsustele ning olemasolevate elamute suhtes on võimalik rakendada normtasemena ka öise tööstusmüra piirväärtust 45 dB. Mürahinnangu koostaja soovitus (kooskõlas Kliimaministeeriumi 2025. aasta juhendiga) on siiski hinnata tuulepargi

[8] Kliimaministeerium, 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

müritaset ning määrata tuulikute sobivat asukohta või töörežiimi rangema nõude ehk tööstusmüra öise sihtväärtuse alusel (II kategooria aladel 40 dB). Seda lähenemist on Eestis tuuleparkide kavandamisel laialdaselt kasutatud kui parimat praktikat ning sama normtaset rakendatakse ka paljudes teistes riikides. Sihtväärtusest lähtumine on eriti põhjendatud nendel aladel, kus on alust eeldada, et tööstusmüra sihtväärtus on praegu tagatud.

Eestis kehtivad müra normtasemed arvestavad Maailma Terviseorganisatsiooni soovitusi. Maailma Terviseorganisatsioon soovitab tuulikute puhul järgida normtaset L_{den} < 45 dB[9]. L_{den} on keskmine helirõhutase, mis arvestab kõigi aastas esinevate päevade, õhtute ja ööde keskmist.

Arvestama peab, et müra normtasemed kehtivad päevase (kell 7–23) ja öise (kell 23–7) ajaperioodi keskmisena. Tuulikute müra arvutuslikul hindamisel eeldatakse aga konservatiivselt, et müra esineb kogu ajaperioodil ühetaoliselt maksimaalse tasemega.

Oluline on märkida, et müra puhul võib esineda vahe norme ületava müritaseme ja häirimist põhjustava müritaseme vahel. Müranormid on sätestatud selliselt, et oleks tagatud inimese tervist mitte kahjustav müratase. See aga ei tähenda, et müraallikat ei oleks kuulda. Häiringu puhul inimene kuuleb müraallikat ning see ei pruugi talle meeldida, kuid tegemist ei ole tervist kahjustava olukorraga. Heli häirivus sõltub suuresti inimese individuaalsest tajust. Tuuleparkide töötamisaegse müra häirivuse lävendina (häiringutasemena) on erinevate uuringute analüüsi tulemusena välja pakutud 35 dB[10]. Inimeste tundlikkus tuulikute müra häirivuse osas on erinev.

Tuulikute käitamisaegset müra hinnati arvutuslikult spetsiaaltarkvaraga WindPRO. Arvutamisel kasutati standardi ISO 9613-2:2024 üldist arvutusmeetodit. Antud juhul modelleeriti müra levik ebasoodsates tingimustes – müralevi soodustav pärituul igas suunas Cmet=0. Tuuliku tootjate tehniliste andmete alusel suureneb tuuliku müraemissioon tavaliselt kuni tuulekiiruseni 7–10 m/s[11]. Antud töös kasutati nn kõige halvimat tuulekiirust ehk mürakaardid esitati olukorras, mille korral tuulikute müraheide oli suurim.

Müra modelleerimine teostati 4 m kõrgusele maapinnast, mis annab pisut suuremad tulemused kui tavapäraselt müra leviku arvutamisel kasutatav 1,5–2 m kõrgus maapinnast. Müralevi modelleerimisel arvestatakse heli neelduvust või peegelduvust maapinnal. Maapinna heli neelavuse omadused on määratud skaalal 0 (akustiliselt "kõva" heli peegeldav pinnas: maantee, veekogud, betoon) kuni 1 (akustiliselt "pehme" heli neelav pinnas: põllud, põõsad, heinamaa, lumine pind). Antud juhul kasutati müra leviku hindamisel heli neelduvustegurit 0,5. Selline konservatiivne müra leviku hindamine aitab vähendada häiringute tõenäosust tuulepargi reaalse rajamise järgselt.

Arvutusvõrgu täpsuseks määrati 20 m. Maapinna reljeef kanti Maa- ja Ruumiameti kõrgusandmete alusel (25 m võrguga maapinna kõrgusmudel). Atmosfääri tingimustena kasutati juhendi metoodikale vastavalt temperatuuri 10 °C ja 70% õhuniiskus.

Modelleerimisel ei ole arvestatud otseselt müra levikut takistavate objektidega nagu kõrgemad puud ja metsaalad. Samuti ei määratud antud juhul olemasolevaid hooneid

[9] Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment, 2024 update: https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/378095/9789240095380-eng.pdf?sequence=1

[10] Schmidt, J., H., Klokker, M. 2014. Health effects related to wind turbine noise exposure: a systematic review.

[11] Järeldus tehtud WindPRO tuulikute infot koondava andmebaasi põhjal.

müralevikut takistavateks objektideks. Juhul kui tuulikute ja vaatleja vahele jäävad metsatukad või kõrvalhooned, siis on tegelikkuses avalduvad müratasemed madalamad kui arvutustes näidatud.

Reaalselt igapäevaselt avalduvad tuulikutest põhjustatavad müratasemed on seega modelleeringu tulemustest eeldatavalt madalamad.

Detailplaneeringu KSH etapis ei ole täpne rajatav tuulikumudel teada. Müraemissioon sõltub tuulikumudelist ja selle töörežiimist. Käesolevates arvutustes kasutati võrdlusmudelina Vestas V162-6.2 tuulikut, mille maksimaalne helivõimsustase on Lw=104,8 dB(A). Heliallika kõrguseks kasutati arvutuses 169 m. Kõigi tavarežiimis töötavate tuulikute helivõimsustasemele lisati +2 dB määramatuse varu, et kirjeldada konservatiivselt võimalikku ebasoodsat olukorda. Vestas V162 tuuliku maksimaalsed spektraalsed helivõimsustasemed on esitatud Tabelis 1.

Planeeringuga ei määrata tuuliku konkreetset mudelit ning turul on ka Vestas V162-st suurema rootori ja/või võimsusega tuulikuid. Suurem rootori läbimõõt või võimsus ei tähenda iseenesest samas ulatuses suuremat müraemissiooni: eri mudelite helivõimsustasemed sõltuvad aerodünaamilisest lahendusest, labade kujust ja töörežiimidest ning olemasolevate tuulikumudelite puhul ei esine rootori läbimõõdu ja helivõimsustaseme vahel üheselt lineaarset seost. Seetõttu käsitletakse Vestas V162-6.2 mudelit käesolevas KSH-s realistlikku müraemissiooni kirjeldava mudelina, mitte planeeringuga lubatava tuuliku geomeetrilisi parameetreid määrava mudelina. Lõpliku tuulikumudeli valikul tuleb kontrollida selle tootja spektraalsete müraandmete alusel, et planeeringus seatavad müratingimused on täidetud; vajaduse korral tuleb müra modelleerimist ehitusloa menetluse raames täpsustada.

Lisaks tuulikutele kaasati müramudelisse VKG Wind tuulepargi alajaama trafo paikse müraallikana helivõimsustasemega Lw=97 dB(A). Kuna trafomüra võib sisaldada tonaalseid komponente, arvestati võimaliku tonaalsuse konservatiivseks käsitlemiseks trafo müraemissioonile +5 dB parandusega. Tuulikute puhul ei rakendatud eraldi tonaalsusparandust, kuna kasutatud Vestas V162 lähteandmetes tonaalsust ei ole märgitud. Kui lõpliku tuulikumudeli garanteeritud müraandmed näitavad tonaalsust, tuleb seda normtasemega võrdlemisel arvestada kehtiva metoodika kohase parandusega. Amplituudmodulatsioonile eraldi parandustegurit ei rakendatud, kuna Kliimaministeeriumi juhendi kohaselt puudub selleks ühtne arvutuslik metoodika.

Tabel 1. Vestas V162 tuulikumudeli maksimaalsed helivõimsustasemed (Lw) 1/3-oktaavribades

1/3 oktaavriba kesk-sagedus, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
Heli-võimsus-tase LWA, dB	49,9	54,3	58,7	63,1	68,4	72,7	75,9	79,2	82,3	84,8	88,3	90,9	91,4	91,5	92,1	92,4
1/3 oktaavriba kesk-sagedus, Hz	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	Kokku LwA, dB
Hel-ivõimsus-tase LWA, dB	92,5	92,7	93,1	93,8	94,2	93,9	93,9	93,6	91,8	89,4	87,5	84,7	81,5	78,7	76	104,8

Leevendavate meetmete stsenaariumis kasutati Vestas V162 tuuliku vähendatud helivõimsustasemega töörežiime SO3 (Lw=101,0 dB(A)) ja SO5 (Lw=99,5 dB(A)). Vähendatud töörežiime rakendati elamutele enim mõju avaldavatele tuulikutele, et hinnata võimalust tagada lähimate elamute juures tööstusmüra II kategooria alade öine sihtväärtus 40 dB(A).

Kaasaegsete tuulikute puhul jääb müratase (ehk helirõhutase Lp teatud kaugusel müraallikast, näiteks vahetult tuuliku all maapinnal) tavaliselt vahemikku 50–60 dB. Tuulikutootjad esitavad konkreetsete mudelite kohta aga helivõimsustaseme (LwA) väärtuse, mis iseloomustab tuuliku poolt kiiratava akustilise energia koguhulka ehk müraemissiooni. Tuulikute helivõimsustase on üldiselt suurusjärgus 105–108 dB.

Oluline on mõista, et müratase konkreetses punktis (helirõhutase Lp) ja helivõimsustase (Lw) on erinevad mõisted. Helivõimsustase on teoreetiline suurus, mida kasutatakse müra leviku arvutustes ja müraallikate võrdlemiseks. See ei tähenda, et tuuliku ümbruses või isegi otse tuuliku all viibides oleks kogetav müratase samaväärne (st 100 dB lähedane).

Müra leviku kohta vormistati mürakaardid, kus esitati A-korrigeeritud ekvivalentse helirõhutaseme $L_{pA,eq}$ arvsuurused detsibellides 5 dB müravahemikes.

Müra modelleeringus kasutati retseptoritena elu- või ühiskondlikke hooneid ja elamualasid, mis paiknevad maksimaalselt 2 km kaugusel VKG tuulepargi kavandatavatest tuulikutest. Ka koosmõju hindamisel on asjakohane just antud retseptoralad selgitamaks, kas lisaks VKG kavandatavate tuulikute tekitatavale mürale võib tekkiva tööstusmüra normtaseme ületamise oht tekkida tuuleparkide koosmõjus.

Kuna helirõhutase väheneb müraallika ja retseptori vahelise vahemaa kasvamisel, siis on oluline eeskätt tuulikutele kõige lähemate elamualade käsitlemine retseptoritena. Kui lähimatel elamualadel on müra normtasemed tagatud, on see tagatud ka kaugematel. Elamualade tuvastamiseks lähtuti ETAK andmestikust ja määrati retseptoriks eluhoone keskpunkt.

Mürakaartide maksimaalset arvutuskaugust ei piiratud (isojooned esitati kuni väärtuseni 35 dB).

Tuulikute müratase on reeglina suurim tuulekiirusel 7–10 m/s. Selline tuulekiirus ei ole tavapäraselt terve öise ajavahemiku kestev. Sellest lähtuvalt erineb sageli mõõtmistel saadud ajavahemiku keskmine müratase ja käesolevas hinnangus esitatud halvima võimaliku müratasemete prognoos. Käesolevas hinnangus on eeldatud, et tuulikute töötamine maksimaalse müratasemega esineb pidevalt.

Tuulepargi ehitusaegset müra on hinnatud eksperthinnanguna.

Madalsageduslikule mürale kehtivad normtasemed sotsiaalministri 12.11.2025 määruse nr 61 „Nõuded müra, sealhulgas ultra- ja infraheli ohutusele elamutes ja ühiskasutusega hoonetes ning helirõhutaseme mõõtmise meetodid“ lisa 3[12] alusel (Tabel 2). Määruse lisa kohased piirtasemed madalsagedusliku müra häirivuse hindamiseks elamute elu- ja magamisruumides ning nendega võrdsustatud ruumides öisel ajal on toodud Tabel 2. Antud määrus ei kehti otseselt uute tööstusmüraallikate kavandamisel (määruse kohaldumisala on kitsendatud hoonete ehitamisele ja renoveerimisele, meelelahutusüritustele ja hoonete tehnoseadmetele). Siiski saab antud piirväärtusi pidada asjakohaseks võrdlusaluseks ka uute tööstusmüra allikate kavandamisel.

Tabel 2. Madalsagedusliku heli piirtasemed eluruumides.

1/3 oktaavriba	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200

[12] https://www.riigiteataja.ee/aktilisa/1141/1202/5014/SOM_m61_lisa3.pdf#

kesksagedus, Hz														
Helirõhutase Lp,eq, dB	95	87	79	71	63	55,5	49	43	41,5	40	38	36	34	32

Madalsagedusliku müra hindamisel on lähtutud Kliimaministeeriumi juhendist[13] ja kasutatud WindPRO programmi mooduli „Decibel“ seadistust „*Finnish Low Frequency Sound*“, mis ühtib Kliimaministeeriumi juhendmaterjali kohase arvutusmetoodikaga.

Kuivõrd madalsagedusliku müra normväärtus kehtib hoones sees, siis on vaja selle arvutamisel arvestada ka hoonete heliisolatsiooni. Heliisolatsiooni väärtustena kasutati teaduskirjanduses leitavaid väärtusi, mille kasutamine on kooskõlas kehtiva juhendmaterjaliga (Tabel 3)[14].

Tabel 3. Hoonete madalsagedusliku müra isolatsioon.

Sagedus, Hz	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Isolatsioon, dB	7,6	8,3	9,2	10,3	11,5	13	14,8	16,8	18,8	21,1	22,8

Infraheli on õhus leviv heli sagedusega alla 20 Hz. Infraheli normtasemed on kehtestatud Sotsiaalministri 12.11.2025 määrusega nr 61 „Nõuded müra, sealhulgas ultra- ja infraheli ohutusele elamutes ja ühiskasutusega hoonetes ning helirõhutaseme mõõtmise meetodid“. Määrusega on kehtestatud inimeste tervisekahjustuste ja ebameeldivate aistingute vältimiseks ultra- ja infraheli helirõhutasemete piirväärtused elamutes ning ühiskasutusega hoonetes. Püsiva tasemega infraheli G-korrigeeritud helirõhutaseme LpG või muutuva tasemega infraheli G-korrigeeritud ekvivalentse helirõhutaseme LpG,eq,T piirtase on 85 dB. Ultra- ja infraheli tekitavad seadmed, masinad ning muud ultra- ja infraheliallikad tuleb olenemata nende asukohast paigaldada ja neid hooldada või kasutada sellisel viisil, et nende tekitatud ultra- või infraheli tase ruumis, kus pidevalt viibitakse, ei ületa piirtasemeid.

2.2 Ehitustegevuse müra

Tuuleparkide ehitusega kaasneb ehitusaegne müra, mis on sarnane tavapärase ehitustegevusega kaasneva müraga. Üldehitustegevus hõlmab taimestiku raadamise, teede ehituse ning vundamentide ja tuulikute püstitamisega seotud tegevusi. Need tegevused hõlmavad tõenäoliselt ekskavaatorite, betoonisegistite ja pumpade, kraanade ja veoautode kasutamist. Enamlevinud tehnika poolt tekitatavad müratasemed on esitatud Tabel 4[15].

Tabel 4. Ehitustegevuse müratase.

Seade / tegevus	Tüüpiline helirõhutase (1 m kaugusel)
Ekskavaator	85–95 dB(A)
Betoonisegisti	75–85 dB(A)
Betoonipump	80–90 dB(A)
Kraana	70–85 dB(A)
Kallur / veoauto	75–95 dB(A)

[13] Kliimaministeerium, 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

[14] Keränen, J., Hakala, J., Hongisto, V., 2018: Façade sound insulation of residential houses within 5-5000 Hz, Euronoise 2018.

[15] Natural Forces Developments LP. 2021. Sound Level Impact Assessment Study. Benjamins Mill Wind Project.

Tabel 5on esitatud WSDoT (2017)[16] juhiste kohased müratasemed, mis võivad tekkida ehitusplatsist erinevatel kaugustel. Allika alusel tekitab erinevate ehitustegevuse müraallikate koosmõjus kombineeritud müratase ehitusplatsi vahetus läheduses 86 dB(A).

Tabel 5. Müratase erinevatel kaugustel müra tekkimiskohast.

Vahekaugus, m	Ehitustegevuse ligikaudne müratase, dB(A)
15	86
30	78
60	70
120	63
244	56
489	49
975	41

Arvestades perspektiivsete ehitusalade kaugust elamualadest, ei ole oodata tuulepargi rajamisega kaasnevat ehitusmüra tasemel, mis võiks põhjustada lähiala elanikele olulisi häiringuid. Nagu nähtub Tabelis 5 esitatust, ulatub 1 km kaugusel (lähimate elamualade kaugus) ehitusplatsist lähtuv müratase alla 40 dB(A), mis ei ületa elamualadel kehtivaid ehitusmüra normtasemeid.

Kuigi ehitustegevuse ajal kõrgendatud müratase on vältimatu, ei ole müratasemed lähedalasuvates eluruumides eeldatavasti märkimisväärsed, kuna ehitusalad jäävad müratundlikest aladest eemale.

Ehitusaegne müra ei tohi ületada atmosfääriõhu kaitse seaduse ning selle alusel välja antud keskkonnaministri 16.12.2016. a määruses nr 71 „Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid" sätestatud müra normtasemeid. Ehitusmüra piirväärtusena rakendatakse kella 21.00–7.00 asjakohase mürakategooria tööstusmüra normtaset. Mürarikkaid ehitustöid vältida öisel perioodil.

2.3 Käitamisaegne müra

Tuuleparkides olevaid heliallikaid võib jagada kaheks:

- tuuleturbiini käigukasti, mootori jt mehhanismide tekitatud **mehaaniline heli;**
- rootorilabade õhust läbi liikumisel tekkiv **aerodünaamiline heli**.

Kaasaegsetel tuulikutel on pööratud suurt tähelepanu müra vähendamisele ning mehaaniline müra on erinevate isolatsioonimaterjalide ja tehniliste võtetega viidud võrdlemisi väheolulisele tasemele. Ka aerodünaamilise müra vähendamiseks on kasutusele võetud tehnilisi lahendusi, kuid kuna tegemist on suurte tehniliste seadmetega, esineb tuulikute töötamisel siiski teatav müraemissioon. Tuuliku tootja esitatud andmed tuulikute helivõimsustaseme kohta sisaldavad nii mehaanilist kui ka aerodünaamilist heli. Need väärtused määratakse tuuliku töötamise ajal kindlaksmääratud tingimustel tehtavate helirõhutaseme mõõtmiste alusel.

Müra hindamisest ilmnes, et ainult VKG Wind tuulepargi viie tuuliku korral on 104,8 dB(A) helivõimsustasemega tuulikute kasutamisel, arvestades lisaks +2 dB määramatuse varu, kõigi hinnatud elu- ja ühiskondlike hoonete juures tagatud tööstusmüra öine sihtväärtus 40 dB(A). Kõrgeim arvutuslik helirõhutase on 37,0 dB(A) Pojo (EE00681541) hoone juures. Seega on

[16] Washington State Department of Transportation. (2017). Chapter 7 – Noise Impact Assessment. Retrieved from Biological Assessment Preparation for Transportation Projects.

ainult VKG Wind tuulepargi mõju korral öise 40 dB(A) sihtväärtuseni ligikaudu 3 dB varu. Kui kõigi VKG tuulikute helivõimsustase suureneks võrreldes kasutatud võrdlusmudeliga ühetaoliselt kuni ligikaudu 3 dB võrra ja muud arvutuseeldused (sh +2 dB määramatuse varu) jääksid samaks, ei ületaks arvutuslik müratase hinnatud eluhoonete juures 40 dB(A). Seda tuleb käsitleda indikatiivse varuna; lõpliku tuulikumudeli sobivus tuleb kontrollida selle tegeliku 1/3-oktaavspektri alusel. Müra levik on esitatud Joonisel 1.

Kõigi koosmõjus arvestatud tuulikute tavarežiimis töötamise korral ületab arvutuslik helirõhutase 40 dB(A) 25 elu- või ühiskondliku hoone juures, mis paiknevad kuni 2 km kaugusel VKG Wind kavandatavatest tuulikutest. Kõrgeim arvutuslik tase on 41,6 dB(A) Paju (EE02716389) hoone juures. Samas jääb ka see konservatiivne, kõigi tuulikute samaaegset maksimaalset müraemissiooni eeldav koosmõju tulemus alla Kliimaministeeriumi 2025. aasta juhendis uute tuulikute kavandamisel soovitatud päevase 45 dB (Ld) taseme. Seega ei ole päevase 45 dB soovitusliku taseme ületamist ette näha ka koosmõju tavarežiimi stsenaariumis; leevendusmeetmete vajadus tuleneb öise 40 dB sihtväärtuse tagamisest. Nende retseptorite tulemused on esitatud Tabelis 6 ja koosmõju müraleviku kaart Joonisel 2.

Tabel 6. Tuuleparkide tekitatav helirõhutase VKG tuulepargi tuulikutest 2 km raadiuses paiknevate elamute juures, mille puhul tuuleparkide koosmõjus võib esineda 40 dB ületamist.

Nimetus	EHR kood	x	Y	Helirõhutase ainult VKG, dBA	Helirõhutase koosmõjus, dBA	Helirõhutase koosmõjus müra vähendavate meetmetega, dBA
Paju	EE02716389	676241	6588987	36,0	41,6	39,9
Kraavi	EE00688565	676367	6589058	35,5	41,5	39,7
Tammealuse	EE00669879	676310	6589030	35,7	41,5	39,8
Piiri	EE00670348	676572	6589161	34,7	41,2	39,6
Koidu	EE00677753	676047	6588972	36,1	41,0	39,4
Lilleoja	EE03631864	676607	6589219	34,3	40,9	39,3
Venni	EE01172616	675953	6588929	36,3	40,9	39,4
Viido	EE00687468	676091	6589008	35,8	40,9	39,3
Lehtse	EE01943986	676448	6589181	34,7	40,8	39,2
Sepa	EE01944710	676128	6589046	35,6	40,8	39,2
Vahi	EE02721867	676015	6588992	35,9	40,8	39,2
Pojo	EE00681541	675552	6588706	37,0	40,7	39,5
Järve	EE00691137	675601	6588743	36,9	40,6	39,4
Jüri	EE00685807	675723	6588837	36,5	40,6	39,3
Kaskema	EE00996046	675652	6588780	36,8	40,6	39,4
Soosalu	EE00670169	675758	6588873	36,4	40,5	39,2
Lullu	EE01106178	675499	6588724	36,7	40,4	39,2
Oru	EE02725724	675464	6588699	36,8	40,4	39,2
Randmäe	EE00669716	675677	6588846	36,4	40,4	39,1
Sassi	EE01943992	675784	6588939	35,9	40,3	38,9
Tooma	EE02682325	675701	6588876	36,2	40,3	39,0

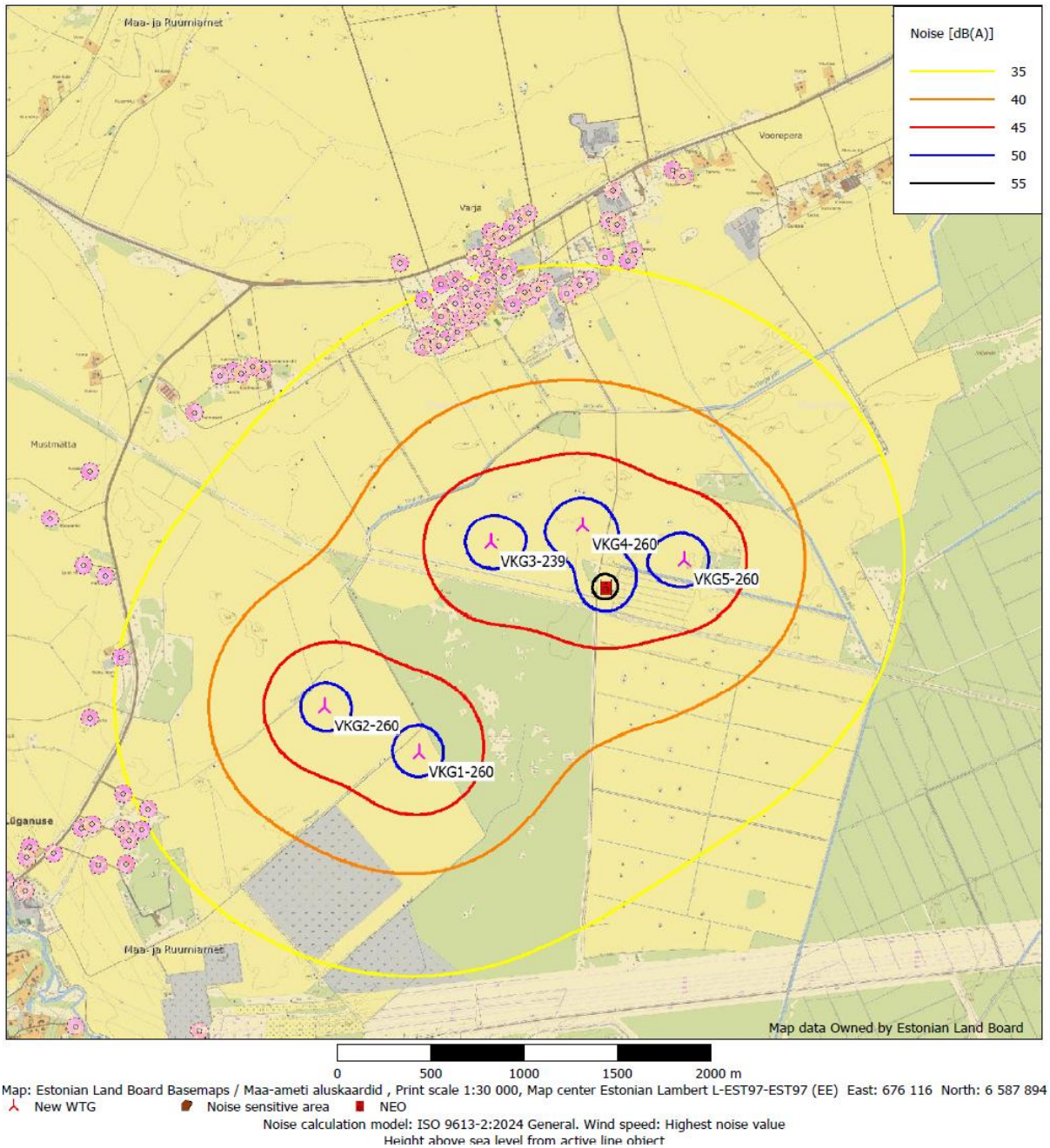
Nimetus	EHR kood	x	Y	Helirõhutase ainult VKG, dBA	Helirõhutase koosmõjus, dBA	Helirõhutase koosmõjus müra vähendavate meetmetega, dBA
Uudeküll	EE00670391	675733	6588896	36,1	40,3	39,0
Varja raamatukogu	ME01978767	675762	6588919	36,0	40,3	38,9
Jaani	EE00691288	675494	6588763	36,4	40,2	39,0
Olju	EE01943989	675815	6588982	35,7	40,1	38,8

Eelneva alusel võib kõigi arvestatud tuuleparkide samaaegsel tavarežiimis töötamisel esineda mitmete elamualade juures tööstusmüra öise sihtväärtuse ületamist ning seetõttu on koosmõju vähendamiseks vajalik rakendada töörežiimide piiranguid või muid samaväärseid meetmeid.

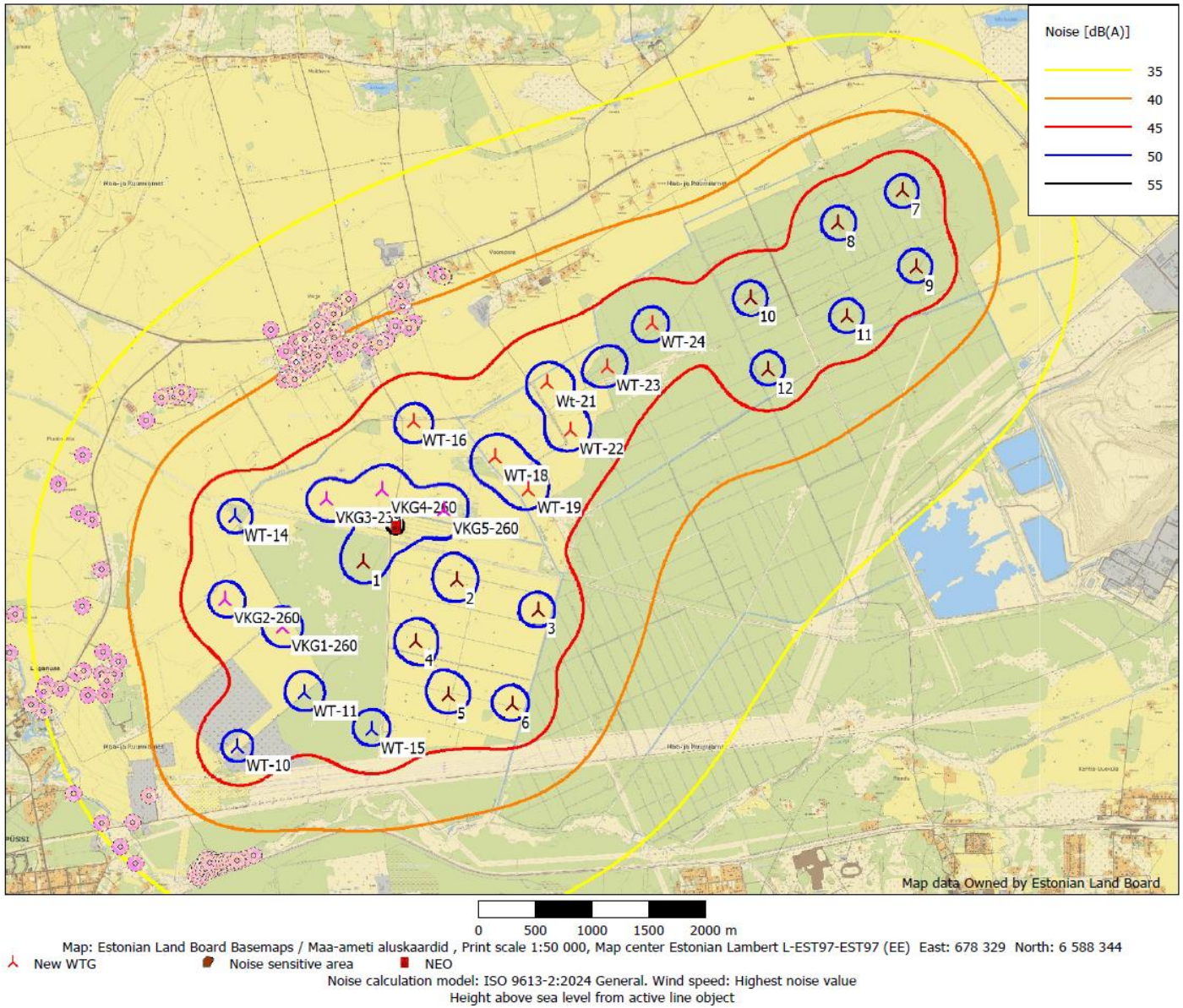
Tagamaks tööstusmüra öist sihtväärtust elamualadel on järgmised meetmete võimalused:

- võimalik on vähendada tuulikute arvu või suurendada tuulikute kaugust elamutest. VKG Wind vähendatud, viie tuulikuga lahenduse eraldiseisev müratase jääb hinnatud retseptorites alla 40 dB(A); koosmõju ületamised tekivad naaberparkide tuulikute lisandumisel ning seetõttu tuleb meetmeid käsitleda tuuleparkide üleselt;
- võimalik on kasutada alal erineva helivõimsustasemega tuulikuid (elamualadest kaugemal võib tuulikute helivõimsustase olla kõrgem ja lähemal väiksem). Ainult VKG Wind tuulepargi rajamisel on modelleeritud lahenduses öise 40 dB(A) sihtväärtuseni ligikaudu 3 dB varu. Kui aga realiseeruvad ka piirkonda kavandatavad teised tuulepargid, väheneb olemasolev müravaru oluliselt ning koosmõju minimeerimiseks tuleb eelistada võimalikult väikese garanteeritud helivõimsustasemega tuulikuid ja vajaduse korral rakendada vähendatud müraga töörežiime. Suurima efekti helirõhutaseme vähendamiseks elamualadel annab elamutele lähimate tuulikute peatamine või nende reguleerimine oluliselt vaiksemasse töörežiimi öiseks perioodiks nende tuulesuundade korral, mille puhul müra levib elamualade suunas.

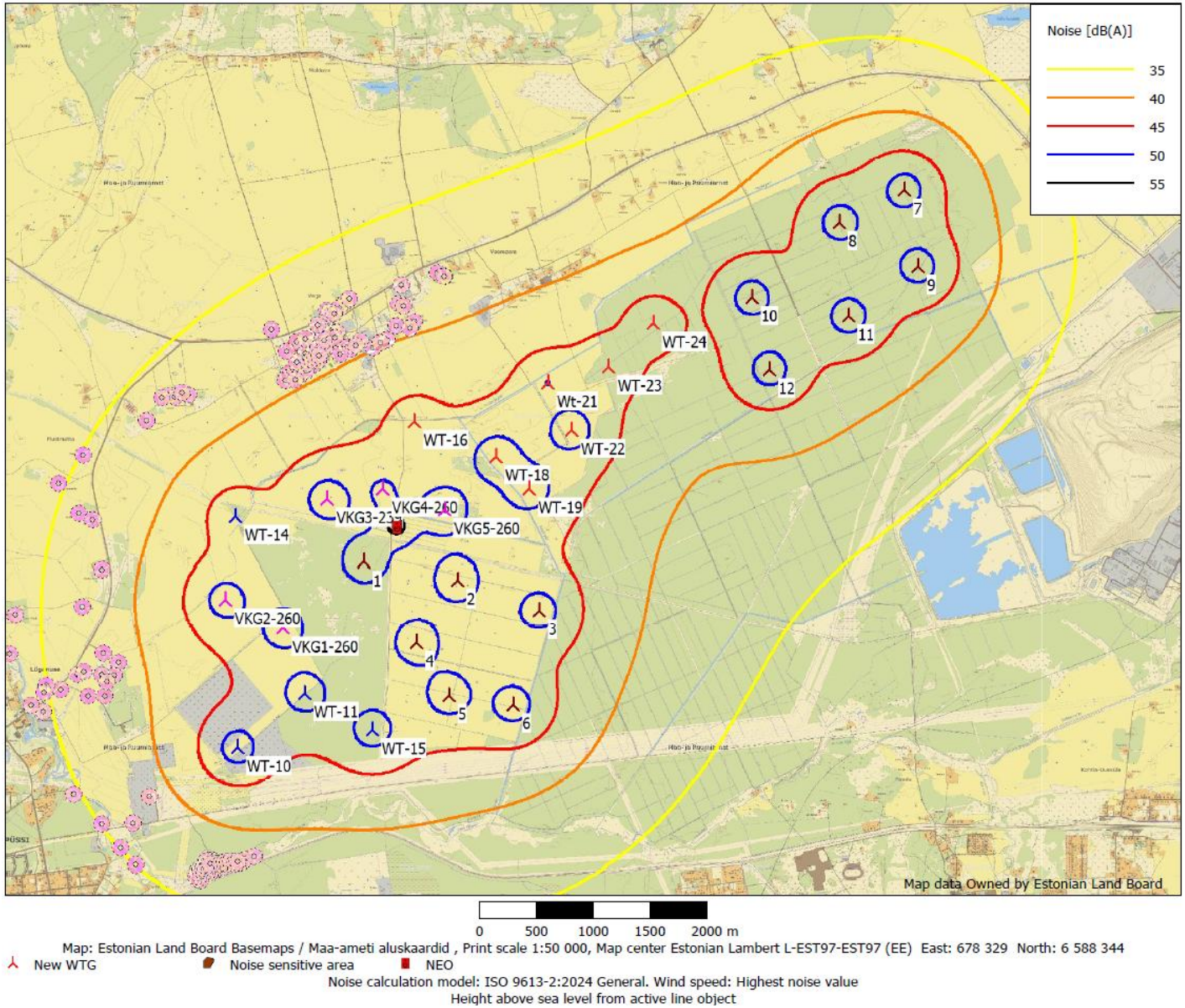
Käesoleva hinnangu arvutusstsenaariumis on kõigi hinnatud elamualade juures 40 dB(A) tagatav, kui VKG tuulik nr 4, Varja ala 2 tuulik nr 14 ning Varja ala 3 tuulikud nr 21, 23 ja 24 töötavad vähendatud töörežiimis Lw=101,0 dB(A) ning Varja ala 3 tuulik nr 16 töörežiimis Lw=99,5 dB(A). Ülejäänud tuulikud on arvutuses tavarežiimis Lw=104,8 dB(A); kõigile helivõimsustasemetele on lisatud +2 dB määramatuse varu. Selle stsenaariumi korral on kõrgeim arvutuslik helirõhutase 39,9 dB(A) Paju (EE02716389) hoone juures, mistõttu on täidetud nii öine 40 dB(A) sihtväärtus kui ka Kliimaministeeriumi juhendi soovituslik päevane 45 dB (Ld) tase. Võimalikke töörežiimide kombinatsioone on ka teisi ning lõplik lahendus tuleb määrata konkreetse tuulikumudeli, selle töörežiimide ja tuulesuundade alusel. Müralevik müra vähendavate töörežiimide rakendamisel on esitatud Joonisel 3.



Joonis 1. VKG Wind tuulepargi viie tuuliku arvutuslik müralevik tavarežiimis Lw=104,8 dB(A), millele on lisatud +2 dB määramatuse varu



Joonis 2. VKG Wind, Evecon/Enery eelvalikuala nr 3 ning Varja detailplaneeringualade nr 2 ja 3 tuulikute arvutuslik müralevik koosmõjus tavarežiimis.



Joonis 3. Tuuleparkide arvutuslik müralevik koosmõjus müra vähendavate töörežiimide rakendamisel.

2.4 Madalsageduslik müra

Madalsagedusliku heli (20-200 Hz) komponent on olemas enamikes helides. Seda põhjustavad nii inimtekkelised (liiklus) kui looduslikud (tuul) allikad. Selleks, et madalsageduslik heli saaks olla häiriv või tervist kahjustav, on oluline madalsageduslike helide puhul nende helirõhk.

Madalsageduslikku müra on läbivalt peetud tuulikute puhul oluliseks teemaks, kuna tuulikute puhul toimub müra levik väga ulatuslikule alale. Müra levimisel sumbub õhus helide kesk ja kõrgema sagedusega osa kiiremini kui madalsageduslik osa[17].

Tuulikute tekitatav madalsageduslik müra vajab hindamist tuulepargi kavandamisel. Käesolevas hinnangus modelleeriti kõigi koosmõjus arvestatud tuulikute madalsageduslik müra tuulikute spektraalsete lähteandmete alusel. Ühegi hinnatud elamuala puhul ei esine arvutuslikult siseruumides madalsagedusliku müra normtaseme ületamist. Piirväärtusele kõige lähemad tulemused esinevad 50 Hz sagedusel, mille normtase on 43 dB. Kõrgeim arvutuslik väärtus on 40,8 dB Paju (EE02716389) hoone juures ehk 2,2 dB alla piirväärtuse. Kõrgema arvutusliku tasemega elamualad on esitatud Tabelis 7.

Tabel 7. Madalsagedusliku müra modelleeringu tulemused piirkonna kavandatavate tuuleparkide koosmõjus. Esitatud on madalsagedusliku müra modelleeritud väärtused siseruumis 50 Hz sageduse puhul elamualadel, kus on oodata piirväärtusele kõige lähedaseimaid helirõhutasemeid.

Nimi	EHR kood	X	Y	Sagedus	Piirväärtus dB	Helirõhutase, dB
Paju	EE02716389	676241	6588987	50	43	40,8
Kraavi	EE00688565	676367	6589058	50	43	40,7
Tammealuse	EE00669879	676310	6589030	50	43	40,7
Piiri	EE00670348	676572	6589161	50	43	40,5
Koidu	EE00677753	676047	6588972	50	43	40,3
Lehtse	EE01943986	676448	6589181	50	43	40,3
Lilleoja	EE03631864	676607	6589219	50	43	40,3
Venni	EE01172616	675953	6588929	50	43	40,3
Viido	EE00687468	676091	6589008	50	43	40,3
Sepa	EE01944710	676128	6589046	50	43	40,2
Vahi	EE02721867	676015	6588992	50	43	40,2
Järve	EE00691137	675601	6588743	50	43	40,1
Kaskema	EE00996046	675652	6588780	50	43	40,1
Pojo	EE00681541	675552	6588706	50	43	40,1
Jüri	EE00685807	675723	6588837	50	43	40,0
Soosalu	EE00670169	675758	6588873	50	43	40,0
Lullu	EE01106178	675499	6588724	50	43	39,9
Oru	EE02725724	675464	6588699	50	43	39,9
Randmäe	EE00669716	675677	6588846	50	43	39,9
Sassi	EE01943992	675784	6588939	50	43	39,8
Tooma	EE02682325	675701	6588876	50	43	39,8
Uudeküll	EE00670391	675733	6588896	50	43	39,8
Varja raamatukogu	ME01978767	675762	6588919	50	43	39,8
Jaani	EE00691288	675494	6588763	50	43	39,7

[17] Hansen, C.H., Doolan, C.J., Hansen, K., L. 2017. Wind Farm Noise: Measurement, Assessment and Control.

Nimi	EHR kood	X	Y	Sagedus	Piirväärtus dB	Helirõhutase, dB
Olju	EE01943989	675815	6588982	50	43	39,7
Londi	EE02712508	675818	6589027	50	43	39,6
Marja tn 5	EE01977792	675906	6589077	50	43	39,6
Nurmela	EE02682453	675756	6588990	50	43	39,6
Puki	EE03298392	675566	6588862	50	43	39,6
Pussi/1	EE02700278	676515	6589358	50	43	39,6
Loigu	EE00669721	675595	6588888	50	43	39,5
Marja tn 4	EE01977760	675927	6589123	50	43	39,5
Mäeotsa	EE02681651	675641	6588933	50	43	39,5
Pussi	EE00685358	676470	6589379	50	43	39,5
Sireli	EE01977793	675812	6589054	50	43	39,5
Allika	EE00670321	675693	6589017	50	43	39,3
Marja tn 2	EE01689750	675887	6589131	50	43	39,3
Pojo	EE02687339	676879	6589619	50	43	39,2
Pojo	EE03994500	676869	6589618	50	43	39,2
Oja	EE00669765	675640	6589061	50	43	39,1
Tiigi	EE00691458	675796	6589144	50	43	39,1
Vaima	EE00691210	675788	6589141	50	43	39,1
Keskkopli	EE03272741	675565	6589035	50	43	39,0
Pajusti	EE00670363	676814	6589653	50	43	39,0
Sootalu	EE00691631	675474	6588953	50	43	39,0

Eluhoonete heliisolatsioon võib hooneti märkimisväärselt erineda, mistõttu tuleb pöörata eriti tähelepanu nendele hoonetele, mille puhul arvutuslik siseruumide müratase jääb madalsagedusliku müra normtasemetele lähedale. Sellistel juhtudel võib pärast tuulepargi valmimist osutuda vajalikuks lähimate hoonete siseruumide müratasemete täiendav kontroll ning vajaduse korral näiteks hoonete heliisolatsiooni parandamine.

Arvutustulemused – mis jäävad kohati vaid paari detsibelli võrra alla siseruumide normtaseme – viitavad, et teatud sagedusvahemikus (nt 40–80 Hz) võib madalsageduslik müra teatud tingimustel (soodne tuulesuund ja tuulikute töö täisvõimsusel) olla siseruumides kuuldav.

Eespool kirjeldatud laiaspektrilise A-korrigeeritud müra normtasemete tagamiseks ning tuulikute koosmõju vähendamiseks esitatud keskkonnameetmed, mis seisneksid tuulikute helivõimsustaseme piiramises tundlikel aegadel (öisel perioodil kui tuul on tuulepargi poolt elamute suunas) aitavad ühtlasi vältida madalsagedusliku müra täiendavat mõju tuulikuparkide läheduses asuvates elamupiirkondades. Arvestades, et madalsagedusliku müra soovituslikud normtasemed on kehtestatud üksnes öise aja kohta, ning käesolevas aruandes esitatud tööaja piirangud käsitlevad samuti öist perioodi, toetab selline lähenemine mõlema müraliigi mõju vähenemist.

2.5 Infraheli

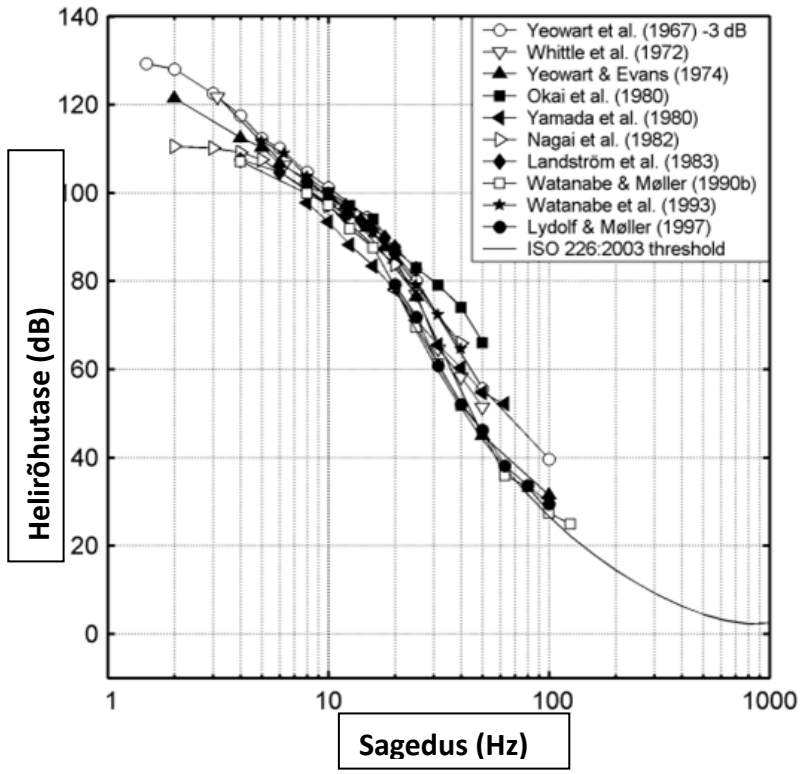
Eriti madalsagedusliku müra ehk **infraheli** (heli sagedusvahemikus ca 0–20 Hz) hindamise osas lähtutakse Kliimaministeeriumi 2025. a valminud juhendist[18]. Infraheli arvutuslikku hindamist

[18] Kliimaministeerium, 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

läbi ei viida, kuna tuulikute poolt tekitatav infraheli jääb asjakohaste teadusuuringute tulemuste kohaselt alla inimeste tajuläve ja ei oma seetõttu olulist mõju inimeste tervisele (vastav ülevaade antud juhendi ptk 2.4.2, Terviseameti tuuleparkide veebilehel[19] ja Sotsiaalministeeriumi kirjas[20]).

Tartu Ülikool on koostanud ka põhjaliku teaduskirjanduse süstemaatilise ülevaate tuuleparkide võimalike tervisemõjude, sh infraheli mõju osas[21]. Ülevaateuuringu alusel pole tuulikutest pärineval infrahelil tänase parima teadusliku tõenduse põhjal leitud negatiivseid tervisemõjusid.

Infraheli puhul on asjakohane samaaegselt käsitleda kahte helisid iseloomustavat muutujat: heli sagedusspektrit (Hz) ja helirõhu tugevust (dB). Infraheli (nagu ka muude helide) mõju inimesele sõltub eelkõige selle tugevusest (dB). Infraheli osas esineb arusaam, et selleks, et infraheli oleks tervist mõjutav, peab tema rõhk olema inimese tajuläve lähedane (Joonis 4).



Joonis 4. Inimese heli tajuvus sõltuvana heli sagedusest ja rõhust erinevate teadusuuringute alusel[22].

Infraheli normtasemed on kehtestatud Sotsiaalministri 12.11.2025 määrus nr 61 „Nõuded müra, sealhulgas ultra- ja infraheli ohutusele elamutes ja ühiskasutusega hoonetes ning

[19] https://www.terviseamet.ee/tuulepargid#kas-terviseamet-on-s

[20] Sotsiaalministeerium 10.03.2025 nr 5.1-2/679-1

[21] Veber, T., Indermitte, E., Laisaar, K.-T., Katus, U., Kiisk, E., & Orru, H. (2025). *Ülevaateuuringu I etapp (tuulepargid): Tuulikute tervisemõjud. Süstemaatiline ülevaade viimase viieteistkümne aasta jooksul eelretsenseeritavates teadusajakirjades avaldatud uuringutest.* Kliimaministeerium. https://kliimaministeerium.ee/sites/default/files/documents/2025-09/%C3%9Clevaateuuringu%20I%20etapp%20%28tuulepargid%29.pdf

[22] Møller, H., Pedersen, C. 2004. Hearing at low and infrasonic frequencies. Noise & health. 6. 37-57.

helirõhutaseme mõõtmise meetodid“. Püsiva tasemega infraheli G-korrigeeritud helirõhutaseme LpG või muutuva tasemega infraheli G-korrigeeritud ekvivalentse helirõhutaseme LpG,eq,T piirväärtus on 85 dB. Helirõhutaseme G-korrigeeritud väärtus on helirõhutase, mis on mõõdetud soovituslikult standardisarja EVS-EN 61672 või muude samaväärsete dokumentide nõuetele vastavate mõõtevahenditega ning sageduslikult korrigeeritud soovituslikult standardi EVS-ISO 7196 (*Acoustics – Frequency-weighting characteristic for infrasound measurements*) või muu samaväärse dokumendi nõuete kohaselt. Kehtivad infraheli normtasemed on võrreldavad teistes riikides kehtivate normidega[23,24].

Infraheli mõju inimese tervisele on maailmas uuritud ja on leitud, et intensiivne infraheli mõjutab inimese närvisüsteemi tuues kaasa mitmesuguseid häireid, nagu hirm, keskendumishäired, väsimus, uimasus, iiveldus, kaaluhäired/isutus, peavalu jmt. Võimalikku tuuliku töötamisest tingitud infraheli on uuritud nii mitmetes riikides, sealhulgas on teostatud hulgaliselt testmõõtmisi. Uuringute üldine järeldus on, et moodsate vastutuult seadistatud tuuleturbiinide töötamisel tekkiv infraheli on madalal tasemel, st jääb oluliselt madalamaks kui lävi, mida seostatakse tervisemõjudega[25]. Seega infraheli võib tekitada tervisehäireid, kuid reaalseks ohu või häiringu (taju) tekkeks peab infraheli puhul esinema äärmiselt kõrge (intensiivne) helirõhk. Sellist intensiivse helirõhu tasemega infraheli ei kaasne kaasaegsete tuuleturbiinide töötamisega[26,27].

Tuulikute infraheli täpsemate mõõtemetoodikate väljatöötamine on jätkuvalt üks uurimisvaldkondi [28], kuid senised mõõtmised eri riikide tuuleparkides on jõudnud võrdlemisi sarnaste tulemiteni.

Tuulikute infraheli puudutavaid teadusuuringuid ja kehtivaid müranorme (sh infraheli osas) on analüüsitud nt Suurbritannias 2023. aastal, mil Suurbritannia riigi tellimusel toimus väga põhjalik analüüs uuendamaks riiklikke müraalaseid juhendeid maismaa tuuleparkidele. Analüüsi käigus töötati läbi asjakohane teaduskirjandus [29]. Leiti, et mitmed uuringud on uurinud väidetavaid seoseid tervisele kahjulike sümptomite ja tuulikute infraheli vahel. Kuigi

[23] Lo Castro, Fabio & Iarossi, Sergio & Luca, Massimiliano & Orlando, Maria & Giliberti, Claudia & Mariconte, Raffaele. 2020. Health Protection Criteria for Airborne Infrasound Exposure: An International Comparison. 10.1007/978-3-030-50946-0_10.

[24] Pawlaczyk-Łuszczyńska, Małgorzata & Dudarewicz, Adam. (2022). Review of evaluation criteria for infrasound and low frequency noise in the general environment. 10.54215/Noise_Control_2022_A_Digital_Monograph_Pawlaczyk-Luszczynska_M_Dudarewicz_A.

[25] Swen., M, Stefan., H, Martin., H, Susanne., K. 2022. Can infrasound from wind turbines affect myocardial contractility? A critical review. Noise Health 2022;24:96-106. https://www.noiseandhealth.org/text.asp?2022/24/113/96/351963

[26] LUBW State Agency for the Environment Baden-Württemberg. 2020. Low-frequency noise including infrasound from wind turbines and other sources. https://pd.lubw.de/84558

[27] Maijala, P., Turunen, A., Kurki, I., Vainio, L., Pakarinen, S., Kaukinen, C., Lukander, K., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P., Lanki, T., Tiippana, K., Virkkala, J., Stickler, E., Sainio, M. 2020. Infrasound Does Not Explain Symptoms Related to Wind Turbines. Publications of the Government’s analysis, assessment and research activities 2020:34.

[28] Nykänen, H. 2023. Tuulivoimaloiden synnyttämän melun ja tärinän terveysriskit – esitutkimus.

[29] WSP. 2023. A REVIEW OF NOISE GUIDANCE FOR ONSHORE WIND TURBINES. Department for Business, Energy & Industrial Strategy. https://www.wsp.com/en-gb/insights/wind-turbine-noise-report

mõned eksperimentaalsed uuringud on seostanud infraheli füsioloogiliste näitajate muutustega[30, 31], on need üldiselt põhinenud infraheli tasemetel, mida ei esine tuulegeneraatorite infraheli osas. Siiani puuduvad veenvad tõendid selle kohta, et tuulegeneraatorite infraheliga kokkupuude võiks põhjustada kahjulikke tervisemõjusid heli sagedustel ja tasemetel, mida võib eeldada olevat tuuleparkide lähedal asuvates müratundlikes kohtades[32].

Teadusuuringutes läbiviidud kontrollitud katsetes, milles osalesid ka osalejad, kes väitsid end olevat tundlikud tuulikute infraheli suhtes, on tõestatud, et kokkupuude infraheliga, mis vastab tuulikute poolt tekitatavale tasemele elamupiirkondades, ei ole seotud füsioloogiliste ega psühholoogiliste tervisemõjudega[33,34, 35, 36]. Seevastu kokkupuute ootused tuulegeneraatorite infraheli suhtes ning positiivsed või negatiivsed sõnumid, mis neid ootusi mõjutavad, võivad avaldada mõju tervise sümptomite raporteerimisele[37].

Üks värskemaid ja teadaolevalt seni kõige põhjalikum madalsagedusliku heli, sh infraheli, uuring tuulikutega seonduvalt viidi läbi Soomes ja see avaldati inglise keeles 2020 aastal[38]. Uuring oli tellitud Soome riigi poolt ning selle viis läbi Soome Tehniliste Uuringute Keskus[39]. Uuring kombineeris pikaajalisi (308 päeva) heli mõõtmisi tuuleparkides, samuti kuulmisteste

---

[30] Salt, AN & Hullar, TE, 2010. Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. Hearing Research, 268 (1- 2), 12-21. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378595510003126

[31] Weichenberger, M, Bauer, M, Kühler, R, Hensel, J, Forlim, CG, Ihlenfeld, A, Ittermann, B, Gallinat, J, Koch, C & Kühn, S, 2017. Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold - Evidence from fMRI. PLoS ONE, 12, e0174420. https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0174420

[32] van Kamp, I & van den Berg, F, 2021. Health effects related to wind turbine sound: An update. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18 (17), 9133. https://www.mdpi.com/1660-4601/18/17/9133

[33] Tonin, R, Brett, J & Colagiuri, B, 2016. The effect of infrasound and negative expectations to adverse pathological symptoms from wind farms. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 35 (1), 77-90. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0263092316628257

[34] Nelson, P, Bryne, A, Waggenspack, M, Lueker, M, Feist, C, Herb, B & Marr, J, 2019. Testing the human response to wind turbine emissions. Wind Turbine Noise 2019, 12-14 June, Lisbon. INCE-Europe.

[35] Maijala, PP, Kurki, I, Vainio, L, Pakarinen, S, Kuuramo, C, Lukander, K, Virkkala, J, Tiippana, K, Stickler, EA & Sainio, M, 2021. Annoyance, perception, and physiological effects of wind turbine infrasound. Journal of the Acoustical Society of America, 149 (4), 2238- 2248. https://doi.org/10.1121/10.0003509

[36] Krahé, D, Alaimo Di Loro, A, Müller, U, Elmenhorst, E, De Gioannis, R, Schmitt, S, Belke, C, Benz, S, Großarth, S, Schreckenberg, D, Eulitz, C, Wiercinski, B & Möhler, U 2020. Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/laermwirkungen-von-infraschallimmissionen

[37] Crichton, F, Dodd, G, Schmid, G, Gamble, G & Petrie, KJ, 2014. Can expectations produce symptoms from infrasound associated with wind turbines? Health Psychology, 33 (4), 360-364. https://doi.org/10.1037/a0031760

[38] Maijala, P., Turunen, A., Kurki, I., Vainio, L., Pakarinen, S., Kaukinen, C., Lukander, K., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P., Lanki, T., Tiippana, K., Virkkala, J., Stickler, E., Sainio, M. 2020. Infrasound Does Not Explain Symptoms Related to Wind Turbines. Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2020:34.

[39] Maijala, P. 2020. VTT studied the health effects of infrasound in wind turbine noise in a multidisciplinary cooperation study. VTT Technical Research Centre of Finland.

ja küsimustikke tuuleparkide lähialadel elanike hulgas. Eesmärgiks oli selgitada tuulikute tekitatava madalsagedusliku müra omadused ja sellega kaasnevad mõjud inimesele. Uuring oli ajendatud probleemist, et osad tuulikuparkide lähiala elanikud seostavad tuulikute olemasolu endal esinevate terviseprobleemidega, eeskätt unehäiretega.

Uuringu kohaselt seostas 5% uuringusse hõlmatud tuuleparkide lähiala elanikke endal esinevate terviseprobleemide esinemist (nn sümptomitega vastajad) tuulikute madalsagedusliku heliga. Enim sümptomitega vastajaid jäi tuulikuparkide lähialale, mis uuringus oli määratud 2,5 km raadiuse alana. Lähiala elanikest esines nn sümptomitega vastajaid 15%.

Uuringu kohaselt jäid valdavad tuulepargi lähialadel mõõdetud eriti madalsagedusliku heli sagedused vahemikku 0,1–1 Hz, mis jääb allapoole inimkõrva kuuldeläve (16–20 Hz). Mida madalam on heli sagedus, seda suurem peab olema helirõhk, et heli oleks tajutav. Uuring tuvastas ka, et tuulikud võivad põhjustada üksikuid madalsagedusliku heli piike (lühiajaline madalsagedusliku helirõhk kuni 102 dB). Teoreetiliselt võivad sellised piigid osade inimeste jaoks olla tajutavad ja sellest lähtuvalt viidi läbi ka katsed inimestega. Uuringus ei suudetud tuvastada, et isikud, kes arvasid endal olevat tuulikutest põhjustatud tervisemõjusid, oleksid võimelised madalsageduslikke helisid paremini kuulma/tajuma. Kuulmistestidega püüti tuvastada terviseprobleeme kurtvate inimeste närvisüsteemi reageeringut madalsageduslikele helidele, kuid sellist seost ei leitud. Antud inimeste närvisüsteemis ja erinevates füsioloogilistes näitajates ei tuvastatud mingit reageeringut, kui neile lasti tuulikute madalsageduslikku heli.

Samuti tuvastas uuring, et u 1,5 km raadiuses tuulepargist on võimalik täheldada helispektri muutust nn linnalikuks, st suureneb madalsagedusliku heli, sh infraheli, osatähtsus sagedusjaotuses. Esinev helispekter muutub väga sarnaseks linnatingimustes esinevaga.

Uuring järeldas, et tuulikute madalsageduslikku müra, sh infraheli, ei saa seostada inimeste poolt kurdetavate tervisemõjudega. Samas püstitati hüpotees, et madalsageduslikust mürast olulisem võib potentsiaalselt olla tuulikute heli amplituudi kõikumine.

Teine antud teemat käsitlev värske ja esinduslik tervisemõju uuring viidi läbi Austraalias. Uuringu eesmärk oli tuvastada tuuleturbiini sündroomi võimalik esinemine. Uuringu käigus testiti 72 tunni jooksul 10-päevaste vahedega kolme erinevat müra kokkupuudet unelaboris. Uuringusse olid hõlmatud 37 tervet, kuid müratundlikku täiskasvanut. Neile lasti infraheli (1,6–20 Hz ~90 dB, simuleeriti tuulikute infraheli signatuuri), näilist infraheli (samad kõlarid, mis ei genereerinud infraheli) ja liiklusmüra. Uuriti inimeste erinevate füsioloogiliste ja psühholoogiliste näitajate muutust. Uuringu tulemused ei toetanud ideed, et infraheli põhjustab tuulegeneraatori sündroomi. Kõrge tasemega, kuid kuulmatu infraheli ei näidanud mõju ühelegi füsioloogilisele ega psühholoogilisele näitajale, mida uuringus osalenute seas testiti[40].

[40] Marshall, N. S., Cho, G., Toelle, B. G., Tonin, R., Bartlett, D. J., D'Rozario, A. L., Evans, C. A., Cowie, C. T., Janev, O., Whitfeld, C. R., Glozier, N., Walker, B. E., Killick, R., Welgampola, M. S., Phillips, C. L., Marks, G. B., & Grunstein, R. R. 2023. The health effects of 72 hours of simulated wind turbine infrasound: a double-blind randomized crossover study in noise-sensitive, healthy adults. Environmental Health Perspectives, 131(3), 037012-1-037012-12. Article 037012. https://doi.org/10.1289/EHP10757

2.6 Keskkonnameetmed

Kehtiv müraalane seadusandlus jätab uute müraallikate kavandamisel kohaliku omavalitsuse otsustada rakendatava normtaseme. Hea elukeskkonna tagamiseks on käesolevas hinnangus eesmärgiks võetud tööstusmüra öine sihtväärtus 40 dB(A). Arvutused näitavad, et VKG Wind viie tuulikuga lahendus eraldiseisvalt sihtväärtust ei ületa, kuid kõigi arvestatud tuuleparkide tavarežiimis töötamise koosmõjus võib 40 dB(A) ületamine esineda 25 hinnatud hoone juures.

Tagamaks tööstusmüra öist sihtväärtust elamualadel on järgmised meetmevõimalused:

- võimalik on vähendada tuulikute arvu või suurendada tuulikute kaugust elamutest. VKG Wind vähendatud, viie tuulikuga lahenduse eraldiseisev müratase vastab 40 dB(A) eesmärgile; koosmõju puhul tuleb meetmed suunata eeskätt nendele tuulikutele, mille panus lähimate müratundlike alade müratasemesse on suurim;
- võimalik on kasutada erineva helivõimsustasemega töörežiime. Käesolevas arvutusstsenaariumis tagatakse kõigi hinnatud elamualade juures 40 dB(A), kui VKG tuulik nr 4, Varja ala 2 tuulik nr 14 ning Varja ala 3 tuulikud nr 21, 23 ja 24 töötavad töörežiimis Lw=101,0 dB(A) ning Varja ala 3 tuulik nr 16 töörežiimis Lw=99,5 dB(A). Arvutuses on kõigile nimetatud helivõimsustasemetele lisatud +2 dB määramatuse varu.

  Tuulikute töörežiimide kombinatsioone, mille korral elamualadel 40 dB(A) tagatakse, võib olla mitu. Suurima efekti annab üldjuhul müratundlikele aladele lähimate ja nende müratasemesse enim panustavate tuulikute helivõimsustaseme piiramine või nende töö ajutine peatamine.

Lõplik tuulikute tööaja ning piirangute graafik tuleb välja töötada tuulikute ehitusloa menetluse raames, kui on välja valitud konkreetne tuulikumudel (ehk selgunud tuulikute täpsed parameetrid, sh erinevate müravähendusrežiimide võimalused) ning tuulikute tootja peab muu hulgas tagama optimeeritud (müra vähendavate) töörežiimide võimekuse.

Arvestades piirkonda kavandatavate tuulikute kohati lähedast paiknemist elamutele, tuleb täpse tuulikumudeli valikul jälgida tuuliku helivõimsustaseme andmeid. Käesolevas hinnangus on lähtutud Lw=104,8 dB helivõimsustasemest. Tootmises on tuulikuid, mille helivõimsustase on sellest kõrgem. Tuulikute valikul tuleb eelistada madalama müratasemega mudeleid, mis kasutavad tehnilisi müravähendusmeetmeid (nt labade hammastatud servad vms). Kasutada tuleb uusi ja töökorras tuulikuid. Konkreetse tuulikumudeli valikul tuleb kontrollida selle sobivust planeeringus seatud müratingimuste täitmiseks.

Tuulikute paigaldamisel, sh nende omavahelise vahekauguse valikul, tuleb jälgida tuuliku tootjapoolseid tehnilisi nõudeid. Tuuliku tootjad tagavad tuuliku tehnilises dokumentatsioonis esitatud helivõimsustasemed juhul kui tuulikud on paigaldatud ja hooldatud nõuetekohaselt. Tuulikute paigutamisel teineteisele lähemale, kui on tehniliselt soovitatav, võivad müraemissioonid osutuda suuremaks kui tootja tagatud helivõimsustase.

Ehitusaegne müra ei tohi ületada atmosfääriõhu kaitse seaduse ning selle alusel välja antud keskkonnaministri 16.12.2016. a määruses nr 71 „Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid” sätestatud müra normtasemeid. Mürarikkaid ehitustöid vältida öisel perioodil.

Müra alase järelseire ettepanek on järgmine:

- Tuulepargi valmimise järel (kuue kuu jooksul) tuleb teha rajatud tuulepargile lähimate elamute, vähemalt kolme arvutusliku mürahinnangu alusel sellest tuulepargist enim mõjutatud elamu, õuealadel müratasemete kontrollmõõtmised ja hinnata vastavust planeeringus kehtestatud müratingimustele, sh käesolevas hinnangus soovitatud öisele 40 dB(A) sihtväärtusele. Mõõtepunktid tuleb valida selliselt, et need iseloomustaksid tuulepargi müra seisukohalt kriitilisemaid vastuvõtukohti ning vajaduse korral erinevaid olulisi müra levikusuundi ja koosmõjuolukordi.

  Mõõtmised tuleb teha asjakohase EVS-EN ISO standardi kohaselt akrediteeritud mõõtja poolt. Mõõtmised tuleb kavandada tingimustesse, kus tuulikute müra mõju on vastuvõtukohas võimalikult hästi hinnatav, sh eelistatult madala taustmüraga ajal ja müra levikut soodustava tuulesuuna korral. Mõõtmiste ajal tuleb fikseerida meteoroloogilised tingimused ning mõõtmise tulemuste hindamiseks vajalikud tuulikute tööandmed, sh tuulikute võimsus ja rakendatud töörežiimid. Taustmüra ja muude müraallikate mõju tuleb mõõtetulemuste hindamisel arvestada vastavalt kasutatavale mõõtestandardile. Kui kuue kuu jooksul ei esine piisavalt sobivaid mõõtetingimusi või saadud andmed ei võimalda tuulikute müratasset usaldusväärselt hinnata, tuleb mõõtmisi jätkata või korrata sobivate tingimuste esinemisel.

  Juhul kui mõõtmiste tulemusel selgub, et elamualadel ületatakse tuulepargi tõttu planeeringus määratud müra normtasemeid või planeeringuga seatud muid müratingimusi, peab tuulepargi omanik rakendama täiendavaid meetmeid müra vähendamiseks. Kui häiring tekib eri tuuleparkide koosmõjus, on vajalik tuuleparkide arendajate vaheline koostöö ning meetmed tuleb suunata eeskätt nende müraallikate vähendamisele, mille panus konkreetses müratundlikus asukohas on suurim.

  Pärast valmimisjärgset kontrollmõõtmist tuleb täiendavad mõõtmised teha juhul, kui esineb põhjendatud mürakaebusi või ohukahtlus, kui muudetakse oluliselt tuulikute müraemissiooni mõjutavaid tehnilisi parameetreid või töörežiime või kui piirkonnas realiseerub muu tuulepark, mille tõttu võib koosmõju müratundlikel aladel oluliselt suureneda. Tuulepargi omanik peab säilitama tuulikute töörežiimide ja rakendatud müravähendusrežiimide kontrollimiseks vajalikud tööandmed ning esitama need põhjendatud nõudmisel kohalikule omavalitsusele ja Terviseametile.
- Tuulepargi valmimise järel (kuue kuu jooksul) tuleb teha madalsagedusliku müra mõõtmised tuulepargile lähimate maaüksuste eluhoonete (vähemalt 3 müra arvutusliku hinnangu alusel enim mõjutatud elamut) siseruumides. Madalsagedusliku müra mõõtmine toimub vastavuses standardiga EVS-EN ISO 16032:202453 või samaväärse dokumendiga.
  Juhul kui mõõtmiste tulemusena selgub, et madalsagedusliku müra normtasemed ei ole siseruumides tagatud, peab tuulepargi omanik rakendama meetmeid olukorra nõuetega vastavusse viimiseks. Ühe võimaliku meetmena saab kokkuleppel elamu omanikuga parandada hoone välispiirete heliisolatsiooni; alternatiivina või täiendavalt saab rakendada tuulikute töörežiimi piiranguid. Tagatud peavad olema madalsagedusliku müra normtasemed siseruumides kogu madalsagedusliku müra sageduskõvera ulatuses. Kui häiring tekib eri tuuleparkide koosmõjus, on vajalik tuuleparkide arendajate vaheline koostöö. Kui normtaseme ületamine tekib mitme tuulepargi koosmõjus, on asjakohane vähendada eeskätt nende müraallikate panust, mille mõju konkreetsel müratundlikul alal on suurim.

Madalsagedusliku müra mõõtmised tuleb võimaluse korral teha tuulepargi töötamise ajal tingimustes, kus hinnatava hoone suhtes oluliste tuulikute müra levik on soodustatud ning tuulikud töötavad mürahinnangu seisukohalt asjakohases töörežiimis. Mõõtmiste ajal tuleb fikseerida tuulikute töörežiimid ja asjakohased meteoroloogilised tingimused.

- Järelseire tulemused tuleb esitada kohalikule omavalitsusele ja Terviseametile. Tulemused tuleb teha kättesaadavaks omavalitsuse kodulehel ning esitada mõõtmispunktide elamute omanikele.

Detailplaneeringu eelnõu väljapanekul tehti ettepanek kavandada müra osas tuulepargi rajamise järgselt püsiseire või pikaajalised mõõtmised. Antud ettepanekut kaaluti, kuid seda ei peetud asjakohaseks. Pidev akustiline mõõtmine eluhoonete juures ei ole tuuleparkide müranõuetele vastavuse kontrollimisel tavapärane ega üldjuhul tehniliselt põhjendatud lahendus. Tuulikumüra mõõtmine eluhoonete juures erineb tavapärase tööstusmüra mõõtmisest, sest mõõdetav tuulikumüra on sageli samas suurusjärgus ümbritseva taustmüraga ning sõltub oluliselt tuule kiirusest ja suunast, tuulikute töörežiimist ja atmosfääri tingimustest. Pidevalt töötav müramõõtur registreeriks lisaks tuulikutele ka liikluse, põllumajandustegevuse, tuule ja sademete põhjustatud heli, taimestiku kohina, lindude ja muud juhuslikud helid. Seetõttu ei ole pidevalt mõõdetav summaarne helitase ilma detailse meteoroloogiliste ja tuulikute tööandmete analüüsi ning taustmüra eraldamiseta otseselt võrreldav tuulikutele kehtiva mürataseme nõudega.

Rahvusvaheline praktika lähtub seetõttu eeskätt sihipärastest vastavuskontrollidest. Ühendkuningriigi 2026. a ametlik tuulikumüra juhend sätestab otseselt, et perioodilist või valmimisjärgset mõõtmist eluhoonete juures kaebuste puudumisel ei ole vaja; mõõtmised tehakse põhjendatud kaebuse korral tingimustes, kus tuulikute mõju on võimalikult hästi eristatav[41]. Taanis kasutatakse vastavuse kontrollimiseks eeskätt standardiseeritud tuuliku müraemissiooni mõõtmist koos müralevi arvutusega ning järelevalveasutus saab vajaduse korral nõuda täiendavaid kontrollmõõtmisi[42]. Soome mõõtejuhend nõuab kontrollmõõtmistel kindlaid tuule- ja levikutingimusi ning taustmüra arvesse võtmist, mis samuti ei toeta lihtsa pideva müralogimise kasutamist vastavuse hindamiseks[43].

Ka Kliimaministeeriumi 2025. a tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend näeb asjakohase meetmena ette tuulepargi valmimise järgse kontrollmõõtmise lähimate eluhoonete juures, mitte pidevat või pikaajalist müraseiret. Juhendi kohaselt tuleb mõõtmised teha kuue kuu jooksul pärast kasutusloa saamist ning võimaliku häiringu või asjakohaste kaebuste korral on võimalik läbi viia täiendav järelevalve ja mõõtmised.

Sellest lähtudes on proportsionaalne ja tehniliselt usaldusväärsem lahendus teha pärast tuulepargi kasutuselevõttu nõuetekohased kontrollmõõtmised müra suhtes enim mõjutatud eluhoonete juures ning korrata mõõtmisi juhul, kui esineb põhjendatud mürakaebusi, muutuvad oluliselt tuulikute tehnilised parameetrid või töörežiimid või ilmneb muu alus

[41] Department for Energy Security and Net Zero. 2026. *Assessment and rating of wind turbine noise.* UK Government

[42] Miljøstyrelsen. 2026. *Vejledning om støj fra vindmøller.* Vejledning nr. 84, 2026. Danish Environmental Protection Agency.

[43] Ympäristöministeriö. 2014. *Tuulivoimaloiden melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa.* Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2014. Helsinki: Ympäristöministeriö. ISBN 978-952-11-4277-2.

kahelda müranõuete täitmises. Tuulikute töörežiimide, sh müra vähendavate töörežiimide rakendamist on seejuures võimalik pidevalt kontrollida tuulikute SCADA-süsteemi tööandmete kaudu.

3 Varjutus

3.1 Hindamise metoodika

Varjutuse (tuulikulabade liikuva varju langemine selle suhtes tundlikele aladele) hindamisel lähtuti Kliimaministeeriumi koostatud juhendmaterjalis esitatud metoodikast[44].

Tuulikud kui kõrgkonstruktsioonid põhjustavad päikesepaistelise ilmaga paratamatult varjusid. Tuntakse kahte tüüpi tuulikute ja päikesepaiste koosmõjul tekkivaid keskkonnamõjureid – liikuvad varjud ja perioodilised peegeldused. Liikuvad varjud on põhjustatud tuuliku konstruktsiooniosade poolt. Tuulikute liikuvaid varje põhjustavad tuuliku pöörlevad labad. Kuivõrd tuuliku labad liiguvad, siis liigub pidevalt ka vari. See võib häirida lähedal asuvates elamutes inimesi ja maanteedel sõitvaid autojuhte hommikuti ja õhtuti.

Peegeldused tekivad, kui päike peegeldub hetketi tuuliku labadelt ja põhjustab teatud vaatluspunktis ebameeldivat helkimist. Peegeldused on tingitud labade materjalist, selle ärahoidmiseks kasutatakse kaasaegsete tuulikute puhul matte pinnatöötlusmeetodeid.

Häirivat varjutust ei esine, kui puudub otsene päikesekiirgus (ilm on pilves) või kui tuulik ei tööta. Varjude ulatus on seda suurem, mida madalamalt päike paistab. Seega on varjutus kõige ulatuslikum hommiku- ja õhtutundidel ning talvisel perioodil. Samas suvel on varjude potentsiaalne kestus suurim (päev on pikem).

Meie laiuskraadil esineva päikese liikumise tõttu ei tekita tuulikud (ega muud objektid) kunagi varju tuuliku tornist lõuna suunas. Varjutus ulatub kõige kaugemale lääne- ja idakaartes. Kõige suurem on varjutuse summaarne kestus tuuliku vahetus läheduses tornist loode, põhja ja kirde suunas.

Varjutustaset mõjutab tuuliku rootori diameeter ning masti kõrgus ja tuuliku paiknemine elamuala suhtes.

Reaalse varjutuse kestuse arvutamisel arvestatakse otsese päikesepaiste kestvust meteoroloogiajaamade vaatlusandmete alusel ning tuulikute töötamise aega tuulesuundade (ehk tuuliku tiiviku paiknemist) ning tuulevaikuse esinemise alusel.

Varjutuse ulatust on võimalik arvutada vastava tarkvaraga ning igale elamualale koostada varjutuse kalender. Teoreetiliselt võivad varjud ulatuda mitmete kilomeetrite kaugusele. Reaalselt ei põhjusta varjutus aga märkimisväärset häiringut kaugemal kui u 10 tuuliku rootori läbimõõtu tuulikutest. Kaugemalt vaadeldes muutub atmosfääri optiliste omaduste mõju niivõrd suureks, et varjutus ei ole enam tajutav. Samuti saab varjutus reaalselt oluline olla asukohtades, kus tuulik on nähtav. Tänapäevaste suurimate maismaatuulikute rootori diameeter on kuni 175 m. Viie aasta perspektiivis võib eeldada, et tootmisse võib tulla ka veelgi suurema diameetriga tuulikuid, mis teeb arvutuslikuks varjutuse ulatuseks kuni 2 km. Jällegi tuleb arvestada, et varju ulatus on vägagi sõltuv ilmakaarest, aastaajast, kellaajast, tuuliku nähtavusest jms.

Varjutuse kalendrist ilmneb, kas ja millal varjutus võib esineda ja kas seda on tasemel, mis võib olla häiriv. Tuulikute paigutust tavaliselt optimeeritakse ühe aspektina lähtuvalt varjutuse kestusest. Samuti on võimalik varjutuse häirivust vältida näiteks tuulikute tööd teatud aegadeks peatades (juhtudel, kui esineb päike, tuul ja häiriv varjutus elamuala suhtes).

[44] Kliimaministeerium, 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

Modelleerimiseks kasutati spetsiaaltarkvara WindPRO versiooni 4.3.250. Varjutuse mõjuala ja kestus modelleeriti WindPRO mooduliga SHADOW.

VKG Wind detailplaneeringu ajakohastatud lahenduses arvestati viie tuulikuga. Varjutusarvutustes kasutati Nordex N175/6.X geomeetriat rootori diameetriga 175 m. Tuulikute VKG1, VKG2, VKG4 ja VKG5 rummukõrgus on 172,5 m ning tipukõrgus 260 m; tuuliku VKG3 rummukõrgus on 151,5 m ning tipukõrgus 239 m.

Koosmõju varjutusarvutuses arvestati lisaks Evecon/Enery eelvalikuala nr 3 kaheteistkümne tuulikuga (arvutusgeomeetria: rootori diameeter 200 m ja rummukõrgus 200 m), Varja detailplaneeringuala nr 2 nelja tuulikuga (rootori diameeter 200 m ja rummukõrgus 200 m) ning Varja detailplaneeringuala nr 3 seitsme tuulikuga. Varja ala 3 tuulikul WT-16 kasutati rootori diameetrit 175 m ja rummukõrgust 162 m ning tuulikutel WT-18, WT-19, WT-21, WT-22, WT-23 ja WT-24 rootori diameetrit 175 m ja rummukõrgust 199 m.

Varjutuse osas esineb üldjuhul seos, et mida kõrgem on tuulik, seda kaugemale vari võib ulatuda. Samas varju kestus elamualal sõltub konkreetsest tuuliku, elamu ja päikese omavahelisest paiknemisest (mõne elamu puhul võib madalam tuulik põhjustada pikema varjutuse kestvuse).

Hindamise läbiviimine toimus järgmise põhimõtte kohaselt:

- Kui halvim võimalik olukord ≤30 h/aastas või 30 min/päevas, siis edasisi samme ei ole vaja astuda;
- Kui halvim võimalik olukord >30 h/aastas või 30 min/päevas, siis tuleb läbi viia reaaltingimustest lähtuva olukorra arvutused;
- Kui reaaltingimustest lähtuv olukord >8 h/aastas või 30 min/päevas, tuleb kavandada ja rakendada leevendusmeetmed.

Arvutuste lähtetingimused:

- Halvim võimalik olukord: tuulikud töötavad kogu päeva, päike paistab pilvitus taevas päikesetõusust loojanguni, rootori pind on risti päikesekiirtega, tuule suund kogu aja päikesega ühel joonel. Arvesse ei võeta valguse murdumist atmosfääris (omab võrreldes teiste teguritega väheolulist mõju varju paiknemisele) ega objekte (hooned, puud jms), mis takistavad päikesevalguse levikut, välja arvatud olukordades, kus objekti (eelkõige hoone) olemasolu on antud asukohas garanteeritud kogu tuulepargi käitamise aja.
- Reaaltingimusi arvestav olukord: arvestatakse piirkonna meteoroloogilisi tingimusi - päikesepaiste kestust, tuulesuundade põhist tuulikute tööaega ning reljeefist tulenevat nähtavust. Käesolevas arvutuses teostati enne varjutusarvutust ZVI-nähtavusarvutus ja arvestati topograafilist varjestust. Hoonestust ega taimkatet eraldi varjutust tõkestavate objektidena ei arvestatud. Seetõttu on tegemist meteoroloogilisi tingimusi ja topograafilist varjestust arvestava, kuid hoonestuse ja taimkatte suhtes konservatiivse real case arvutusega. Hoonestuse ning eriti taimkatte säilimine kogu tuulepargi kasutusaja jooksul ei ole piisava kindlusega tagatud; nende varjestava mõju arvestamata jätmine vähendab varjutuse alahindamise riski. Tegelikus olukorras võivad hooned ja kõrghaljastus varjutuse kestust lokaalselt vähendada.

- Arvesse ei võeta olukorda, kus päikese kõrgus on alla 3°.

Mõjupunktid ja nende määramine:

- Mõjupunktidena käsitletakse sise- ja väliruume, kus varjutus võib põhjustada häiringuid.
- Halvim võimalik olukord:
  - Mõju hinnatakse elu- ja ühiskondlikele hoonetele, mille kindlaks määramisel lähtutakse Eesti Topograafilise Andmekogu (ETAK) andmetest. Asjakohasel juhul tuleb kaasata ka ärihooned ja ehitusõiguse saanud, kuid rajamata elu- ja ühiskondlikke hooneid, mille korral lähtutakse kohaliku omavalitsuse andmetest.
  - Täpsemalt viiakse hindamine läbi 15 m × 15 m suurusel alal, mille keskpunkt paikneb eelmises punktis nimetatud hoonel.
  - Arvutuskõrgus on 1,5 m (inimese tavapärane vaatekõrgus).
- Reaaltingimustest lähtuv olukord:
  - Mõju hinnatakse vaid hoonetele, mille puhul on ületatud halvima võimaliku olukorra normtasemed.
  - Mõjupunktide määramisel lähtutakse eelmises punktis (halvim võimalik olukord) välja toodud põhimõtetest.

Varjutamise kestuse ja ulatuse hindamisel kasutati paljude aastate keskmisi meteoroloogilisi andmeid päikesepaiste kestuse osas[45] ja piirkonnas domineerivate tuulte jaotust. Hindamaks võimalikku teoreetilist mõju ka kaugemal paiknevatele aladele, ei kasutatud varjutamise arvutamisel kauguspiirangut ning varjutamist arvutati kuni võimaliku teoreetilise maksimumdistantsini tuulikutest.

Modelleerimises kasutati Maa- ja Ruumiameti maapinna kõrgusmudeli andmeid (5 m täpsusega andmevõrgustik). Varjutusretseptori vaatekõrguseks määrati 1,5 m ning retseptori pindalaks 15 × 15 m.

WindPRO retseptoripõhises arvutuses loeti varjutus arvestatavaks juhul, kui tuuliku laba kattis vaatepunktist vähemalt 20% päikesekettast. Retseptorite varjutusarvutuse päevane arvutussamm oli 1 päev ja ajaline samm 1 minut. Koos minimaalse 3° päikesekõrguse tingimusega vastab see Kliimaministeeriumi juhendis kirjeldatud varjutuse hindamise põhimõtetele.

Kliimatingimusi ja topograafilist varjestust arvestava konservatiivse arvutuse (WindPRO real case) modelleerimisel kasutati Eesti keskmisi päikesepaiste kestvuse andmeid ja Jõhvi meteoroloogiajaama tuulesuundade jaotust. Tuulikute summaarne arvestuslik tööaeg tuulesuundade kaupa on 8059 tundi aastas. Kui tegelikud ilmastikuolud erinevad pikaajalistest keskmistest, erineb ka tegelik varjutuse kestus; lisaks võivad tegelikku varjutust vähendada arvutuses mitte arvestatud hooned ja taimkate. Päikesepaiste kestuse andmed on esitatud Tabelis 8 ja tuulesuundade kaupa arvestatud tuulikute tööaeg Tabelis 9.

[45] Riigi Ilmateenistus. Päikesepaiste kestus. https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/paikesepaiste-kestus/

Tabel 8. Modelleerimisel kasutatud päikesepaisteliste tundide andmed ööpäevas. Alus: https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/paikesepaiste-kestus/

Kuu	Keskmine päikepaiste kestvus ööpäevas
Jaanuar	1,06
Veebruar	2,24
Märts	4,50
Aprill	6,38
Mai	8,59
Juuni	8,43
Juuli	8,90
August	7,50
September	5,07
Oktoober	2,54
November	1,01
Detsember	0,68

Tabel 9. Tuulikute arvutustes kasutatud tööaeg tuulesuundade kaupa. Summaarne tööaeg on 8059 h/a ehk ligikaudu 92% aastast. Lähtutud on Jõhvi meteoroloogiajaama tuulesuundade jaotusest.

Tuule suund	Tööaeg (tundi aastas)
N	788
NE	710
E	552
SE	788
S	1752
SW	1577
W	1104
NW	788

3.2 Varjutuse esinemine ja mõju

Tuulikute tekitatav varjutus on tugevalt häiriv, kui see langeb aladele, kus inimesed viibivad, eeskätt pikaajaliselt kasutatavatele aladele, nagu elamualad.

Varjutuse pikaajalisel esinemisel on täheldatud eeskätt siseruumides viibivale inimestele häirivat toimet. Järjestikuse üle 30 minuti kestva valguse vilkumise tõttu on täheldatud inimesel stressi ja keskendumisvõime halvenemist[46].

Eestis puuduvad varjutuse esinemisele kehtestatud normid õigusaktides. Varjutuse puhul lähtutakse olulise mõju künnisena Kliimaministeeriumi 2025. a koostatud juhendis[47] esitatud soovituslikest väärtustest, mille kohaselt juhul, kui reaaltingimustest lähtuv varjutuse olukord tundlikul alal on >8 h/aastas või 30 min/päevas, tuleb kavandada ja rakendada leevendusmeetmed.

Varjutuse esinemist on seostatud ka epilepsiahoogude tekkega. Oluline aspekt on, et vilkuv valgus ei põhjusta epilepsiasse haigestumist, vaid võib valgustundliku epilepsia all kannatavatel inimestel esile kutsuda epilepsiahoo. Epilepsia all kannatab kuni 0,03% inimkonnast (kuni 3 inimest 10 000-st). Kuni 5% epilepsia all kannatavatest inimestest on sealjuures valgustundlikud. See tähendab, et nende puhul võib epilepsiahooge esile kutsuda

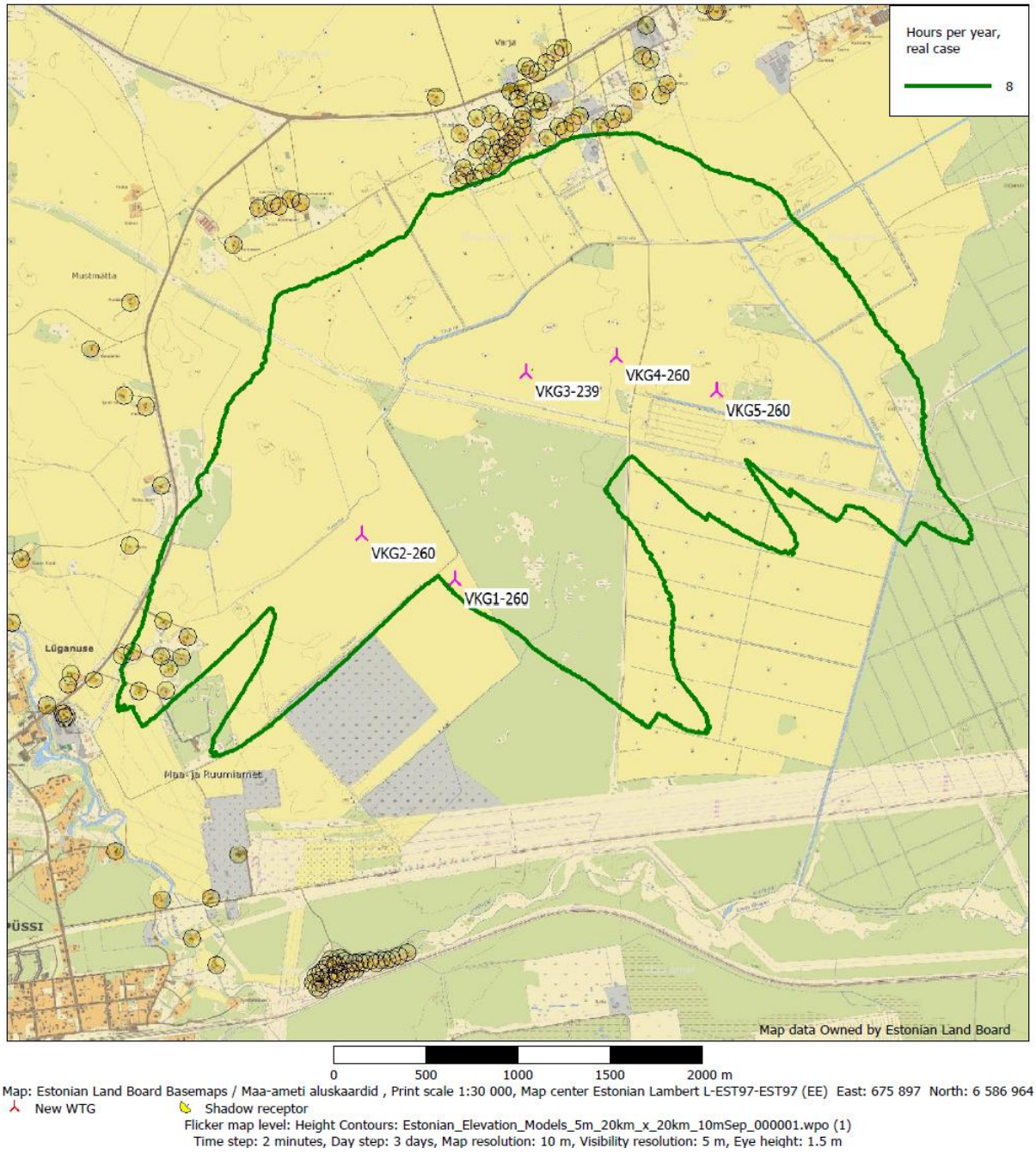
[46] Department of Energy and Climate Change; Parsons Brinckerhoff. Update of UK Shadow Flicker Evidence Base.

[47] Kliimaministeerium, 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

valguse intensiivsuse muutumine sagedustel üle 2,5 Hz (kõige enim on epilepsiahoo vallandamist soodustavaks vilkumine sagedustel 15–25 Hz). Leitud on, et valguse intensiivsuse muutumine sagedustel 3 Hz ja vähem võib põhjustada epilepsiahooge 1,7 inimesele 100 000 valgustundlikust populatsioonist. Selleks et riski maandada, peab tuulikute varjude vilkumissagedus jääma alla 60 vilkumise minutis. [48]. Tänapäevaste tuulikute pöörlemiskiirused on liiga madalad (jäävad alla 20 pöörde minutis ka maksimaalse pöörlemiskiiruse korral), et need saaksid tekitada valguse vilkumist sagedustel üle 3 Hz. Teoreetiliselt on võimalik mitme tuuliku varju korraga langemine elamualale, mille korral vilkumise sagedus on kõrgem kui ühel tuulikul. Kui iga tuulik pöörleb 20 p/min ja on 3 labaga, siis peaks korraga 3 tuuliku vari samal ajaperioodil elamualale langema, et tekitada kokku 3 Hz vilkumissagedus. Sellise olukorra teke on ülimalt ebatõenäoline.

Varjutuse hindamisest ilmnes, et ainult VKG Wind tuulepargi viie tuuliku korral ületab kliimatingimusi arvestav aastane varjutuse kestus 8 h/a 18 hinnatud hoone juures. Halvima päeva maksimaalne varjutuse kestus ületab 30 minutit 63 hoone juures. Suurim aastane reaaltingimusi arvestav varjutuse kestus on 17 h 58 min Kiviõli tee 1a hoone juures. Vastav 8 h/a varjutustaseme leviku kaart on esitatud Joonisel 5.

[48] Harding, G., Harding, P., Wilkins, A.J. 2008. Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them. Epilepsia, 49(6):1095–1098, 2008.



Joonis 5. Kliimatingimusi arvestava varjutuse 8 h/a taseme levik ainult VKG Wind tuulepargi viie tuuliku korral.

Kõigi koosmõjus arvestatud tuulikute korral ületab kliimatingimusi arvestav aastane varjutuse kestus 8 h/a 63 hinnatud hoone juures. Halvima päeva maksimaalne varjutuse kestus ületab 30 minutit 81 hoone juures. Suurim aastane reaaltingimusi arvestav varjutuse kestus on 24 h 32 min Kiviõli tee 1a hoone juures ning suurim ühe päeva teoreetiline varjutuse kestus 2 h 29 min Lilleoja hoone juures. Retseptoripõhised tulemused on esitatud Tabelis 10 ja koosmõju 8 h/a varjutustaseme levik Joonisel 6. Retseptorid paiknevad kuni ligikaudu 2 km kaugusel VKG Wind kavandatavatest tuulikutest.

Tabel 10. Tuulikute poolt põhjustatav elamutele langeva varjutuse kestus mõjutatavate elamute juures.

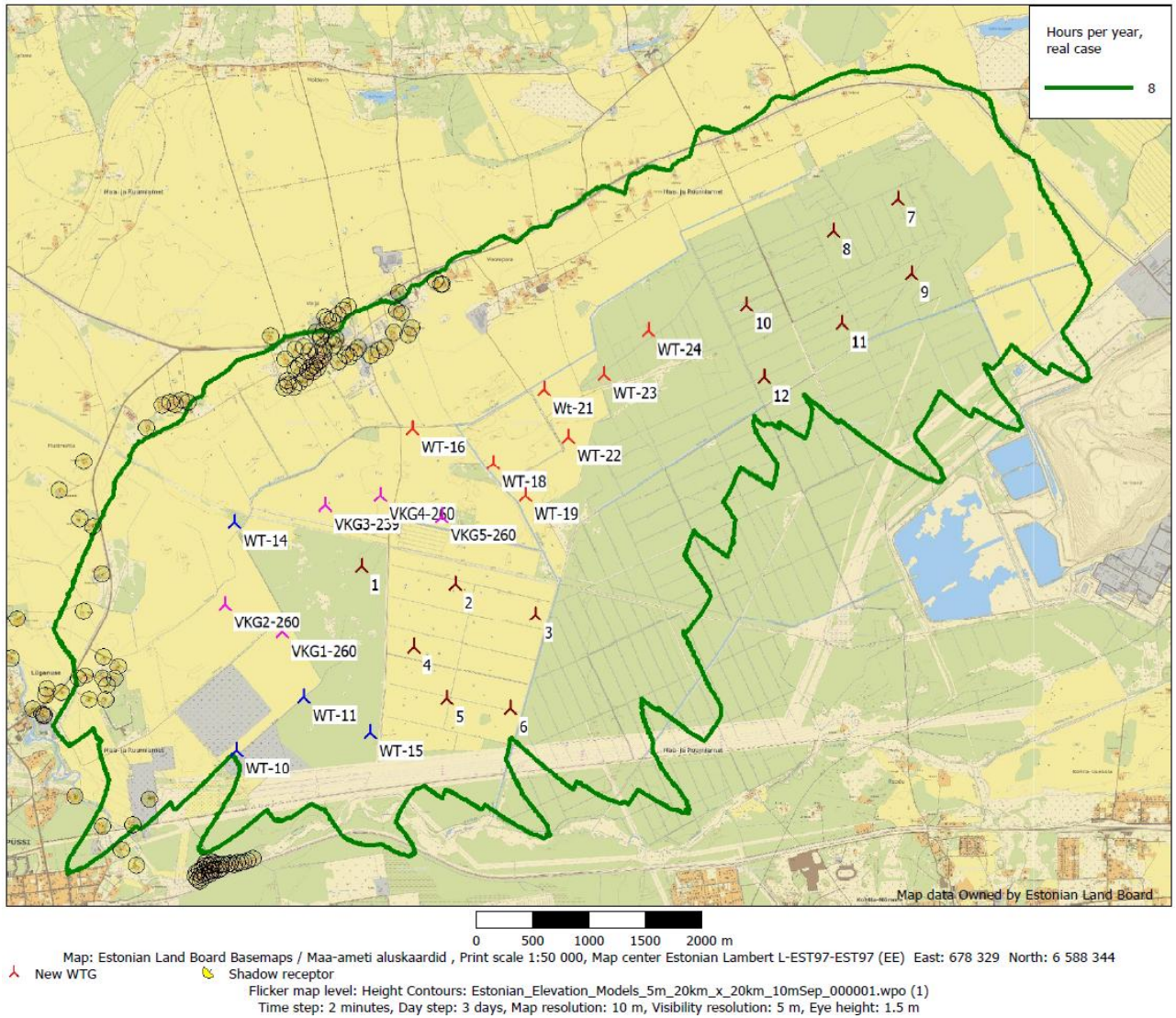
Nimetus	EHR kood	X	y	Ainult VKG tuulikud		Tuuleparkide koosmõju	
				min/päevas	h/a	min/päevas	h/a
Puusepa	EE00670030	673673	6588032	0:26	1:20	0:34	4:26
Koopamäe	EE00690594	673455	6587776	0:25	1:28	0:31	4:36
Keldrimäe	EE00669986	675832	6589321	0:50	2:18	0:50	5:13
Pargi tn 50a	EE01839873	673593	6585033	0:00	0:00	0:34	5:16
Alajaama tee 2	EE02718572	674008	6584557	0:00	0:00	0:32	5:21
Raja	EE02739602	676036	6589419	0:46	1:37	1:10	5:25
Männi	ME00670305	675944	6589341	0:49	2:07	0:49	5:29
Nõmme	EE03735369	675855	6589301	0:51	2:26	0:51	5:31
Keskküla	EE00690006	675994	6589391	0:46	1:47	1:02	5:33
Suurekivi	EE00687924	675897	6589285	0:53	2:32	0:53	5:51
Meistri	EE01053331	674374	6588543	0:26	2:29	0:42	6:28
Kalmesto	EE03216438	674445	6588567	0:27	2:26	0:43	6:42
Laialiiva	EE00679316	673636	6587519	0:29	2:05	0:35	6:42
Koolmeistri	EE00685082	674486	6588552	0:28	2:33	0:45	7:06
Kiviõli tee 15	EE00669574	673474	6585966	0:28	4:46	0:30	7:14
Lääne	EE02680345	674549	6588590	0:28	2:25	0:47	7:18
Kalmeistri	EE02712982	674236	6588341	0:28	3:12	0:46	7:47
Järvetalu	EE00688339	675344	6589150	0:45	3:23	1:16	7:49
Koha-Koolmeistri	EE03547991	674605	6588571	0:29	2:35	0:52	7:50
Kaido	ME00682518	676492	6589541	0:22	0:47	1:17	8:15
Männi	EE01758102	673757	6587460	0:32	2:32	0:39	8:31
Puusepa	EE02694361	675818	6589203	0:57	3:13	1:17	8:54
Varja kauplus	EE00669553	675749	6589182	0:57	3:24	1:20	9:03
Tiigi	EE00691458	675796	6589144	1:00	3:43	1:20	9:46
Vaima	EE00691210	675788	6589141	1:00	3:44	1:20	9:47
Pajusti	EE00670363	676814	6589653	0:00	0:00	1:03	9:55
Alajaama tee 3	EE00670282	674113	6584776	0:00	0:00	0:44	10:15
Oja	EE00669765	675640	6589061	0:58	4:27	1:26	10:28
Keskkopli	EE03272741	675565	6589035	0:56	4:37	1:28	10:29
Pojo	EE03994500	676869	6589618	0:00	0:00	1:05	10:40
Sootalu	EE00691631	675474	6588953	0:54	4:43	1:29	10:45
Kiviõli tee 9	EE02088987	673626	6586099	0:31	8:16	0:32	10:51
Pussi	EE00685358	676470	6589379	1:15	3:31	1:48	11:55
Kiviõli tee 9a	EE01031792	673683	6586124	0:32	9:18	0:33	12:01
Pojo	EE02687339	676879	6589619	0:00	0:00	1:05	12:18
Allika	EE00670321	675693	6589017	1:05	6:07	1:36	12:36
Alajaama tee 1	EE00688058	673843	6584766	0:00	0:00	0:38	12:43
Marja tn 2	EE01689750	675887	6589131	1:20	5:44	1:39	13:21
Mäeotsa	EE02681651	675641	6588933	1:02	6:47	1:35	13:38
Marja tn 4	EE01977760	675927	6589123	1:23	5:56	1:38	13:42
Sireli	EE01977793	675812	6589054	1:17	6:06	1:43	14:08
Marja tn 5	EE01977792	675906	6589077	1:24	6:19	1:42	14:26

Nimetus	EHR kood	X	y	Ainult VKG tuulikud		Tuuleparkide koosmõju	
				min/päevas	h/a	min/päevas	h/a
Nurmela	EE02682453	675756	6588990	1:14	6:33	1:44	14:30
Londi	EE02712508	675818	6589027	1:20	6:23	1:44	14:31
Olju	EE01943989	675815	6588982	1:21	6:49	1:47	15:08
Loigu	EE00669721	675595	6588888	1:01	6:49	1:56	15:21
Puki	EE03298392	675566	6588862	1:00	6:52	1:55	15:25
Reinu-Jaani	EE00670312	673839	6587027	0:38	5:43	0:40	15:29
Kiviõli tee 13	EE03711355	673719	6585903	0:32	12:16	0:35	15:47
Pussi/1	EE02700278	676515	6589358	1:16	3:51	1:58	15:52
Jaani	EE00691288	675494	6588763	1:00	7:35	1:52	16:21
Sassi	EE01943992	675784	6588939	1:20	7:11	1:57	16:50
Varja raamatukogu	ME01978767	675762	6588919	1:19	7:19	1:55	16:57
Tooma	EE02682325	675701	6588876	1:13	7:38	1:57	17:03
Uudeküll	EE00670391	675733	6588896	1:15	7:30	1:55	17:03
Lullu	EE01106178	675499	6588724	1:01	8:05	1:52	17:14
Randmäe	EE00669716	675677	6588846	1:10	7:47	1:59	17:14
Oru	EE02725724	675464	6588699	1:00	8:16	1:48	17:20
Sepa	EE01944710	676128	6589046	1:36	7:08	1:38	17:25
Soosalu	EE00670169	675758	6588873	1:20	7:53	1:57	17:43
Kiviõli tee 1	EE01840764	673853	6586292	0:39	12:06	0:39	17:47
Jüri	EE00685807	675723	6588837	1:18	8:12	1:57	17:57
Kaskema	EE00996046	675652	6588780	1:11	8:09	2:02	17:57
Järve	EE00691137	675601	6588743	1:07	8:18	2:03	18:04
Pojo	EE00681541	675552	6588706	1:05	8:34	1:59	18:11
Lehtse	EE01943986	676448	6589181	1:28	5:43	1:55	18:21
Kiviõli tee 11	EE00670009	673868	6585907	0:34	11:21	0:39	18:27
Maria	EE00669714	673670	6586697	0:34	6:33	0:34	18:42
Vahi	EE02721867	676015	6588992	1:34	7:43	1:40	19:18
Viido	EE00687468	676091	6589008	1:37	7:40	1:37	19:47
Kiviõli tee 7a	EE03266152	673882	6586033	0:37	14:17	0:38	20:47
Paju	EE02716389	676241	6588987	1:41	8:09	1:50	20:55
Kiviõli tee 7	EE00670317	673842	6586096	0:36	15:05	0:36	20:58
Kraavi	EE00688565	676367	6589058	1:37	7:15	1:51	20:59
Tammealuse	EE00669879	676310	6589030	1:39	7:36	1:46	21:03
Venni	EE01172616	675953	6588929	1:34	8:05	1:56	21:22
Koidu	EE00677753	676047	6588972	1:37	8:04	2:00	21:34
Lilleoja	EE03631864	676607	6589219	1:20	5:20	2:29	21:58
Kiviõli tee 3	EE03670110	673951	6586093	0:40	15:20	0:40	22:10
Piiri	EE00670348	676572	6589161	1:24	5:59	2:24	23:27
Alajaama tee 5/1	ME01067606	674262	6585012	0:00	0:00	1:13	23:40
Kiviõli tee 1a	EE03946638	673985	6586206	0:42	17:58	0:42	24:32

Enim põhjustavad elamualadele varjutust neile lähemal paiknevad tuulikud. VKG Wind tuulikute kaupa on teoreetiline (worst case) ja kliimatingimusi arvestav eeldatav (real case) summaarne varjutuse kestus esitatud Tabelis 11.

Tabel 11. Tuulikute põhjustatava elamualadele langeva varjutuse kestus tuulikute kaupa.

Tuuliku tähis	Maksimaalne varjutus (h/aastas) – kliimatingimusi arvestamata	Reaalne kestvus (h/aastas) – kliimatingimusi arvestades
VKG1	66:13	15:07
VKG2	261:48	50:23
VKG3	284:43	24:59
VKG4	291:30	25:21
VKG5	172:08	14:37



Joonis 6. Kliimatingimusi arvestava varjutuse 8 h/a taseme levik VKG Wind, Evecon/Enery eelvalikuala nr 3 ning Varja detailplaneeringualade nr 2 ja 3 tuulikute koosmõjus.

3.3 Keskkonnameetmed

Varjutuse modelleeringust järeldub, et piirkonda kavandatavate tuuleparkide koosmõjus esineb märkimisväärsel hulgal elamuid, mille suhtes võib esineda häirival tasemel varjutust. Koosmõju stsenaariumis ületab kliimatingimusi arvestav 8 h/a künnis 63 hoone juures ja halvima päeva 30 minuti künnis 81 hoone juures.

- Häirivat varjutust (kliimatingimusi arvestavalt üle 8 h/a või üle 30 minuti päevas) elamualadel tuleb vältida. Planeeringuga on soovitatav sätestada, et häirival tasemel varjutus on elamualal lubatud ainult varjutustundliku ala omaniku nõusolekul. Varjutuse vältimiseks või vähendamiseks on kaks võimalust:
    - Rajada mõjutatud elamuala tuulepargipoolse õueala kaitseks tihe igihaljastest liikidest (nt kuusk) varjutustõke. Siseruumides saab kasutada aknakatteid või sirme. Kuna meede paikneks väljaspool detailplaneeringuala, eeldab selle elluviimine koostööd mõjutatud ala valdajaga. Samuti on selline tõke reaalselt toimiv ainult piisava kõrguse (mis oleneb tõkke rajamise kaugusest) ja tiheduse korral.
    - Kui modelleerimine näitab häiriva varjutuse võimalikku esinemist elamualal ning ületamist ei ole välditud muu püsiva leevendusmeetmega ega lubatud vastava varjutustundliku ala omaniku nõusolekul, peab vastav tuulik olema varustatud automaatse varjutuse jälgimis- ja juhtimissüsteemiga. Süsteem peab arvestama valgustugevust ja tuuliku asendit ning võimaldama tuuliku häiriva varjutuse ajaks automaatselt peatada. Piirangute kava väljatöötamisel võib mõjupunktide asukohta täpsustada järgnevalt:
        - Siseruumi täpse mõjupunktina kasutatakse hoone kõige rohkem mõjutatud fassaadil asuva asjakohase toa tegeliku suurusega akna keskpunkti.
        - Väliruumi täpseks mõjupunktiks valitakse väliruumi regulaarset kasutamist peegeldav punkt (nt terrassi või istumisala keskpunkt), mis ei paikne hoonest rohkem kui 15 m kaugusel.
    - Kindla tuulikutüübi väljavalimisel (nt ehitusloa menetluse raames) ning tuuliku täpsete parameetrite (torni kõrgus, rootori diameeter) selgumisel tuleb teha täpsem varjutamise modelleerimine. Kõigi mõjutatud retseptorite kohta tuleb määrata varjutussündmuste kuupäevad, algus- ja lõppkellaajad, kestus ning varjutamist põhjustav tuulik ja nende andmete alusel koostada automaatse seiskamise tööplaan (curtailment plan). Koosmõju korral on vajalik tuuleparkide arendajate vaheline koostöö.

Varjutuse alase järelseire ettepanek on järgmine:

- KSH varjutuse hinnangust ilmnes, et mitmel elamualal võib esineda häirival tasemel varjutust ning vajalik on meetmete rakendamine. Varjutuse vältimist kontrollitakse tuulikute juhtimissüsteemi ja rakendatava töötamisplaani (curtailment plan) abil. Tuulepargi omanik peab säilitama juhtimissüsteemi andmed, mis võimaldavad kontrollida vältimisplaani järgimist, ning esitama need kaebuse korral kohalikule omavalitsusele ja kaebuse esitajale.

4 Vibratsioon

4.1 Hindamise metoodika

Tuulepargi võimaliku vibratsiooni hindamisel lähtuti Kliimaministeeriumi koostatud juhendmaterjalis esitatud metoodikast. Juhendis on leitud, et kuna vibratsiooni levik sõltub muu hulgas asukohas esineva pinnase omadustest ja tuulikute võimsusest, on ettevaatusprintsiibist lähtuvalt soovitatav negatiivsete mõjude (sh kumulatiivsete) vältimiseks tagada, et tuulepargid asuksid vibratsioonitundlikest hoonetest (elamud ja ühiskasutatavad hooned) minimaalselt 500 m kaugusel. Selle vahemaa tagamise korral ei ole täpsustavate vibratsiooniuuringute tegemine vajalik. Käesoleva detailplaneeringu puhul on tagatud tuuliku ja vibratsioonitundlike hoonete vahemaa, mis on suurem kui 500 m, mistõttu vibratsiooni põhjalikumat hindamist KSH aruande koostamisel ei tehta.

4.2 Vibratsiooni esinemine ja mõju

Vibratsiooni normväärtused on määratud sotsiaalministri 01.10.2025 määruses nr 54 „Vibratsiooni piirväärtused elamutes ja ühiskasutusega hoonetes ning vibratsiooni hindamise kord“. Vastavad piirväärtused on esitatud Tabelis 12.

Tabel 12. Vibratsiooni piirväärtused päevasel (07.00–23.00) ja öisel (23.00–07.00) ajal vastavalt määrusele nr 54.

Hooned ja ruumid	Vibratsiooni toimeaeg	Vibro-kiirenduse α_v piirväärtused, (m/s^2)	Vibro-kiirenduse tasemete $L_{\alpha v}$ piirväärtused, (dB)
Elamute, ühiselamute ja hoolekandeasutuste, koolieelsete lasteasutuste elu-, rühma- ja magamistoad	Päeval Öösel	$8{,}83\times10^{-3}$ $6{,}31\times10^{-3}$	79 76
Majutusettevõtete majutusruumid	Päeval Öösel	$1{,}26\times10^{-2}$ $8{,}83\times10^{-3}$	82 79
Tervishoiuteenuse osutamise ruumid, v. a haiglapalatid	Ööpäeva-ringselt	$1{,}26\times10^{-2}$	82
Haiglapalatid	Ööpäeva-ringselt	$6{,}31\times10^{-3}$	76
Õppeasutuste ruumid, kus toimub õppetöö	Päeval	$1{,}26\times10^{-2}$	82
Bürood ja haldushooned	Päeval	$2{,}52\times10^{-2}$	88

Tuulikute töötamisega kaasneb teatud määral **vibratsiooni** teke labades, rootoris ning sealt edasi kandudes tuuliku torni. Vibratsiooni teke on aga tehnoloogiliste lahendustega viidud miinimumini ning samuti välditakse ka vibratsiooni edasikandumist. Oluliseks osaks vibratsiooni vältimiseks ja summutamiseks on tuuliku vundament, mis peab olema konkreetse tuuliku ja asukoha ehitusgeoloogilisi tingimusi arvestades projekteeritud piisavalt tugev. Konkreetne vundamendi lahendus töötatakse välja projekteerimise etapil. Tagamaks tuuliku püsivuse (sh pikka aega ja ka ekstreemsetes tingimustes), rajatakse tuulikute

vundamendid massiivsena ja sobiva konstruktsiooniga, mis tagab minimaalse vibratsiooni vundamendis ja ümbritsevas pinnases.

Viimaste aastate tuulikute vibratsiooni teadusanalüüsid keskenduvad tehnilisele vibratsioonile tuuliku konstruktsioonides, selgitamaks välja selle automaatse seire võimalusi[49] või parandamaks tehnilisi lahendusi[50]. Selliste uuringute eesmärgiks on vähendada tuulikute tehniliste rikete ja õnnetuste ohtu. Sarnaselt teistele tehnoseadmetele ja kõrgstruktuuridele on oluline, et vibratsioon suudetaks viia miinimumini.

Maapinna vibratsiooni korral on tundlikumatel inimestel tajutavaks tasemeks 0,15 mm/s. Mõõtmised tuulikuparkides on üksikutel ajahetkedel suutnud inimese tundlikkust ületavaid vibratsioonitasemeid mõõta otseselt tuulikute vahetus läheduses (tuuliku jalamil). Kaugemal jäävad vibratsioonitasemed allapoole inimese tajuvusläve.[51] Ka uuemad uuringud ei ole suutnud tuulikute lähialadel paiknevates elamutes mõõta vibratsioonitasemeid, mis ületaksid inimese tajuvusläve ega kehtivaid vibratsiooni piirväärtusi[52]. Küll võib tuulikute põhjustatud vibratsioon väga madalal tasemel olla mõõdetav tundlike seismograafidega 10–15 km kauguseni tuulikutest[53].

Arvestades, et kavandatavad tuulikupositsioonid paiknevad vähemalt 1 km kaugusel elamualadest, ei ole oodata vibratsiooni esinemist tasemel, mis võiks ületada inimese tajuvusläve või elamutes kehtivaid vibratsiooni piirväärtusi.

Teatud mõju mulla elustikule võib tuulikute vahetus läheduses siiski esineda ja seda seostatakse vibratsiooniga. Nt on leitud, et vihmausside arvukus tuulikute vahetus läheduses on väiksem kui kaugematel (uuringus käsitleti kaugema alana u 200 m kaugusel asuvat ala turbiinist) aladel, kuid samas väiksema mullaelustiku osas mõju puudub[54]. Uuritud on näiteks karihiirlasi ja närilisi (st maa sees elutsevaid liike) Poolas nii tuuleparkide alal kui kontrollalal mingeid olulisi erinevusi liikide koosseisus, arvukuses, populatsioonisisestes parameetrites ei tuvastatud[55]. Samas näiteks roomajate osas on täheldatud tuuleparkide aladel pigem arvukuse tõusu, kuid asjaolu ei seondu vibratsiooniga, vaid kisklussuhete muutusega. Seega olulist ebasoodsat mõju võimalikust vibratsioonist tingituna tuulepargi rajamisega kaasnevana oodata ei ole.

[49] Escaler, X., Mebarki, T. 2018. Full-Scale Wind Turbine Vibration Signature Analysis. Machines.

[50] Xie, F., Aly, A-M. 2020. Structural control and vibration issues in wind turbines: A review. Engineering Structures Volume 210.

[51] Meunier, M. 2013. Wind Farm - Long term noise and vibration measurements. The Journal of the Acoustical Society of America 133.

[52] Borowski, S. 2019. Ground vibrations caused by wind power plant work as environmental pollution - case study. MATEC Web of Conferences: 18th International Conference Diagnostics of Machines and Vehicles.

[53] Nguyen, D-P., Hansen, K., Zajamsek, B. 2020. Human perception of wind farm vibration. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, Vol. 39(1) 17–27.

[54] Velilla, E., Collinson, E., Bellato, L., Berg, M.P. and Halfwerk, W. (2021), Vibrational noise from wind energy-turbines negatively impacts earthworm abundance. Oikos, 130: 844-849. https://doi.org/10.1111/oik.08166

[55] Lopucki, R., Mroz, I. 2016. An assessment of non-volant terrestrial vertebrates response to wind farms – a study of small mammals. Environmental Monitoring and Assessment- 2016; 188: 122.

5 Mõju maastikule, sh visuaalne mõju

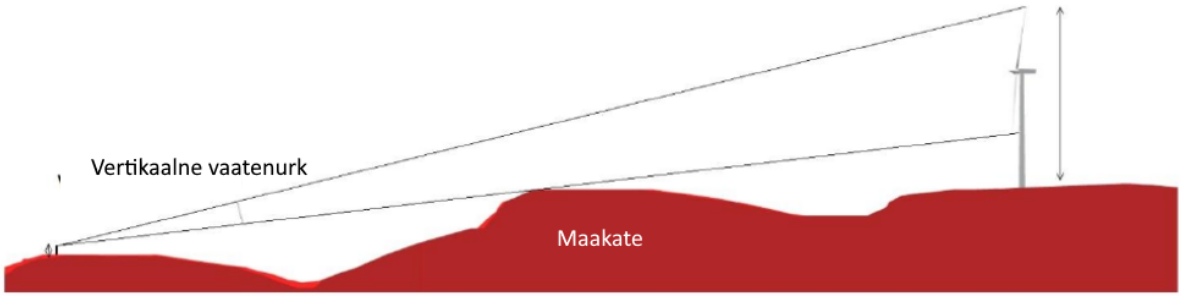
5.1 Metoodika

Tuulepargi visuaalse mõju hindamisel on arvestatud AB Artes Terrae OÜ 2020. a koostatud juhendmaterjali[56] soovitusi ulatuses, mis need on ülekantavad maismaa tuuleparkidele. Tuulepargi visuaalse mõju hinnangud on antud lähtuvalt Tara, A., 2022. a avaldatud artiklis „DVC as a Supplement to ZVI: Mapping Degree of Visible Change for Wind Farms“ kirjeldatud skaalast.

Maakaabliga kavandataval võrguühendusel mõju puudub ning seega seda detailsemalt ei hinnata. Samuti on vähene tuulepargi teede ja alajaamade mõju maastikule ning neid eraldi ei käsitleta.

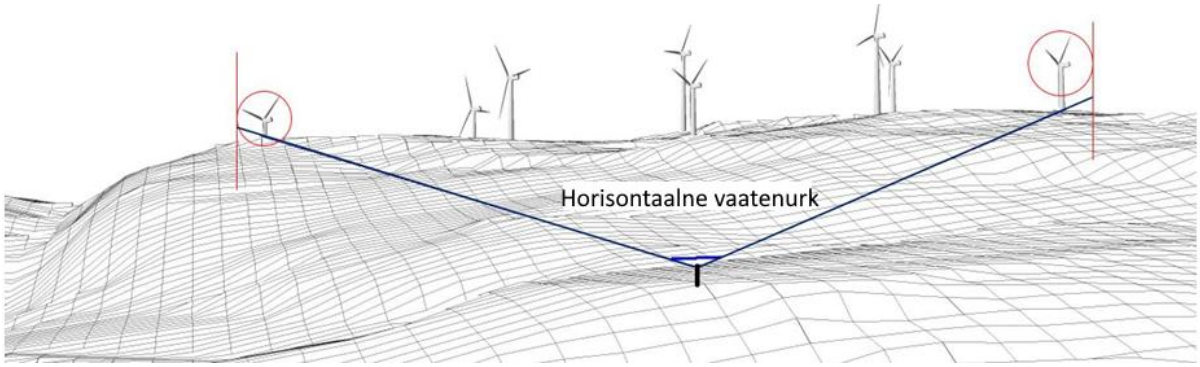
Tuulepargi nähtavuse hindamiseks kasutati spetsiaaltarkvara WindPRO 4.3.250. Reljeefi kirjeldamiseks kasutati Maa- ja Ruumiameti maapinna kõrgusmudelit ning nähtavust piirava taimkatte arvestamiseks taimkatte kõrgusmudeli alusel koostatud alaobjekte. Nähtavusanalüüs arvestab seega nii reljeefi kui ka kõrgema taimkatte varjava mõjuga. Hoonestust, üksikpuid ja muid väiksemaid lokaalseid vaadet piiravaid objekte eraldi takistustena ei arvestatud, mistõttu on analüüs selliste objektide mõju osas konservatiivne. Sellise lähenemisega on võimalik saada indikatiivne kaart tuuleparkide nähtavuse kohta ning selgitada välja piirkonnad, kust tuulikud võivad olla olulisel määral nähtavad. Samuti võimaldab tarkvara arvutada tuulikute vertikaalse ja horisontaalse vaatenurga, mille alusel saab hinnata tuuleparkidest tingitud maastikuvaate muutuse olulisust.

Vertikaalne vaatenurk on nurk, mis moodustub vaatepunktist maakatte ja tuuliku tipu vahele (Joonis). Horisontaalne vaatenurk on vaatepunktist avaneva kahe kaugeima tuuliku kõige kaugemate punktide vahel moodustuv nurk (Joonis).



Joonis 7. Vertikaalne vaatenurk. Allikas: WindPRO 4.2 kasutusjuhend.

[56] AB Artes Terrae OÜ. 2020. Meretuulikuparkide arendamise edendamiseks visuaalse mõju hindamise metoodiliste soovituste juhendmaterjal. https://www.fin.ee/media/2706/download



Joonis 8. Horisontaalne vaatenurk. Allikas: WindPRO 4.2 kasutusjuhend.

Nähtavuse ja vaatenurkade modelleerimine teostati 25×25 m arvutusruudustikuga 12×10 km suurusel ehk 12 000 ha suurusel analüüsialal. Nähtavuskaardi vaatekõrguseks määrati 1,5 m, mis vastab inimese tavapärasele vaatekõrgusele. Nähtavust hinnati tuulikute kogukõrguse suhtes. Arvutused teostati eraldi VKG Wind detailplaneeringu viie tuuliku kohta ning piirkonda kavandatavate tuuleparkide koosmõju kohta.

Tuulepargi visuaalne mõju sõltub tuulikute suurusest, vaatleja kaugusest, maastiku omadustest, sh reljeefist ja taimkattest, kellaajast, atmosfääri tingimustest jpm. Selgetes ilmastikuoludes ja avatud vaatekoridoride korral võib tuulepark olla nähtav u kuni 40 km kaugusele (suurte tuuleparkide puhul on täheldatud nähtavust kuni 58 km kaugusele)[57]. Eesti puhul ei mõjuta tuulikute nähtavust olulisel määral reljeef, kuid mõjutavad ulatuslikud metsaalad. Seoses vaatleja läheduses paiknevate takistustega (nt mets, hooned vms) ei pruugi tuulik olla nähtav ka juhul, kui paikneb vaatluspunkti lähedal. Samas võivad suurematel kaugustel tekkida vaatekoridorid.

Koosmõju stsenaariumis arvestati kokku 28 tuulikuga: VKG Wind detailplaneeringu viie tuulikuga, Evecon OÜ ja Enery Estonia OÜ eriplaneeringu eelvalikuala nr 3 kaheteistkümne tuulikuga, Varja tuulepargi detailplaneeringuala nr 2 nelja tuulikuga ning Varja tuulepargi detailplaneeringuala nr 3 seitsme tuulikuga. Seega võimaldab analüüs eristada VKG Wind tuulepargi iseseisvat visuaalset mõju ja teiste piirkonda kavandatavate tuuleparkide lisandumisel tekkivat koosmõju.

5.2 Nähtavusanalüüs

Nähtavusanalüüsist ilmneb, et piirkonna suhteliselt tasase reljeefi tõttu piirab reljeef tuulikute nähtavust vähesel määral. Nähtavust mõjutab eelkõige taimkate: avatud põllumajandusmaastikel võivad tuulikud olla nähtavad ulatuslikult, samas metsaalad ja muu kõrgem taimkate vähendavad nähtavust märgatavalt.

Ainult VKG Wind viie tuuliku korral ei ole ühtegi tuulikut nähtav 57,9% analüüsialast. Vähemalt üks VKG Wind tuulik on nähtav ligikaudu 41,3% analüüsialast ning kõik viis tuulikut on nähtavad 29,2% analüüsialast. Koosmõju stsenaariumis ei ole ühtegi tuulikut nähtav 49,4% analüüsialast ning vähemalt üks kavandatav tuulik on nähtav ligikaudu 49,8% analüüsialast. Seejuures on 24–28 tuulikut korraga nähtavad 27,5% analüüsialast. Ülejäänud ligikaudu 0,8% alast on WindPRO väljundis tähistatud N/A-na. Seega suurendab teiste kavandatavate

[57] Sullivan, R., Kirchler, L., Lahti, T., Roché, S., Beckman, K., Cantwell, B., Richmond, P. 2012. Wind Turbine Visibility and Visual Impact Threshold Distances in Western Landscapes. DOI:10.1017/S1466046612000464

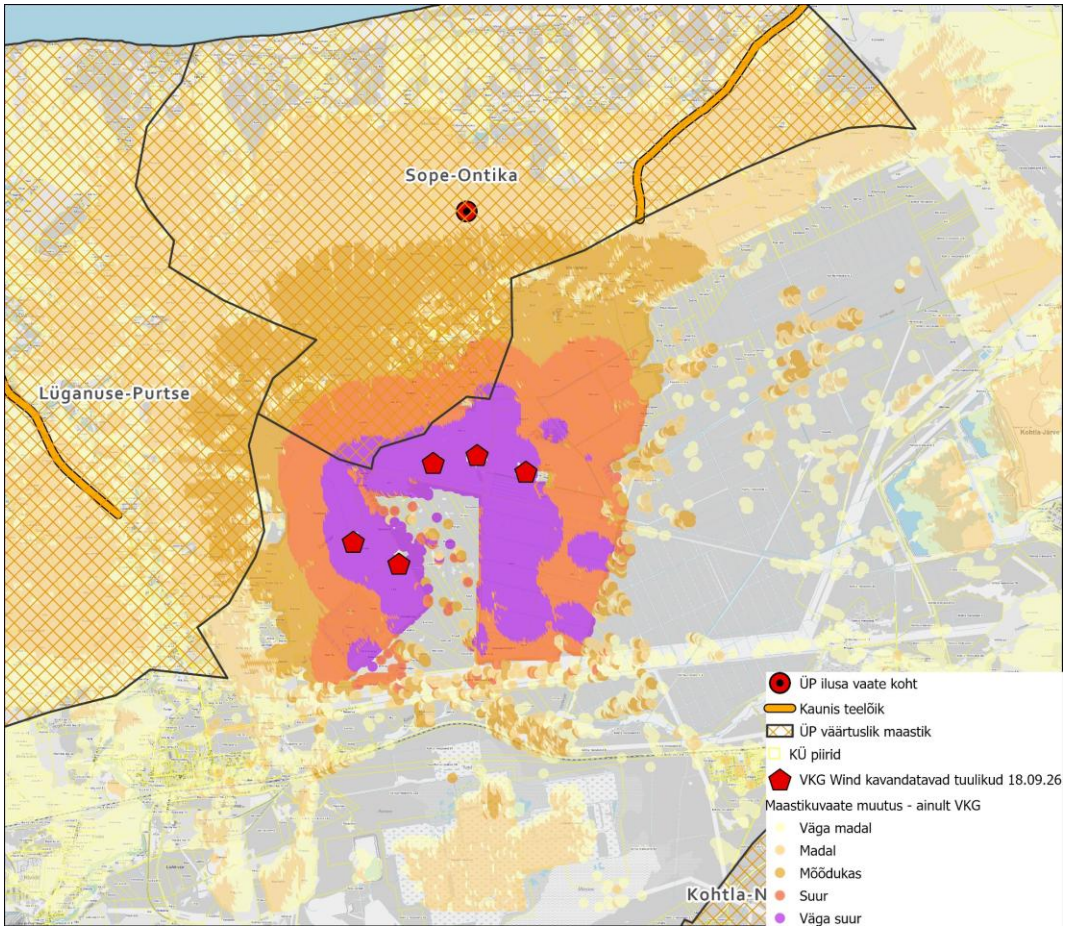
tuuleparkide lisandumine nähtavusala ulatust, kuid veelgi enam suureneb paljudest tuulikutest samaaegselt mõjutatud vaadete osakaal.

Avatud ja madala taimestikuga aladel esineb tuulikute nähtavuses ulatuslik kattuvus. VKG Wind tuulepargi puhul koondub suurem visuaalne muutus eeskätt tuulepargi lähiümbrusse, samas teiste kavandatavate tuuleparkide lisandumisel laieneb tugevamalt muutuv ala ida ja kirde suunas ning suureneb korraga vaatevälja jäävate tuulikute arv. Tuuleparkide põhjustatava visuaalse mõju olulisuse hinnangud on antud lähtuvalt Tara, A., 2022. a avaldatud artiklis „DVC as a Supplement to ZVI: Mapping Degree of Visible Change for Wind Farms“ kirjeldatud skaalast. Vertikaalse ja horisontaalse vaatenurga muutuse olulisus ning mõjutatud ala suurus on esitatud Tabelis 13 nii ainult VKG Wind tuulepargi kui ka tuuleparkide koosmõju kohta.

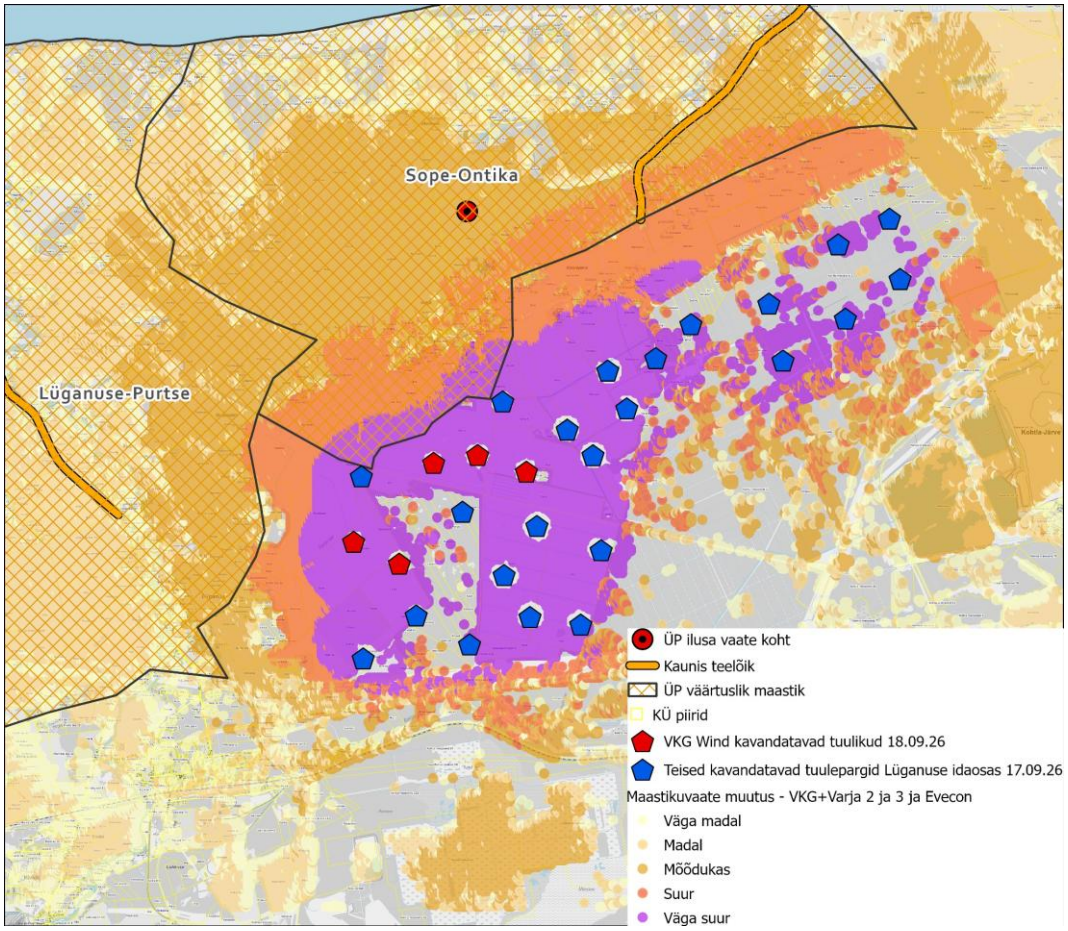
Tabel 13. Vertikaalse ja horisontaalse vaatenurga muutuse mõju olulisus ainult VKG Wind tuulepargi ja piirkonda kavandatavate tuuleparkide koosmõju korral.

Vertikaalne vaatenurk	Muutuse olulisus	Ainult VKG, ha	Koosmõju, ha
25°–110°	Väga suur	274	913
10°–<25°	Suur	633	991
5°–<10°	Mõõdukas	808	1813
3°–<5°	Madal	1226	1202
0,1°–<3°	Väga madal	1969	1041
Horisontaalne vaatenurk	**Muutuse olulisus**	**Ainult VKG, ha**	**Koosmõju, ha**
124°–180°	Väga suur	158	1414
50°–<124°	Suur	735	2838
25°–<50°	Mõõdukas	1561	1141
10°–<25°	Madal	1465	318
0,1°–<10°	Väga madal	1048	281

Vertikaalse (v) ja horisontaalse (h) vaatenurga muutuse alusel leiti maastikuvaate koondmuutus (v×h) ja anti selle alusel hinnang vaate muutuse olulisusele. Ainult VKG Wind tuulepargi korral on suure või väga suure vertikaalse vaatenurga muutusega ala kokku ligikaudu 907 ha ning suure või väga suure horisontaalse vaatenurga muutusega ala ligikaudu 893 ha. Koosmõju stsenaariumis suurenevad vastavad alad ligikaudu 1904 ha-ni ja 4252 ha-ni. Seega avaldub teiste kavandatavate tuuleparkide lisandumine eriti selgelt horisontaalse vaatevälja hõivatuse suurenemises.



Joonis 9. Lüganuse valla üldplaneeringu kohased väärtuslikud maastikud, ilus vaatekoht ja kauni vaatega teelõigud ning oodatav maastikuvaate muutuse olulisus ainult VKG Wind tuulepargi korral.



Joonis 10. Lüganuse valla üldplaneeringu kohased väärtuslikud maastikud, ilus vaatekoht ja kauni vaatega teelõigud ning oodatav maastikuvaate muutuse olulisus piirkonda kavandatavate tuuleparkide koosmõjus (VKG Wind, Varja detailplaneeringualad nr 2 ja 3 ning Evecon/Enery eelvalikuala nr 3).

5.3 Mõju väärtuslikele maastikele ja vaadetele

Antud juhul lähtuti väärtuslike maastike ja väärtuslike vaadete käsitlemisel Lüganuse valla üldplaneeringust. Lüganuse valla väärtuslikud maastikud on määratud Ida-Viru maakonnaplaneeringuga 2030+. Väärtuslikud maastikud kannavad vallas kultuurilis-ajaloolisi, looduslikke, esteetilisi, rekreatiivseid ja teadus-pedagoogilisi väärtusi. Ida-Viru maastike eripäraks on tööstus- ja kaevandamispärandiga seotud pinnavormid, rajatised ja hooned. Tuulikute asukoht ei kattu väärtuslike maastikega.

Detailplaneeringualale lähimad väärtuslikud maastikud on esitatud Joonistel 9 ja 10. Sope-Ontika – Maastik hõlmab ranniku Sopest (Moldova tulepaagist) Ontika mõisani, ulatudes lõunas Tallinn–Narva maanteeni. Tegemist on mitmekesise piirkonnaga, kus esineb nii põllumajandus-, kultuurilis-ajaloolisi kui ka looduslikke ja puhkemaastikke. Siinsed maastikud on tugevalt mõjustatud inimtegevusest – ala läbib tuhandeid aastaid kasutuses olnud tee. Siin on ka iidne asustusala: Sope ja Jabara põldudel on mitmeid kivikirst- ja tarandkalmeid. Kalmeid, asulakohti ja ohvrikive leidub kogu iidse tee ulatuses: Varjal, Aas jne. Alale jääb Aa mõis. Peamiselt on alal tegemist avatud põllumajandusmaastikuga, mida liigestavad üksikud metsatukad. Suures osas on säilinud veel mõisa-aegne põldude struktuur. Ka asustuses on säilinud eelmise sajandi esimestel kümnenditel loodu. Tooni annavad Moldova ridaküla ja asundustalud. Avatud maastik ja paiknemine klindi serval annavad võimaluse mitmes kohas

nautida kauneid vaateid nii merele kui ka lõunasse jäävatele maadele. Nii avaneb Varja ja Moldova küla vahele jäävalt suurelt kultusekivilt ilus vaade ümbritsevatele avaratele põldudele ja Kohtla-Järve poolkoksimägedele. Sopest Aani on pank merest taandunud, jagunenud kaheks astanguks ning osaliselt mattunud. Sellele alale jääv liivane rand pakub väga häid supluse- ja puhkevõimalusi.

- Lüganuse-Purtse - Maastik hõlmab Purtse jõe alamjooksu Lüganuse ja Purtse küla vahel ning rannikualasid Kõrkkülast Sopeni. Tegemist on mitmepalgelise maastikukompleksiga, kus suhteliselt väiksele alale on koondunud silmapaistvad kultuurilis-ajaloolised ning looduslikud väärtobjektid. Ala lõunaosas on valdavalt tegu põllumajandusmaastikuga, mida ilmestavad Purtse jõe kanjonorg, sellesse suubuvad lisajõed ja -kraavid. Siin paikneb ka suurim asula – Lüganuse alevik (sh kindluskirik, kalmistu, pastoraat; Lüganuse mõisakompleks). Lüganusest läänes, Sonda tee lähedal, asub Uhaku karstiala. Lüganuse alevik ja selle ümbrus on leiduderohke muistne asustusala. Purtse jõe ääres asuvad kaks linnamäge – Tarakallas ja Taramägi. Purtses asub Taubede suguvõsa loodud kindluselamu, mis moodustab hooldatud ümbruse ja Hiiemäega tervikliku ansambli. Hiiemäele on rajatud nn Kurjuse ohvrite park. Purtse Hiiemäelt ja klindi pervelt avaneb kaunis vaade merele, Purtse jõe suudmele ning ümbritsevatele, tunduvalt madalamale jäävatele põldudele. Purtse jõe suudmest läände jääv Liimala küla on meeldiva külamiljöö ja ilusa liivarannaga piirkond. Rannast avaneb kaunis vaade läände – pankrannikule ja Aserile.

Lüganuse valla üldplaneering täpsustab, et väärtuslikele maastikele ei kavandata maastikul domineerivaid objekte (nt mobiilsidemastide, päikeseparkide, vesiehitiste ja teiste maastikul domineerima jäävate objektide). Erandkorras on see lubatud põhjendatud juhul kaalutlusotsuse alusel, igal konkreetsel juhul lähtudes valla ruumilise arengu põhimõtetest, maastikuanalüüsist ja kaaludes detailplaneeringu koostamise vajadust. Tuuleparkide kavandamine on võimalik Lüganuse–Purtse väärtuslikul maastikul põhimõtteliselt sobiva ala piirides. Valla teistel väärtuslikel maastikel tuuleparke ei kavandata.

VKG Wind detailplaneeringuga väärtuslikele maastikele tuulikuid ei kavandata, seega otsene füüsiline mõju väärtuslikele maastikele puudub. Ainult VKG Wind tuulepargi korral koondub väga suur maastikuvaate muutus valdavalt tuulepargi lähiümbrusse väljapoole väärtuslike maastike piire. Sope-Ontika väärtusliku maastiku lõunaosas ja Lüganuse-Purtse väärtusliku maastiku kaguosas on oodata eeskätt madalat kuni mõõdukat ning kohati suurt maastikuvaate muutust. Tuulikud võivad olla nendelt väärtuslikelt maastikelt nähtavad eelkõige lõuna- ja kagusuunalistes avatud vaadetes.

Maastikuvaate muutuse arvutuslikust hindamisest ilmneb, et kõigi piirkonda kavandatavate tuuleparkide koosmõjus suureneb vaate muutuse ulatus ja intensiivsus märgatavalt. Suure ja väga suure muutusega alad moodustavad VKG Wind tuulepargist ida ja kirde suunas ulatuslikuma sidusa vööndi ning suur mõju ulatub ka Sope-Ontika väärtusliku maastiku lõunaossa ja Lüganuse-Purtse väärtusliku maastiku kaguserva. VKG Wind tuulepark põhjustab iseseisvalt olulise kohaliku maastikuvaate muutuse oma lähiümbruses, kuid koosmõju oluline suurenemine, eriti ida- ja kirdepoolsetel avatud aladel, tuleneb teiste kavandatavate tuuleparkide lisandumisest.

Lisaks väärtuslikele maastikele on määratud üldplaneeringus ka **ilusad vaatekohad ja kauni vaatega teelõigud**. Üldplaneering sätestab, et säilitada tuleb ilusad vaatekohad:

- määrata ilusad vaatekohad võimalusel puhkekohtadeks ja avaliku kasutusega aladeks. Rajada vajadusel nende juurde sobiv taristu (pingid, prügikastid jne);
- mitte kavandada maastikul domineerivaid rajatisi ja hooneid vaatekohtade vaatekoridoridesse. Välja arvatud vaade seikluspargi tipust, kust vaate kõrguse ja vaatevälja laiuse tõttu (360 kraadi) ei ole võimalik tingimust täita.

Säilitada kaunite teelõikude ajaloolist looklevust, teede õgvendamine ei ole lubatud.

Ilusatest vaatekohtadest ja kauni vaatega teelõikudelt avanevad vaated muutuvad eelkõige nendes suundades, kus vaade avaneb kavandatavate tuulikute poole üle lageda põllumajandusmaastiku. Varja ja Moldova küla vahele jääva kultusekivi juurest avanevas lõunasuunalises vaates võivad tuulikud olla nähtavad ning piirkonna tuuleparkide koosmõjus suureneb vaatevälja hõivatus võrreldes ainult VKG Wind tuulepargiga. Samuti muutuvad vaated Purtse-Lüganuse teelt ja Voorepera-Saka teelt nendes lõikudes, kus taimkate vaadet ei varja.

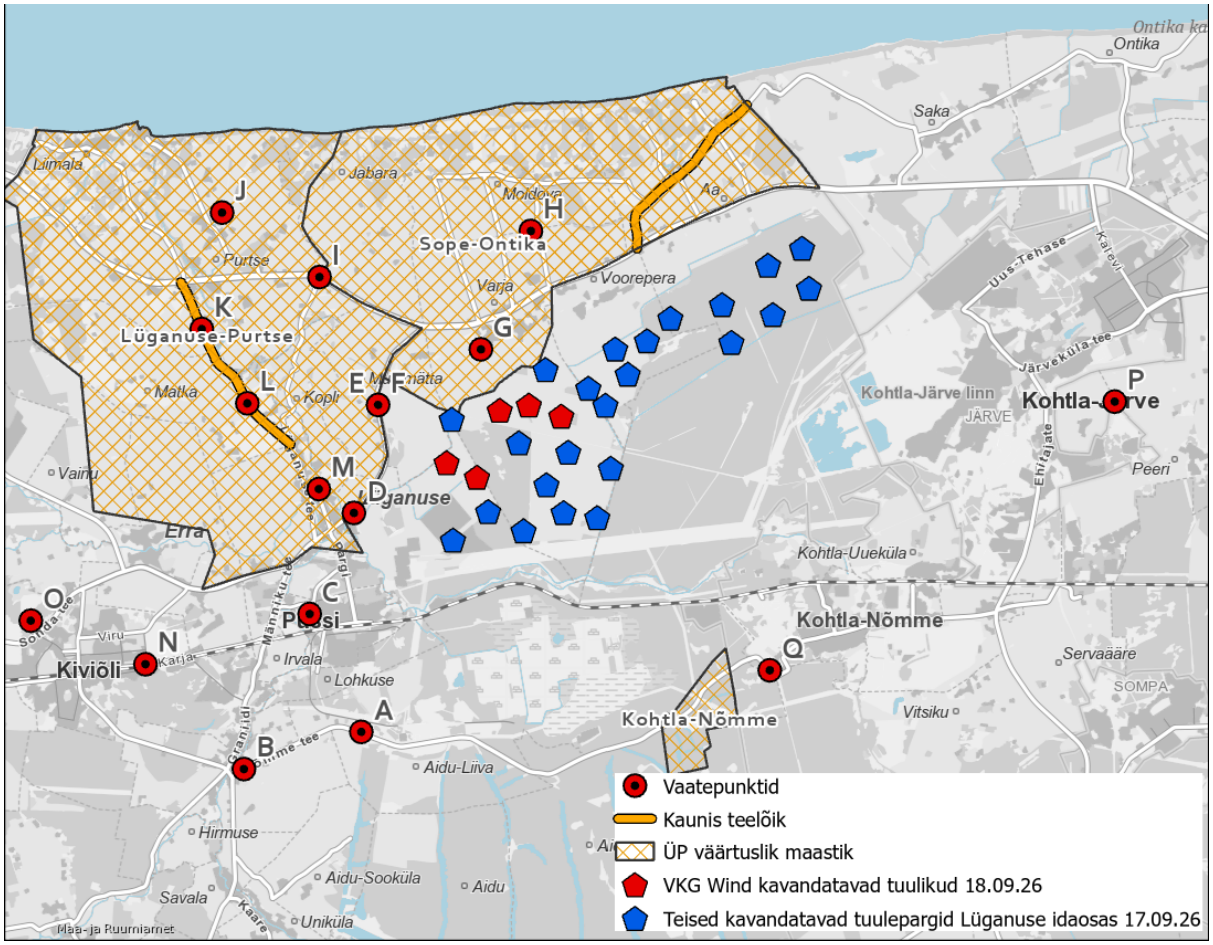
5.4 Visualiseeringud

Visualiseeringud koostati fotomontaaži tehnikas ehk esmalt tehti looduses foto, millele lisati WindPRO tarkvaraga kavandatavad tuulikud. Tuulikute labad on kõigil piltidel paigutatud vaataja suhtes risti (samuti eesmärgiga tuua esile maksimaalset visuaalset mõju), tegelikes oludes paiknevad labad vastavalt tuule suunale (risti tuule suunaga). Tuulikud on fotodel esitatud valgena, mis rõhutab nende paiknemist. Tegelikkuses varieerub vaataja jaoks tuuliku värvus valgest mustjashallini lähtuvalt päikese langemise nurgast ja valgustingimustest.

Kõik fotomontaažid on koostatud foto vaateväljale 39,6° × 27°, mis vastab 50 mm fookuskaugusega fotole. Fotode soovitatav vaatekaugus A4-formaadis prindituna on 33 cm. Fotomontaažide vaatepunktide paiknemine on esitatud Joonisel 11. Iga fotomontaaži juures on kirjas vaatepunkti asukoht ning lähima tuuliku kaugus antud punktist. Vaatepunktid on valitud avaliku juurdepääsuga kohtadest (Tabel 14 ja Joonis 11).

Tabel 14. Visualiseeringu punktide paiknemine

Tähis	Asukoht	x	y
A	Maidla - Kohtla-Nõmme - Kohtla tee, lähim tuulik 3604m	673489	6582192
B	Maidla küla, Nõmme tee, lähim tuulik 5248m	671502	6581564
C	Püssi linn, kooli eest, lähim tuulik 2728m	672616	6584189
D	Lüganuse, Kiviõli-Varja tee (Varja oja lähedal), lähim tuulik 1732 m	673365	6585898
F	Kiviõli-Varja tee, Mustmätta küla, lähim tuulik 1266m	673774	6587726
G	Varja küla (Aidu TP poole vaade), lähim tuulik 1068m	675515	6588666
H	Voorepera küla, Varja kivi juurest vaade Aidu TP suunal, lähim tuulik 2345m	676360	6590669
I	Tallinn-Narva tee, Purtse küla, Liivakõrtsi, lähim tuulik 3275m	672782	6589890
J	Kurjuse Ohvrite park, Purtse küla, lähim tuulik 5214m	671133	6590980
K	Matka küla, Purtse-Lüganuse tee, lähim tuulik 4486m	670789	6589011
L	Purtse-Lüganuse tee, lähim tuulik 3460m	671560	6587753
M	Lüganuse alevik, Lüganuse kirik, lähim tuulik 2207m	672770	6586303
N	Kiviõli, Karja tänav, lähim tuulik 5605m	669836	6583338
O	Kiviõli seikluskeskuse mägi, lähim tuulik 7260m	667895	6584074
P	Kohtla-Järve - Peeri tee, lähim tuulik 5510m	686245	6587782
Q	Kohtla-Nõmme alev, Nõmme tee, lähim tuulik 3900m	680405	6583235



Joonis 11. Visualiseeringu punktide paiknemine kavandatava tuulepargi suhtes.

5.5 Keskkonnameetmed

Kuna tuulikud on väga kõrged objektid, on neil ümbritsevale maastikule oluline visuaalne mõju, mida ei ole võimalik vältida ega avatud vaadete korral oluliselt vähendada. Tuulikute reastamine jm planeeringuala-sisesed paigutuslikud meetmed toimivad ainult ühe kindla vaatepunkti puhul ning ei leevenda mõju teistest vaatepunktidest. Samuti võib tuulikute paiknemine huvipakkuva vaatepunkti suhtes olla kohati visuaalselt häirivam kui nende hajutatum paiknemine vaates.

Elamute õuealal või mõne olulise vaatepunkti puhul, kus avatud vaate olemasolu ei ole vajalik, on visuaalset mõju võimalik mõnevõrra vähendada rajades täiendavat haljastust vaatesuundadesse, kus vaadet tuulikutele soovitakse vältida. Elamualade puhul on tuulepargi visuaalset mõju asjakohane vähendada eeskätt elamualadel, kus esineb suur maastikuvaate muutus ja see on elamu kasutajate jaoks häiriv. Selleks et haljastus tuulepargi vaadeldavust vähendaks, peab see paiknema vaatekohale võimalikult lähedal, et see mõjuks vaatenurka piiravalt.

Olemasolev haljastus, traditsioonilised krunte ääristavad suured puud ja hekid on visuaalsete mõjude leevendamisel olulised. Näiteks ei paista 1 km kaugusel paiknev 270 m kõrgune tuulik üle 12 m kõrguse istutuse, kui istutus paikneb vaatajast 50–60 m kaugusel. Taimestiku varjav mõju on seda suurem, mida kõrgem on taimestik ja mida lähemal on see vaatajale (Joonis 12 – illustratiivne haljastuse toimivuse selgitus, arvestades selle kaugust vaatajast).

Lisaks kaitsehaljastusele on visuaalset mõju võimalik vähendada tuulikute kõrguse ja arvu vähendamisega. Sellega kaasneb tootluse langus ehk sama koguse energia tootmiseks tuleks tuulikuid rajada rohkematele aladele. Laiemas vaates on maastikuvaate mõju seisukohalt väiksema mõjuga koondada tuulepargid pigem suurematesse gruppidesse, mitte hajutada neid mõne tuuliku kaupa.

Joonis 12. 270 m kõrgused tuulikud 1, 1,5, 2, 2,5 ja 3 km kaugusel ning illustreeritud on, kuidas 20 m kõrgune mets paikneb vaatajast vastavalt 50, 100, 250 ja 500 m kaugusel.

6 Kasutatud kirjandus

AB Artes Terrae OÜ. 2020. Meretuulikuparkide arendamise edendamiseks visuaalse mõju hindamise metoodiliste soovituste juhendmaterjal. https://www.fin.ee/media/2706/download

Atmosfääriõhu kaitse seadus. Riigi Teataja.

Borowski, S. 2019. Ground vibrations caused by wind power plant work as environmental pollution - case study. MATEC Web of Conferences: 18th International Conference Diagnostics of Machines and Vehicles.

Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment. 2024 update. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/378095/9789240095380-eng.pdf?sequence=1

Crichton, F., Dodd, G., Schmid, G., Gamble, G., Petrie, K. J. 2014. Can expectations produce symptoms from infrasound associated with wind turbines? Health Psychology, 33(4), 360-364. https://doi.org/10.1037/a0031760

Department for Energy Security and Net Zero. 2026. Assessment and rating of wind turbine noise. UK Government.

Department of Energy and Climate Change; Parsons Brinckerhoff. Update of UK Shadow Flicker Evidence Base.

Escaler, X., Mebarki, T. 2018. Full-Scale Wind Turbine Vibration Signature Analysis. Machines.

EVS-ISO 9613-2:2024. Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: Engineering method for the prediction of sound pressure levels outdoors.

Hansen, C. H., Doolan, C. J., Hansen, K. L. 2017. Wind Farm Noise: Measurement, Assessment and Control.

Harding, G., Harding, P., Wilkins, A. J. 2008. Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them. Epilepsia, 49(6), 1095–1098.

Ida-Viru maakonnaplaneering 2030+.

Keränen, J., Hakala, J., Hongisto, V. 2018. Façade sound insulation of residential houses within 5–5000 Hz. Euronoise 2018.

Keskkonnaministri 16.12.2016 määrus nr 71 „Välisõhus leviva müra normtasemed ja mürataseme mõõtmise, määramise ja hindamise meetodid“. Riigi Teataja.

Kliimaministeerium. 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

Krahé, D., Alaimo Di Loro, A., Müller, U., Elmenhorst, E., De Gioannis, R., Schmitt, S., Belke, C., Benz, S., Großarth, S., Schreckenberg, D., Eulitz, C., Wiercinski, B., Möhler, U. 2020. Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen. https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/laermwirkungen-von-infraschallimmissionen

Lo Castro, F., Iarossi, S., Luca, M., Orlando, M., Giliberti, C., Mariconte, R. 2020. Health Protection Criteria for Airborne Infrasound Exposure: An International Comparison. DOI: 10.1007/978-3-030-50946-0_10.

Lopucki, R., Mroz, I. 2016. An assessment of non-volant terrestrial vertebrates response to wind farms – a study of small mammals. Environmental Monitoring and Assessment, 188, 122.

LUBW State Agency for the Environment Baden-Württemberg. 2020. Low-frequency noise including infrasound from wind turbines and other sources. https://pd.lubw.de/84558

Lüganuse valla üldplaneering.

Maijala, P. 2020. VTT studied the health effects of infrasound in wind turbine noise in a multidisciplinary cooperation study. VTT Technical Research Centre of Finland.

Maijala, P. P., Kurki, I., Vainio, L., Pakarinen, S., Kuuramo, C., Lukander, K., Virkkala, J., Tiippana, K., Stickler, E. A., Sainio, M. 2021. Annoyance, perception, and physiological effects of wind turbine infrasound. Journal of the Acoustical Society of America, 149(4), 2238–2248. https://doi.org/10.1121/10.0003509

Maijala, P., Turunen, A., Kurki, I., Vainio, L., Pakarinen, S., Kaukinen, C., Lukander, K., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P., Lanki, T., Tiippana, K., Virkkala, J., Stickler, E., Sainio, M. 2020. Infrasound Does Not Explain

Symptoms Related to Wind Turbines. Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2020:34.

Marshall, N. S., Cho, G., Toelle, B. G., Tonin, R., Bartlett, D. J., D'Rozario, A. L., Evans, C. A., Cowie, C. T., Janev, O., Whitfeld, C. R., Glozier, N., Walker, B. E., Killick, R., Welgampola, M. S., Phillips, C. L., Marks, G. B., Grunstein, R. R. 2023. The health effects of 72 hours of simulated wind turbine infrasound: a double-blind randomized crossover study in noise-sensitive, healthy adults. Environmental Health Perspectives, 131(3), 037012. https://doi.org/10.1289/EHP10757

Meunier, M. 2013. Wind Farm - Long term noise and vibration measurements. The Journal of the Acoustical Society of America, 133.

Miljøstyrelsen. 2026. Vejledning om støj fra vindmøller. Vejledning nr. 84, 2026. Danish Environmental Protection Agency.

Møller, H., Pedersen, C. 2004. Hearing at low and infrasonic frequencies. Noise & Health, 6, 37–57.

Natural Forces Developments LP. 2021. Sound Level Impact Assessment Study. Benjamins Mill Wind Project.

Nelson, P., Bryne, A., Waggenspack, M., Lueker, M., Feist, C., Herb, B., Marr, J. 2019. Testing the human response to wind turbine emissions. Wind Turbine Noise 2019, 12–14 June, Lisbon. INCE-Europe.

Nguyen, D.-P., Hansen, K., Zajamsek, B. 2020. Human perception of wind farm vibration. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 39(1), 17–27.

Nykänen, H. 2023. Tuulivoimaloiden synnyttämän melun ja tärinän terveysriskit – esitutkimus.

Pawlaczyk-Łuszczyńska, M., Dudarewicz, A. 2022. Review of evaluation criteria for infrasound and low frequency noise in the general environment. DOI: 10.54215/Noise_Control_2022_A_Digital_Monograph_Pawlaczyk-Luszczynska_M_Dudarewicz_A.

Pedersen, E. 2007. Human response to wind turbine noise – perception, annoyance and moderating factors. Göteborg University.

Pohl, H., Firestone, H., Rand, J., Haac, E. 2019. Monitoring annoyance and stress effects of wind turbine on nearby residents: A comparison on U.S. and European samples.

Radun, J., Maula, H., Saarinen, P., Keränen, J., Alakoivu, R., Hongisto, V. 2022. Health effects of wind turbine noise and road traffic noise on people living near wind turbines.

Riigi Ilmateenistus. Päikesepaiste kestus. https://www.ilmateenistus.ee/kliima/kliimanormid/paikesepaiste-kestus/

Salt, A. N., Hullar, T. E. 2010. Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. Hearing Research, 268(1–2), 12–21. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378595510003126

Schmidt, J. H., Klokker, M. 2014. Health effects related to wind turbine noise exposure: a systematic review.

Sotsiaalministeerium. 10.03.2025 kiri nr 5.1-2/679-1.

Sotsiaalministri 01.10.2025 määrus nr 54 „Vibratsiooni piirväärtused elamutes ja ühiskasutusega hoonetes ning vibratsiooni hindamise kord". Riigi Teataja.

Sotsiaalministri 12.11.2025 määrus nr 61 „Nõuded müra, sealhulgas ultra- ja infraheli ohutusele elamutes ja ühiskasutusega hoonetes ning helirõhutaseme mõõtmise meetodid". Riigi Teataja.

Sullivan, R., Kirchler, L., Lahti, T., Roché, S., Beckman, K., Cantwell, B., Richmond, P. 2012. Wind Turbine Visibility and Visual Impact Threshold Distances in Western Landscapes. DOI: 10.1017/S1466046612000464.

Swen, M., Stefan, H., Martin, H., Susanne, K. 2022. Can infrasound from wind turbines affect myocardial contractility? A critical review. Noise & Health, 24, 96–106. https://www.noiseandhealth.org/text.asp?2022/24/113/96/351963

Tara, A. 2022. DVC as a Supplement to ZVI: Mapping Degree of Visible Change for Wind Farms.

Terviseamet. Tuulepargid. https://www.terviseamet.ee/tuulepargid#kas-terviseamet-on-s

Tonin, R., Brett, J., Colagiuri, B. 2016. The effect of infrasound and negative expectations to adverse pathological symptoms from wind farms. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, 35(1), 77–90. https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0263092316628257

Turunen, A., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P., Lanki, T. 2021. Self-reported health in the vicinity of five wind power production areas in Finland. Environment International, 151, 106419. https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106419

van Kamp, I., van den Berg, F. 2021. Health effects related to wind turbine sound: An update. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(17), 9133. https://www.mdpi.com/1660-4601/18/17/9133

Veber, T., Indermitte, E., Laisaar, K.-T., Katus, U., Kiisk, E., Orru, H. 2025. Ülevaateuuringu I etapp (tuulepargid): Tuulikute tervisemõjud. Süstemaatiline ülevaade viimase viieteistkümne aasta jooksul eelretsenseeritavates teadusajakirjades avaldatud uuringutest. Kliimaministeerium. https://kliimaministeerium.ee/sites/default/files/documents/2025-09/%C3%9Clevaateuuringu%20I%20etapp%20%28tuulepargid%29.pdf

Velilla, E., Collinson, E., Bellato, L., Berg, M. P., Halfwerk, W. 2021. Vibrational noise from wind energy-turbines negatively impacts earthworm abundance. Oikos, 130, 844–849. https://doi.org/10.1111/oik.08166

Washington State Department of Transportation. 2017. Chapter 7 – Noise Impact Assessment. Biological Assessment Preparation for Transportation Projects.

Weichenberger, M., Bauer, M., Kühler, R., Hensel, J., Forlim, C. G., Ihlenfeld, A., Ittermann, B., Gallinat, J., Koch, C., Kühn, S. 2017. Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold – Evidence from fMRI. PLoS ONE, 12, e0174420. https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0174420

WSP. 2023. A Review of Noise Guidance for Onshore Wind Turbines. Department for Business, Energy & Industrial Strategy. https://www.wsp.com/en-gb/insights/wind-turbine-noise-report

Xie, F., Aly, A.-M. 2020. Structural control and vibration issues in wind turbines: A review. Engineering Structures, 210.

Ympäristöministeriö. 2014. Tuulivoimaloiden melutason mittaaminen altistuvassa kohteessa. Ympäristöhallinnon ohjeita 4/2014. Helsinki: Ympäristöministeriö. ISBN 978-952-11-4277-2.