



**Väike-Maarja valla tuuleala nr 6
detailplaneeringu lahenduse müra, varjutuse ja
visuaalse mõju analüüs**

Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu lahenduse müra, varjutuse ja visuaalse mõju analüüs. Versioon: 13.02.2026

Nimetus: Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu lahenduse müra, varjutuse ja visuaalse mõju analüüs

Töö tellija: **Osühing Alkranel**
Reg nr 10607878
Tartu maakond, Tartu linn, Tartu linn, Riia tn 4, 51004
Tel +372 554 0579
E-post alar@alkranel.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: 19.03.2026

Sisukord

Sisukord	3
Sissejuhatus	4
1 Müra.....	5
1.1 Hindamise metoodika	5
1.2 Ehitustegevuse müra.....	9
1.3 Käitamisaegne müra.....	10
1.4 Madalsageduslik müra	14
1.5 Infraheli	17
1.6 Koosmõju teiste müraallikatega	21
1.7 Keskkonnameetmed.....	21
2 Varjutus	24
2.1 Hindamise metoodika	24
2.2 Varjutuse esinemine ja mõju.....	27
2.3 Keskkonnameetmed.....	32
3 Muud võimalikud mõjud tervisele.....	34
3.1 Vibratsioon	36
3.1.1 Metoodika	36
3.1.2 Vibratsiooni esinemine ja mõju.....	36
4 Mõju maastikule, sh visuaalne mõju	38
4.1 Hindamise metoodika	38
4.2 Nähtavusanalüüs.....	39
4.3 Maastiku väärtus ja ehitismälestised	40
4.4 Fotomontaažid	43
4.5 Võimalikud koosmõjud.....	46
4.6 Keskkonnameetmed.....	47

Sissejuhatus

Käesolev müra ja varjutuse analüüs on koostatud Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu keskkonnamõju strateegilise hindamise (KSH) osana.

Hinnangu koostas LEMMA OÜ keskkonnakonsultant Piret Toonpere. Konsultant on läbinud WindPro tootjapoolse tarkvarakoolituse ning omab tuuleparkide müra ja varjutuse hindamise kogemust alates aastast 2008. Visualiseeringute jaoks fotografeeris Astrid Koplímäe.

Hinnangu koostamisel on lähtutud Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu (DP) lähteseisukohad ja asjakohaste mõjude, sh keskkonnamõju strateegilise hindamise (KSH) programmist (lõppversioon 08.01.2025), kuid kuna peale programmi valmimist on valminud valdkondlik juhendmaterjal, siis müra ja varjutuse hindamisel ja vibratsiooni käsitluse osas on lähtutud Kliimaministeeriumi poolsest juhendmaterjalist (versioon 14.02.2025).¹ Tuulepargi visuaalse mõju hindamisel on arvestatud AB Artes Terrae OÜ 2020. a koostatud juhendmaterjali² 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.

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

² AB Artes Terrae OÜ. 2020. Meretuulikuparkide arendamiseks visuaalse mõju hindamise meetodiliste soovitude juhendmaterjal. <https://www.fin.ee/media/2706/download>

1 Müra

Müra on ebaseeldiv või häiriv või muul viisil inimese tervist ja heaolu kahjustav heli ning üks levinumaid ja olulisemaid elukeskkonna kvaliteeti halvendavatest teguritest. 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 mürataset otseselt organismi ei kahjusta, võib see kaasa tuua keskendumisraskusi ja meeleolu langust ning öösel unehäireid, kuna avatud aknaga on keeruline uinuda. Püsiv mürataset 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 mürataseme suurenemist 10 dB võrra kui kahekordset mürataseme tõus.

Erinevate keskkonnamüra allikatega seotud häiringute uuringutes (nt liikluse müra ning tuulikute müra võrdlemisel) on leitud, et kuigi tuulikuid tajutakse häiringuna suhteliselt madala mürataseme 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 näol⁴.

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 mürataset jääb normi piiresse.

1.1 Hindamise metoodika

Müra arvutuslikul hindamisel lähtuti Kliimaministeriumi koostatud juhendmaterjalis esitatud metoodikast⁸.

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>.

⁸ Kliimaministerium, 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

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“.

Müra sihtväärtus on suurim lubatud müratase uute planeeringutega aladel. Uus planeeritav ala määruse nr 71 tähenduses on väljaspool tiheasustusala või kompaktse hoonestusega piirkonda kavandatav seni hoonestamata uus müratundlik ala.

Müra piirväärtus on suurim lubatud müratase, mille ületamine põhjustab olulist keskkonnanäringut ja mille ületamisel tuleb rakendada müra vähendamise abinõusid. Müra siht- ja piirväärtused erinevad alade juhtfunktsioonide põhised. Mürakategooriad määratakse vastavalt üldplaneeringu maakasutuse juhtotstarbele.

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

Elamualade suhtes kehtib tööstusmürale **piirväärtus päeval ajal 60 dB(A)** ja öisel ajal 45 dB(A), sihtväärtus on päeval ajal 50 dB(A) ja **öisel ajal 40 dB(A)**.

Kuna tuulikud töötavad ööpäevaringselt ning tuulikute müra võib pidada iseloomult häirivamaks kui mõnda muud tööstusmüra liiki, siis on tugevalt soovitatav tuuleparkide planeeringutes võtta eesmärgiks öise sihtväärtuse (40 dB(A)) tagamine. Müra sihtväärtused on kehtestatud terviseriskide ennetamiseks. Tuleb arvestada, et selline lähenemine on tunduvalt rangem, kui teiste tööstusmüraallikate kavandamisel tavapäraselt järgitav tööstusmüra päevane piirväärtus (kuna tegu on logaritmilise väärtusega, siis helirõhu vahe on 100 kordne).

Eestis kehtivad müra normtasemed arvestavad Maailma Terviseorganisatsiooni soovitusi. Maailma Terviseorganisatsioon soovib tuulikute puhul järgida normtasest $L_{den} < 45$ dB⁹. L_{den} on keskmine helirõhutase, mis arvestab kõigi aastas esinevate päevade, öhtute 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 mürataseme ja häirimist põhjustava mürataseme 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 dB¹⁰. Aga nagu juba eelpool toodud, siis inimeste tundlikkus tuulikute müra häirivuse osas on erinev.

Tuulikute käitamisaegset müra hinnatakse uute planeeringute puhul arvutuslikult. Antud juhul kasutati selleks spetsiaaltarkvara WindPRO 4.2. Arvutamisel kasutati rahvusvahelist standardit ISO 9613-2: “Acoustics – Abatement of sound propagation outdoors, Part 2: General method of calculation”, mis on Euroopa Liidu soovituslik tööstusmüra arvutusmeetod liikmesriikidele, kellel ei eksisteeri siseriiklikke arvutusmeetodeid (Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2002/49/EÜ,

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.

25. juuni 2002, mis on seotud keskkonnamüra hindamise ja kontrollimisega). Nimetatud standard on tuuleparkide müra leviku hindamisel laialt kasutatav ka muu maailma praktikas.

Antud juhul modelleeriti müra levik ebasoodsates tingimustes – müralevi soodustav pärituul igas suunas $C_{met}=0$. Tuuliku tootjate tehniliste andmete alusel suureneb tuuliku müraemissioon tavaliselt kuni tuulekiiruseni 7–10 m/s¹¹. Antud töös kasutati nõ 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-ameti kõrgusandmete alusel (25 m võrguga maapinna kõrgusmudel). Atmosfääri tingimustena kasutati juhendi meetodikale vastavalt temperatuur 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 müralevikut takistavateks objektideks. Juhul kui tuulikute ja vaateleja vahele jäävad metsatukad või kõrvalhooned, siis on tegelikkuses avalduvad müratasemed madalamad kui arvutustes näidatud.

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

Detailplaneeringu KSH raames ei ole teada täpne tuuliku mudel, mis tuuleparkidesse paigaldatakse. Müra emissioon (helivõimsustase) on erinevatel tuuliku mudelitel erinev. KSH-s on müra hindamiseks kasutatud käesoleval ajal tootmises olevat ühte suurimat tuulikut ehk 7 MW võimsusega Nordexi N175 (rootori diameeter 175 m, torni kõrgus 179 m). Tuulikutootja andmetel on ühe tuuliku ("sakiliste labadega" mudel) maksimaalne helivõimsustase $L_w = 106,9$ dB¹². Lisaks liideti müraarvutustes iga tuuliku müratasemele parandustegur +2 dB arvestamiseks perspektiivsete tuulikute puhul võimaliku täiendava määramatusega ning kirjeldamiseks võimalikult ebasoodsat olukorda. Parandusteguri (+2 dB) lisamine suurendab puhveralasid, mis omakorda aitab vähendada häiringute tekkimise tõenäosust — seda ka juhtudel, kui normtasemele vastav müra võib siiski mõnele elanikele häirivalt mõjuda.

Tuulikute müra arvutuslikku hindamist käsitlev juhend näeb ette, et kui modelleeritav tuulik on suurema labade diameetriga, kui aluseks olev sarnane tuulik, lisada tuuliku müraemissioonile parandustegur +1 dB, iga labade diameetri 10 m suurenemise kohta. Olemasolevate tuulikute andmete alusel ei esine lineaarset seost tuuliku labade diameetri ja helivõimsustaseme vahel. Samas esineb võimalus, et tiiviku mõõtmete kasvades võib kasvada ka helivõimsustase. Kuna müra arvutuslikust hindamisest ilmnas, et juba olemasoleva 106,9 dB helivõimsustasemega tuuliku

¹¹ Järeldus tehtud WindPro tuulikute infot koondava andmebaasi põhjal.

¹² Antud tuulikut on WindPro tuulikute andmebaasi alusel saadaval erinevate müratasemetega mudelitega. Käesolevas töös kasutati andmebaasis esineva suurima (helirõhutasemelt) sakiliste servadega mudeli andmeid hindamiseks võimalikult ebasoodsat olukorda.

kasutamisel võib tekkida lähimatel elamualadel müra sihtväärtuse täitmisega probleeme, siis täiendavalt veel kõrgema helivõimsustasemega tuulikut eraldiseisvalt ei hinnatud.

Tabel 1. Nordex N175 mudeli helivõimsustasemed (Lw) 1/3 oktaavribades tuule kiirusel 9 m/s

1/3 oktaavriba kesk-sagedus, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315
Helivõimsustase LWA, dB	59,1	63,9	68,5	71,8	75,2	77,1	78,3	80,3	84,6	87,3	88,9	91,5	93,5	94,5	95	95,8
1/3 oktaavriba kesk-sagedus, Hz	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	Kokku LwA, dB
Helivõimsustase LWA, dB	95,7	95,5	95,8	96,5	96,5	96,7	96	94,6	91,4	88,1	83,8	79,7	72,6	64,9	55,5	106,9

Leevendava meetmena kasutati müra hindamisel sama Nordex N175 tuuliku vähendatud helivõimsustasemega töörežiimi Mode 6, mille helivõimustase on Lw= 104 dB.

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 konkreetsetes 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).

Lisaks tuulikutele kavandatakse tuulepargi alale müratekitavate objektidena ka kuni kaks alajaama ja salvestusjaama. Alajaamadele ja salvestusjaamadele esineb planeeringuala sees kolm alternatiivset asukohta. Mürahinnangus lähtutakse müra leviku suhtes halvimalt olukorrast, kus üks alajaam/salvestusjaam paikneb planeeringuala keskosas ja teine ääres. Alajaama puhul on tavapäraselt müraallikaks trafo. Salvestusjaama puhul akukonteinerite jahutusseadmed. Seadmete helivõimustasemed erinevad seadmeti. Planeeringu koostamise etapis täpseid seadmemudeleid ei ole teada. Mürahinnangus arvestatakse konservatiivselt pigem mürarikkamate seadmete kasutamisega ehk alajaama trafo puhul arvestatakse Lw=97 dB ja salvestusjaama puhul Lw=85 dB (arvestati kahe seadmega). Alajaama puhul arvestati asjaoluga, et alajaamade puhul tegu tonaalse heliga ning sellest lähtuvalt arvestati täiendavalt +5dB parandustegurit. Salvestusjaama puhul arvestati asjaoluga, et seadmete arv ja helivõimsustasemed ei ole teada ning seega arvesti täiendavalt + 2 dB parandustegurit.

Müra leviku kohta vormistati mürakaardid, kus esitati A-korrigeeritud ekvivalentse helirõhutase L_{pA,eq} arvused detsibellides 5 dB müravahemikes. Müra modelleeringus kasutati retseptoritena elu- või ühiskondliku hooneid ja elamualasid, mis paiknevad maksimaalselt 2000 m kaugusel kavandatavatest tuulikute. Elamualade tuvastamiseks lähtuti ETAK andmestikust.

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 mürataseme 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 määrus nr 61 „Nõuded müra, sealhulgas ultra- ja infraheli ohutusele elamutes ja ühiskasutusega hoonetes ning helirõhutaseme mõõtmise meetodid“ Lisa 3¹³ 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-s. Tegu ei ole seega väliterritooriumil kehtivate normidega, vaid hoonetes sees kehtivate normtasemetega. Antud määrus ei kehti otseselt uute tööstusmüraallikate kavandamisel (määruse kohaldumisala on kitsendatud hoonete ehitamisele ja renoveerimisele, meelelahutusüritustele ja hoomete tehnoseadmetele). Siiski saab antud piirväärtusi pidada asjakohaseks võrdlusaluseks ka uute tööstusmüra allikate kavandamisel.

Tabel 2. Soovituslikud madalsagedusliku heli väärtused eluruumides.

1/3 oktaavriba kesksagedus, Hz	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200
Helirõhutaseme 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 juhendist¹⁴ ja kasutatud WindPRO programmi mooduli „Decibel“ seadistust „Finnish Low Frequency Sound“, mis ühtib Kliimaministeeriumi juhendmaterjali kohase arvutusmeetodikaga.

Kuivõrd madalsagedusliku müra normväärtus kehtib hoonetes sees, siis on vaja selle arvutamisel arvestada ka hoonete heliisolatsiooni. Heliisolatsiooni väärtustena kasutati teaduskirjanduses leitavaid väärtuseid, mille kasutamine on kohane lähtuvalt kehtivale juhendmaterjalile (Tabel 3)¹⁵.

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 infraheli allikad 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.

1.2 Ehitustegevuse müra

Tuuleparkide ehitusega kaasneb ehitusaegne müra, mis on sarnane tavapärase ehitustegevusega kaasneva müraga. Üldehitustegevus hõlmab taimestiku raadamise, teede ehituse ning

¹³ https://www.riigiteataja.ee/akti/isa/1141/1202/5014/SOM_m61_lisa3.pdf#

¹⁴ Kliimaministeerium, 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

¹⁵ Keränen, J., Hakala, J., Hongisto, V., 2018: Façade sound insulation of residential houses within 5-5000 Hz, Euronoise 2018.

vundamentide ja tuulikute püstitamise seotud tegevusi. Need tegevused hõlmavad tõenäoliselt ekskavaatorite, betoonisegistite ja pumpade, kraanade ja veoautode kasutamist. Enamlevinud tehnika poolt tekitatavad müratasemed on esitatud Tabel 4-s¹⁶.

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)

Tabel 5-s on ära toodud WSDoT (2017)¹⁷ 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, siis ei ole oodata tuulepargi rajamisega kaasnevana ehitusmüra tasemel, mis võiks põhjustada lähiala elanikele olulisi häiringuid. Samuti nagu nähtub Tabel 5-s esitatust, siis ulatub 1 km kaugusel (lähimate elamualade kaugus) objektist 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. Mürarikkaid ehitustöid vältida öisel perioodil.

1.3 Käitamisaegne müra

Tuuleparkides olevad heliallikaid võib jagada kaheks:

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

¹⁶ Natural Forces Developments LP. 2021. Sound Level Impact Assessment Study. Benjamins Mill Wind Project.

¹⁷ Washington State Department of Transportation. (2017). Chapter 7 – Noise Impact Assessment. Retrieved from Biological Assessment Preparation for Transportation Projects.

Kaasaegsetel tuulikutel on üsna suurt tähelepanu pööratud müra vähendamisele ning mehhaaniline müra on erinevate isolatsioonimaterjalide ning tehniliste võtetega viidud võrdlemisi väheolulisele tasemele. Ka aerodünaamilise müra vähendamiseks on kasutusele võetud tehnilisi lahendusi, kuid kuivõrd tegu on suurte tehniliste seadmetega, siis teatav müraemissioon tuulikute töötamisel esineb.

Tagamaks huvide tasakaalustatus ja säilitamaks elukeskkonna kvaliteeti võeti eesmärgiks, et elamualadel ei tekiks ka tuulepargi potentsiaalse koosmõju tingimustes tööstusmüra öise sihtväärtuse ületamist. Tööstusmüra öise sihtväärtuse ületamine, kui täidetakse tööstusmüra öist piirväärtust, on lubatud vastava elamu omaniku kirjalikul kokkuleppel. Tööstusmüra öise piirväärtuse ületamine elamualadel ka omaniku nõusolekul lubatav ei ole, sest välistada ei saaks ebasoodsat tervisemõju.

Müra hindamisest ilmnes, et väljatöötatud tuulikute arvu ja paiknemise korral võib 106,9 dB helivõimsustasemega tuulikute kasutamisel (arvestades ka lisaks + 2 dB parandustegurit) kaheksal elamualal (Killi, Põllupiiri, Hussari/2, Peebu, Hussari/1, Aarepi, Tisleri, Mäeotsa) esineda tööstusmüra öise sihtväärtuse ületamist. Tagamaks ka neil elamualadel tööstusmüra öist sihtväärtust müralevikut soosivate ilmastikutingimuste korral vähendati modelleerimisel tuulikute mürataset. Ilmnes, et kõigil elamualadel va Tisleri on võimalik tööstusmüra öine sihtväärtus tagada, kui tuulikute helivõimsustase ei ületa 104 dB. Sealjuures esineb sihtväärtuse lähedase helirõhutaseme tekkimise võimalus tuulikute ja alale kavandatavate tehnoseadmete koosmõjus. Seega tuleb eelistada ka tehnoseadmete puhul vaiksema helivõimsustasemega seadmeid. Tisleri elamuala suhtes on teadaolevalt sõlmitud talumisservituut.

Erinevaid kombinatsioone kuidas sihtväärtus elamumaadel tagada esineb lisaks hinnatud lahendusele veel. Väga tõenäoliselt on võimalik sihtväärtust täita ka kavandades elamutele lähimad tuulikud vaiksema müratasemega ja kaugemad võivad samal ajal olla suurema müraheitelga. Tuulepargi projekteerimisel tuleb tagada, et valitud lahenduse kasutamisel sihtväärtus tagatakse kõigil elamualadel (erand on lubatav ainult elamu omaniku nõusolekul). Arvestada tuleb nii tuulikute kui kavandatavate tehnoseadmete müra. Elukondliku kasutuse säilimisel ei tohi mürataset ka talumisservituudi seadmisel ületada müra piirväärtust vältimaks võimalikku tervisemõju.

Müra hindamise tuulikute paigutuslahenduse korral on esitatud mürakaartidel Joonis 1 ja Joonis 2 ning Tabel 6.

Tabel 6. Tuulepargi ja kavandatavate tehnoseadmete tekitatav mürataset elamualadel.

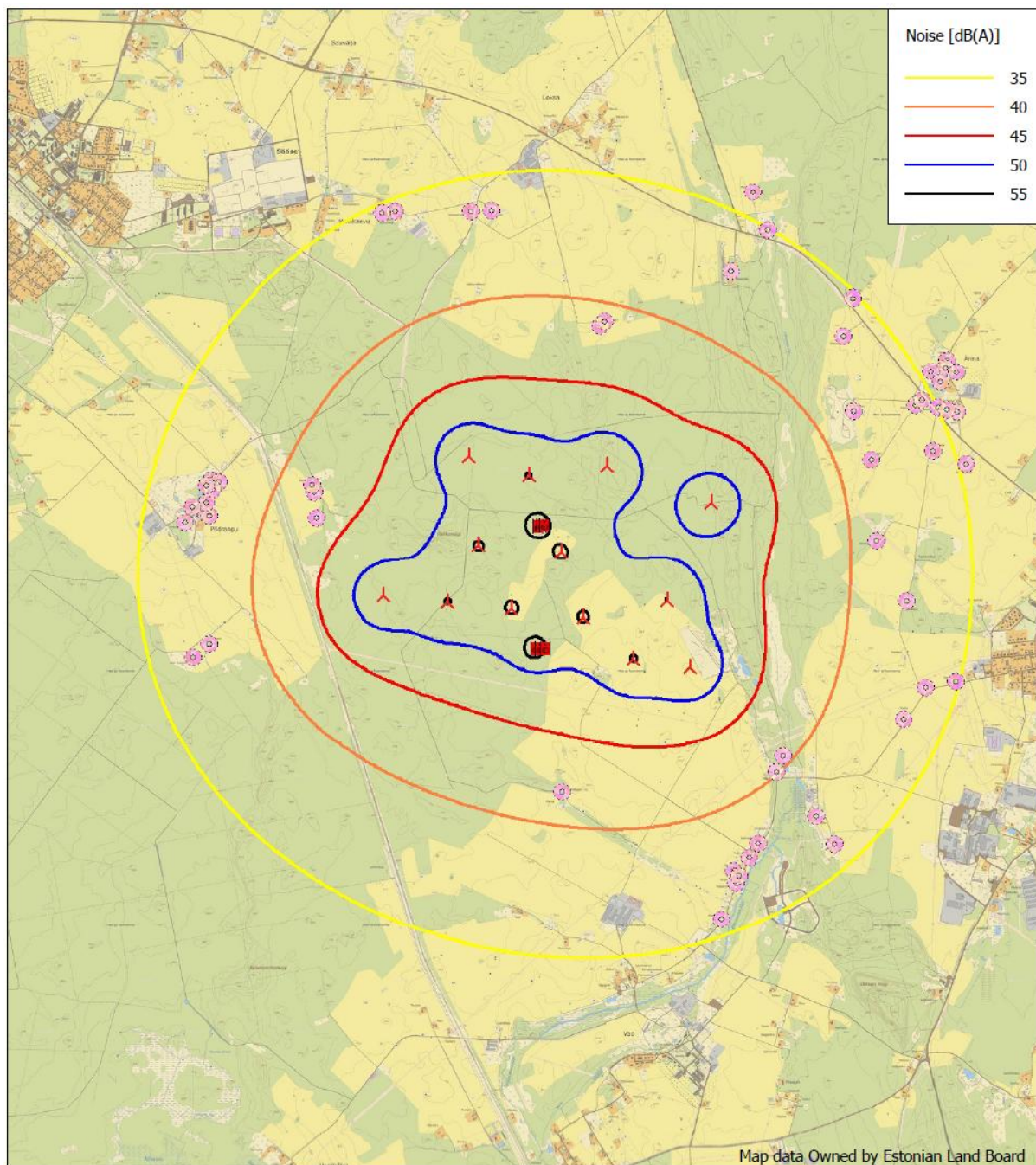
Nimetus	EHR koor	x	y	Helirõhutaseme Lw=106,9dB+2dB B tuulikute puhul, dBA	Helirõhutaseme vähendatud helivõimsustasemega (Lw=104 dB+2dB) tuulikute puhul, dBA
Aarepi	EE00933590	622821	6557712	42	39,3
Hussari/1	EE00934096	625057	6559017	41,2	38,5
Hussari/2	EE00934101	625093	6559052	40,9	38,3
Härma	EE00951139	627774	6558747	34	31,3
Jänese kapsa	EE01896723	624047	6559903	36,2	33,6
Jõepere	EE00853288	626106	6554752	37,1	34,5
Kase	EE01685562	621961	6557551	37,3	34,6
Kasemäe	EE00864280	626084	6559437	37	34,3

Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu lahenduse müra, varjutuse ja visuaalse mõju analüüs. Versioon: 13.02.2026

Kiigeoru	EE00951121	626369	6559759	35,1	32,4
Killi	EE00951619	626493	6555649	40,5	37,8
Kivimäe	EE00951118	627036	6559229	35,2	32,5
Koidu	EE00951633	627435	6555942	36,5	33,8
Kotka	EE00951147	627707	6558372	35	32,3
Kruusamäe	EE00816204	627921	6557929	34,7	32,1
Kuslapuu	EE01661076	621932	6557592	37,1	34,5
Kändliku	EE00951103	627223	6557331	38,7	36
Laanepüü	EE00951094	627456	6556854	37,4	34,7
Lehise	ME0086494 3	627663	6558033	35,7	33
Lepiku	EE01071858	622006	6557801	37,2	34,5
Mere	EE00952152	627040	6558344	38	35,3
Mäe	EE00934148	624206	6559907	36,3	33,7
Mäeotsa	EE00951504	626440	6555522	40,1	37,4
Männiaugu	EE00951125	626253	6560058	34,2	31,6
Männiku	EE00849642	627760	6558692	34,1	31,5
Mänukse	EE00852116	626747	6555172	37,2	34,5
Mõisniku	EE01016836	621807	6557475	36,6	34
Niinepuu	EE00951141	627847	6558657	33,9	31,3
Pae	EE00951635	627840	6556236	35,1	32,5
Paju	EE00951498	627609	6556186	36,1	33,4
Papli	EE00851957	627649	6558659	34,6	32
Papli	EE01660489	622071	6557791	37,5	34,9
Peebu	EE00933643	622800	6557772	41,7	39
Peetri	EE00856810	621996	6556525	37,5	34,8
Pihlaka	EE00840588	621995	6557526	37,5	34,8
Pillaku	EE00843173	626007	6554368	35,6	33
Poe	ME0168253 9	621972	6557632	37,2	34,6
Priidu	EE00951146	627854	6558341	34,4	31,8
Põllupiiri	EE00814147	624758	6555362	41,6	39,1
Rahula	EE00951116	626960	6558939	36,4	33,7
Regle	EE01004142	627720	6558573	34,5	31,9
Salumardi	EE00934320	623452	6559906	35,4	32,8
Selja	EE00852199	626224	6554855	37,4	34,7
Siimu	ME0248373 3	626890	6554954	35,9	33,2
Sireli	EE01661498	622026	6557733	37,4	34,7
Sõnumi	EE00951148	627526	6558388	35,7	33
Tammiste	EE00951765	626295	6554962	37,7	35,1
Tengo	EE00952191	626121	6554651	36,6	34
Tiigi	EE01055934	621975	6557765	37,1	34,4
Tiigiäärse	EE00951477	627775	6558356	34,7	32,1
Tisleri	EE00933703	622836	6557509	42,9	40,1
Tõntsu	EE00935620	623350	6559892	35,3	32,7

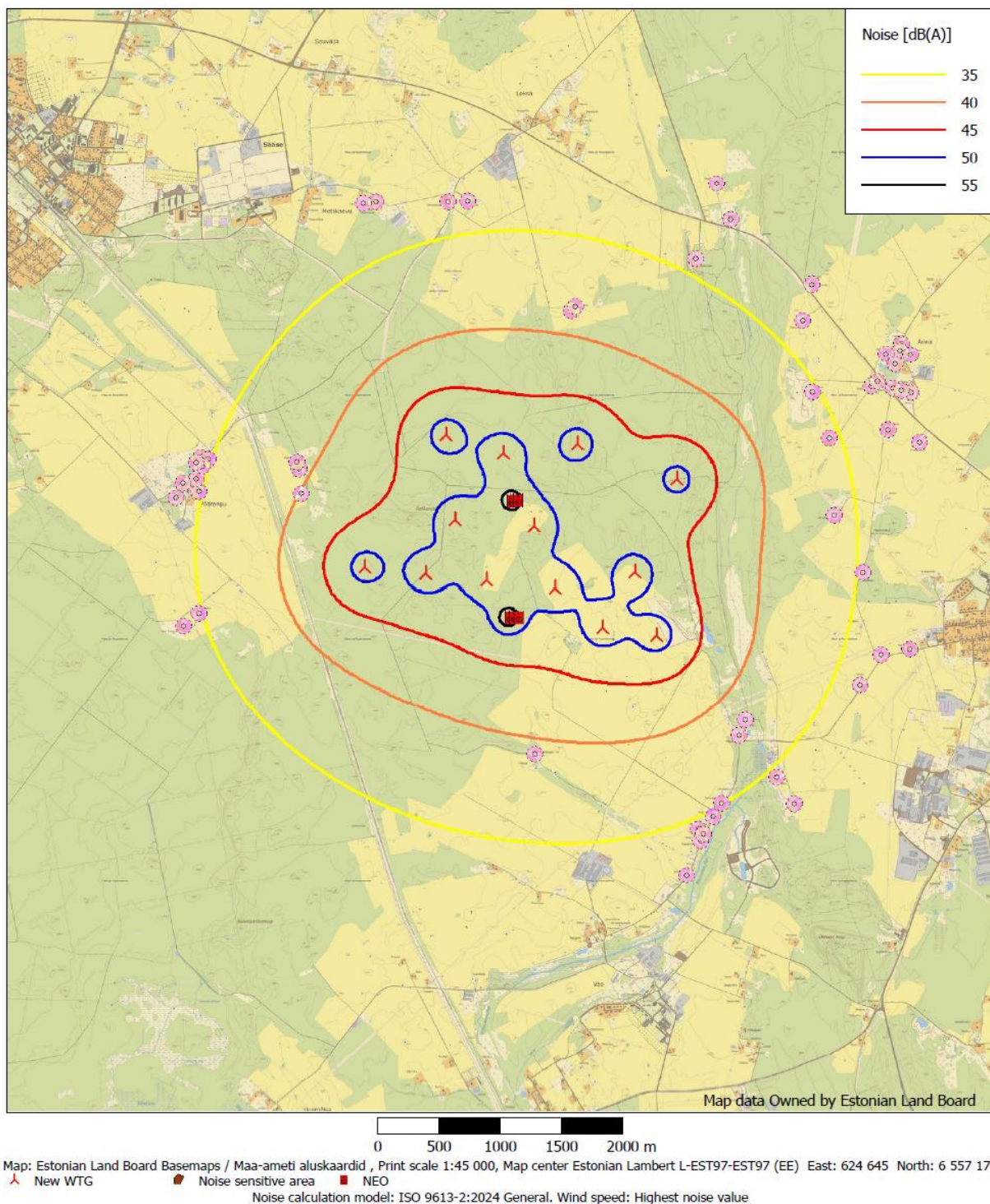
Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu lahenduse müra, varjutuse ja visuaalse mõju analüüs. Versioon: 13.02.2026

Uustalu	EE02723679	627579	6558432	35,4	32,7
Vahtra	EE01006750	621865	6557595	36,8	34,1
Visparra 2	EE00952192	626143	6554709	36,9	34,2
Volli	EE00951109	627178	6557965	38,2	35,5
Von Freienthali	EE01799587	621872	6556425	36,7	34



Map: Estonian Land Board Basemaps / Maa-ameti aluskaardid , Print scale 1:45 000, Map center Estonian Lambert L-EST97-EST97 (EE) East: 624 645 North: 6 557 170
 ▲ New WTG ■ Noise sensitive area ■ NEO
 Noise calculation model: ISO 9613-2:2024 General. Wind speed: Highest noise value

Joonis 1. Müra leviku kaart 4 m kõrgusel 106,9 dB +2dB tuulikutega ja kaks alajaam/salvestusjaama.



Joonis 2. Müra leviku kaart 4 m kõrgusel 104 dB +2dB tuulikute ja kaks alajaam/salvestusjaama.

1.4 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 osa¹⁸.

Tuulikute tekitatav madalsageduslik müra vajab hindamist tuulepargi kavandamisel. Madalsagedusliku müra osas on võimalik koostada mürahinnang lähtudes kasutatava tuuliku müra spektraalsest jaotusest¹⁹. Seda ka käesoleva KSH aruande koostamisel tehti. **Madalsagedusliku müra modelleeringust ilmnes, et ühegi elamuala puhul ei ole oodata, et siseruumides tekiks madalsagedusliku müra normväärtuste ületamist $L_w=106,9$ dB(A) tuulikute kasutamisel (Tabel 7). Väiksema helivõimsustasemega tuulikute korral on ka madalsageduslikud helirõhutasemed väiksemad.**

Tabel 7. Madalsagedusliku müra modelleeringu tulemused. Esitatud on madalsagedusliku müra modelleeritud väärtus siseruumis.

Elamu	20 Hz	25 Hz	31,5 Hz	40 Hz	50 Hz	63 Hz	80 Hz	100 Hz	125 Hz	160 Hz	200 Hz
Normtase	71	63	55,5	49	43	41,5	40	38	36	34	32
Aarepi EE00933590	55,8	52,5	47,9	43	39,1	37,4	33,9	29,3	25,5	20,4	16,8
Hussari/1 EE00934096	55,3	51,9	47,4	42,5	38,5	36,9	33,4	28,7	24,9	19,8	16,2
Hussari/2 EE00934101	55,1	51,7	47,2	42,3	38,3	36,7	33,2	28,5	24,7	19,6	15,9
Härma EE00951139	50,1	46,7	42,2	37,2	33,3	31,5	28	23,2	19,2	13,8	9,8
Jõepere EE00853288	52,2	48,9	44,4	39,4	35,5	33,8	30,2	25,5	21,6	16,3	12,5
Jänese kapsa EE01896723	51,6	48,3	43,8	38,8	34,9	33,1	29,6	24,9	20,9	15,6	11,8
Kase EE01685562	52,3	49	44,5	39,5	35,6	33,9	30,3	25,6	21,7	16,5	12,7
Kasemäe EE00864280	52,2	48,9	44,3	39,4	35,4	33,7	30,2	25,5	21,6	16,3	12,5
Kiigeoru EE00951121	50,9	47,5	43	38	34,1	32,3	28,8	24	20	14,7	10,8
Killi EE00951619	54,6	51,3	46,8	41,8	37,9	36,2	32,7	28,1	24,2	19,1	15,5
Kivimäe EE00951118	50,9	47,6	43	38,1	34,1	32,4	28,9	24,1	20,1	14,8	10,9
Koidu EE00951633	51,8	48,5	43,9	39	35	33,3	29,8	25,1	21,1	15,9	12
Kotka EE00951147	50,8	47,4	42,9	37,9	34	32,2	28,7	23,9	19,9	14,6	10,7
Kruusamäe EE00816204	50,6	47,2	42,7	37,8	33,8	32,1	28,5	23,8	19,8	14,4	10,5

¹⁸ Hansen, C.H., Doolan, C.J., Hansen, K., L. 2017. Wind Farm Noise: Measurement, Assessment and Control.

¹⁹ Chiu, CH., Lung, SC.C. 2020. Assessment of low-frequency noise from wind turbines under different weather conditions. J Environ Health Sci Engineer 18, 505–514.

Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu lahenduse müra, varjutuse ja visuaalse mõju analüüs. Versioon: 13.02.2026

Kustlapuu EE01661076	52,2	48,9	44,3	39,4	35,4	33,7	30,2	25,5	21,6	16,3	12,5
Kändliku EE00951103	53,4	50,1	45,6	40,6	36,7	35	31,5	26,8	22,9	17,7	14
Laanepüü EE00951094	52,5	49,2	44,6	39,7	35,7	34	30,5	25,8	21,9	16,6	12,9
Lehise ME00864943	51,3	47,9	43,4	38,4	34,5	32,8	29,2	24,5	20,5	15,2	11,3
Lepiku EE01071858	52,3	48,9	44,4	39,4	35,5	33,8	30,3	25,6	21,6	16,4	12,6
Mere EE00952152	52,9	49,5	45	40,1	36,1	34,4	30,9	26,2	22,3	17,1	13,3
Mõisniku EE01016836	51,8	48,5	44	39	35,1	33,4	29,8	25,1	21,2	15,9	12,1
Mäe EE00934148	51,7	48,4	43,8	38,9	34,9	33,2	29,7	25	21	15,7	11,9
Mäeotsa EE00951504	54,3	51	46,5	41,5	37,6	35,9	32,4	27,8	23,9	18,8	15,1
Männiaugu EE00951125	50,3	46,9	42,4	37,4	33,4	31,7	28,2	23,4	19,4	14	10
Männiku EE00849642	50,2	46,8	42,3	37,3	33,4	31,6	28,1	23,3	19,3	13,9	9,9
Mänukse EE00852116	52,3	48,9	44,4	39,5	35,5	33,8	30,3	25,6	21,7	16,4	12,6
Niinepuu EE00951141	50	46,7	42,1	37,2	33,2	31,5	27,9	23,1	19,1	13,7	9,7
Pae EE00951635	50,9	47,5	43	38	34,1	32,3	28,8	24	20,1	14,7	10,8
Paju EE00951498	51,5	48,2	43,7	38,7	34,7	33	29,5	24,8	20,8	15,5	11,7
Papli EE00851957	50,5	47,2	42,6	37,7	33,7	32	28,4	23,7	19,7	14,3	10,4
Papli EE01660489	52,5	49,2	44,6	39,7	35,7	34	30,5	25,8	21,9	16,7	12,9
Peebu EE00933643	55,6	52,2	47,7	42,8	38,8	37,2	33,7	29	25,2	20,1	16,5
Peetri EE00856810	52,4	49,1	44,5	39,6	35,6	33,9	30,4	25,7	21,8	16,6	12,8
Pihlaka EE00840588	52,5	49,1	44,6	39,7	35,7	34	30,5	25,8	21,9	16,6	12,9
Pillaku EE00843173	51,1	47,8	43,3	38,3	34,3	32,6	29,1	24,3	20,4	15	11,1
Poe ME01682539	52,3	49	44,4	39,5	35,5	33,8	30,3	25,6	21,7	16,4	12,6
Priidu EE00951146	50,4	47	42,5	37,5	33,6	31,9	28,3	23,5	19,5	14,1	10,2

Pöllupiiri EE00814147	55,5	52,2	47,6	42,7	38,8	37,1	33,6	29	25,2	20	16,4
Rahula EE00951116	51,8	48,4	43,9	38,9	35	33,3	29,7	25	21,1	15,8	11,9
Regle EE01004142	50,5	47,1	42,6	37,6	33,6	31,9	28,4	23,6	19,6	14,2	10,3
Salumardi EE00934320	51,1	47,7	43,2	38,2	34,3	32,6	29	24,3	20,3	15	11,1
Selja EE00852199	52,4	49,1	44,5	39,6	35,6	33,9	30,4	25,7	21,8	16,5	12,8
Siimu ME02483733	51,4	48	43,5	38,5	34,6	32,9	29,3	24,6	20,6	15,3	11,4
Sireli EE01661498	52,4	49,1	44,5	39,6	35,6	33,9	30,4	25,7	21,8	16,5	12,8
Sõnumi EE00951148	51,3	47,9	43,4	38,4	34,5	32,7	29,2	24,5	20,5	15,2	11,3
Tammiste EE00951765	52,6	49,3	44,8	39,8	35,9	34,2	30,7	26	22,1	16,8	13,1
Tengo EE00952191	51,9	48,5	44	39,1	35,1	33,4	29,9	25,1	21,2	15,9	12,1
Tiigi EE01055934	52,2	48,8	44,3	39,4	35,4	33,7	30,2	25,5	21,6	16,3	12,5
Tiigiäärse EE00951477	50,6	47,2	42,7	37,7	33,8	32,1	28,5	23,7	19,8	14,4	10,4
Tisleri EE00933703	56,4	53,1	48,6	43,6	39,7	38	34,6	29,9	26,2	21,1	17,5
Tõntsu EE00935620	51	47,6	43,1	38,2	34,2	32,5	28,9	24,2	20,2	14,9	10,9
Uustalu EE02723679	51	47,7	43,1	38,2	34,2	32,5	29	24,2	20,3	14,9	11
Vahtra EE01006750	52	48,6	44,1	39,1	35,2	33,5	30	25,2	21,3	16	12,2
Visparra 2 EE00952192	52	48,7	44,2	39,2	35,3	33,6	30	25,3	21,4	16,1	12,3
Volli EE00951109	53	49,7	45,2	40,2	36,3	34,6	31,1	26,4	22,5	17,3	13,5
Von Freienthali EE01799587	51,9	48,5	44	39	35,1	33,4	29,8	25,1	21,2	15,9	12,1

Eelneva alusel ei ole senise teadmise alusel tuulikute madalsageduslike helide ja nende leviku osas oodata, et tuulikute rajamisel tekiks elamutes madalsagedusliku müra normväärtuse ületamist.

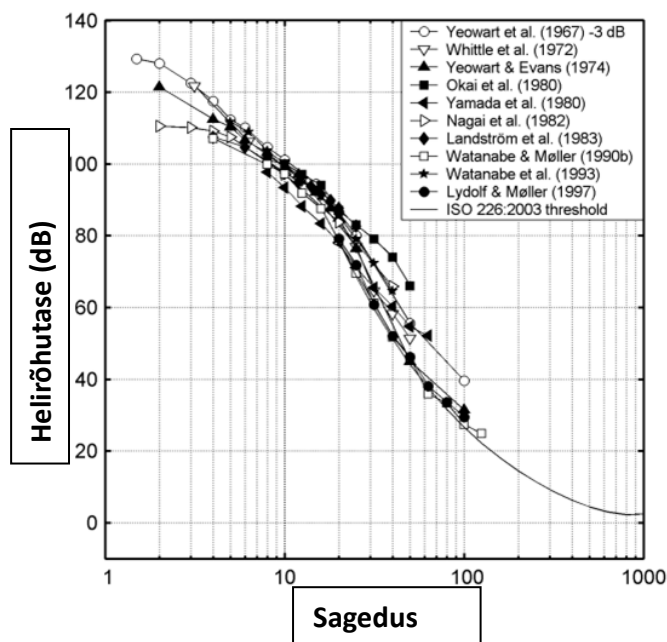
1.5 Infraheli

Eriti madalsagedusliku müra ehk **infraheli** (heli sagedusvahemikus ca 0–20 Hz) hindamise osas lähtutakse Kliimaministeeriumi 2025. a valminud juhendist²⁰. Infraheli arvutuslikku hindamist läbi

²⁰ Kliimaministeerium, 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

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 veebilehel²¹ ja Sotsiaalministeeriumi kirjas²²).

Tuulikute puhul tõstatub sageli eriti madalsagedusliku müra ehk infraheli (heli sagedusvahemikus ca 0–20 Hz) võimaliku mõju küsimus. 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 3).



Joonis 3. Inimese heli tajuvus sõltuvana heli sagedusest ja rõhust erinevate teadusuuringute alusel²³.

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“. 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^{24,25}.

²¹ <https://www.terviseamet.ee/tuulepargid#kas-terviseamet-on-s>

²² Sotsiaalministeerium 10.03.2025 nr 5.1-2/679-1

²³ Møller, H., Pedersen, C. 2004. Hearing at low and infrasonic frequencies. *Noise & health*. 6. 37-57.

²⁴ 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.

²⁵ Pawlaczyk-Luszczynska, 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.

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 tervisemõjudega²⁶. 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^{27,28}.

Tuulikute infraheli täpsemate mõõtemetoodikate väljatöötamine on jätkuvalt üks uurimisvaldkondi²⁹, 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 teaduskirjandus³⁰. Leiti, et mitmed uuringud on uurinud väidetavaid seoseid tervisele kahjulike sümptomite ja tuulikute infraheli vahel. Kuigi mõned eksperimentaalsed uuringud on seostanud infraheli füsioloogiliste näitajate muutustega^{31, 32}, 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 kohtades³³.

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

²⁶ 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>

²⁷ 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>

²⁸ Majjala, 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*.

²⁹ Nykänen, H. 2023. Tuulivoimaloiden synnyttämän melun ja tärinän terveysriskit – esitutkimus.

³⁰ 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>

³¹ 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>

³² 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>

³³ 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>

psühholoogiliste tervisemõjudega^{34,35, 36, 37}. Seevastu kokkupuute ootused tuulegeneraatorite infraheli suhtes ning positiivsed või negatiivsed sõnumid, mis neid ootusi mõjutavad, võivad avaldada mõju tervise sümptomite raporteerimisele³⁸.

Üks värskemaid ja teadaolevalt seni kõige põhjalikum madalsagedusliku heli, sh infraheli, uuring tuulikutega seonduvalt viidi läbi Soomes ja see avaldati inglise keeles 2020 aastal³⁹. Uuring oli tellitud Soome riigi poolt ning selle viis läbi Soome Tehniliste Uuringute Keskus⁴⁰. Uuring kombineeris pikaajalisi (308 päeva) heli mõõtmisi tuuleparkides, samuti kuulmisteste ja küsimustikke tuuleparkide lähialadel elanike hulgas. Eesmärgiks oli selgitada tuulikute tekitatavate 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 tuulikute 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 nõ linnalikuks st suureneb madalsagedusliku heli, sh infraheli, osatähtsus sagedusjaotuses. Esinev helispekter muutub väga sarnaseks linnatingimustes esinevaga.

³⁴ 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>

³⁵ 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.

³⁶ Maijala, PP, Kurki, I, Vainio, L, Pakarinen, S, Kuuramo, C, Lukander, K, Virkkala, J, Tiippa, 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>

³⁷ Krahé, D, Alaimo Di Loro, A, Müller, U, Elmenhorst, E, De Gioannis, R, Schmitt, S, Belke, C, Benz, S, Großarth, S, Schreckenber, D, Eulitz, C, Wiercinski, B & Möhler, U 2020. *Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen* <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/laermwirkungen-von-infraschallimmissionen>

³⁸ 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>

³⁹ Maijala, P., Turunen, A., Kurki, I., Vainio, L., Pakarinen, S., Kaukinen, C., Lukander, K., Tiittanen, P., Yli-Tuomi, T., Taimisto, P., Lanki, T., Tiippa, 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.

⁴⁰ 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.

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 liikluse müra. 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 testiti⁴¹.

Teaduslikke teooriaid, miks siiski osad inimesed tunnevad ennast tuulikute lähialal halvasti ja seostavad seda tuulikute tekitatava infraheliga on mitmeid. Üks pakutud selgitusi on, et infraheli kokkupuutumisel hoonetega, võib see tekitada sekundaarseid struktuurivibratsioone, mida hoone elanikud võivad tajuda. Enamik inimesi ei ole tuulikute infraheli poolt mõjutatud, kuid mõnel inimesel võib esineda sellele foobne reaktsioon⁴².

1.6 Koosmõju teiste müraallikatega

Väike-Maarja valla välisõhu mürakaardi⁴³ alusel kavandatava tuulepargi ala lähialal olulised tööstus- ja liikluse müra allikad puuduvad. Üldplaneeringuga määratud võimalikud teised tuulealad jäävad kaugemale kui 5 km, seega kaugust arvestades olulist müra koosmõju ei ole oodata (see ei tähenda, et teatud meteoroloogilistes tingimustes ei esineks mingit koosmõju, vaid et seoses suure vahemaaga ei ole oodata koosmõju tõttu müra normtasemetega vastavuse ületamist). Kuna teiste tuulealade planeeringute koostamine on ajaliselt tagapool kui TU6 planeering, siis koosmõju hindamiseks nendega ei ole piisavalt infot. Asjakohaselt juhu tuleb müra koosmõju hinnata vastavate planeeringute ja nende KSHde koostamisel.

1.7 Keskkonnameetmed

- Kuna tuulikute tekitatav heli võib teatud tingimustel kostuda kaugemale ning olla häiriv, siis tuleb tuulikute valikult eelistada madalama müratasemega mudeleid, mis kasutavad tehnilisi müra vähendamise meetmeid (nt labade hammastatud servad vms). Kasutada uusi töökorras tuulikuid.
- Tuulepargi omanik peab tagama, et elamute õuealadel ei ületaks tuulikute müratase tööstusmüra öist sihtväärtust. Sihtväärtuse ületamine on lubatud ainult elamu omaniku nõusoleku olemasolul. Tööstusmüra piirväärtuse ületamine ei ole lubatud. Tagamaks kõigil elamualadel õuealadel öise müra sihtväärtuse täitmine tuleb kasutada tuulikuid mille helivõimsustase $L_w < 104$ dB. Võimalik on projekteerimisel leida ka alternatiivseid tuulikute

⁴¹ 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., Whitfield, 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>

⁴² Flemmer, F., y Flemmer, R. 2023. Wind turbine infrasound: Phenomenology and effect on people, *Sustainable Cities and Society*, Volume 89, 2023, 104308, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104308>

⁴³ <https://v-maarja.ee/murakaart>

töörežiimide kombinatsioone, mis tagavad elamualadel tööstusmüra öise sihtväärtuse täitmise.

- Tuulikute paigaldamisel, sh nende omavahelise vahekauguse valikul, tuleb jälgida tuuliku tootja poolseid tehnilisi nõudeid. Tuuliku tootjad tagavad tuuliku tehnilises dokumentatsioonis esitatud müraemissioonid juhul kui tuulikud on paigaldatud ja hooldatud nõuetekohaselt. Tuulikute paigutamisel teineteisele lähemale, kui on tehniliselt soovitatav, võivad müraemissioonid osutuda suuremaks kui tagatud müratase.
- Ehitusloa taotlusel tuleb esitada kasutada soovitava tuuliku maksimaalse mürataseme andmed ja sellele vastav mürataseme modelleering (lähtudes vastaval ajahetkel kehtivatest tuulikute müra leviku hindamise soovitustest), mille alusel omavalitsusel on võimalik veenduda vastava tuulikumudeli kasutamisel müra normtasemete täitmises müratundlikutel aladel. Juhul kui ehituse käigus muudetakse tuulikumudelit tuleb vastavad andmed esitada ka tuulepargi kasutusloa taotlusel.
- 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” ja sotsiaalministri 12.11.2025 määruses nr 61 „Nõuded müra, sealhulgas ultra- ja infraheli ohutusele elamutes ja ühiskasutusega hoonetes ning helirõhutaseme mõõtmise meetodid ” sätestatud müra normtasemeid. Mürarikkaid ehitustöid vältida öisel perioodil.
- Alajaama ja salvestusjaama müraallikate arvu ja helivõimsustaseme osas esineb KSH läbiviimisel müra hindamiseks ebapiisav info. Seadmete täpsema mudeli ja helivõimsustaseme selgumisel tuleb selle ehitusloa taotlusel esitada mürahinnang. Mürahinnangus arvestada ka müra koosmõjuga teiste allikatega (tuulikud). Ehitusloa taotlusel tuleb näidata mürahinnanguga elamualadel müra normtasemete tagamine, sh vajadusel müra tõkestavate meetmete rakendamine. Planeeringus jätta alajaama/salvestusjaama kruntidele õigus rajada müratõkkeid (vall või sein).

Järeleire:

- mürahinnangu kohaselt on oodata tuulepargist põhjustatud kõrgeimat mürataset järgmiste maaüksuste elamualadel: Killi, Põllupiiri, Hussari/2, Peebu, Hussari/1, Aarepi, Tisleri. Tuulepargi valmimise järel (6 kuu jooksul) tuleb teostada antud elamute õuealadel müratasemete kontrollmõõtmised ja hinnata vastavust tööstusmüra piirväärtusele või müra taluvusservituudiga määratud väärtusele. Mõõtmised tuleb teostada asjakohase EVS-EN ISO standardi kohaselt ja akrediteeritud mõõtja poolt. Mõõtetulemused tuleb esitada kohalikule omavalitsusele.

Juhul kui osutub, et elamualadel ületatakse tuulepargi tõttu müra sihtväärtusi, siis tuleb tuulepargi omanikul välja töötada meetmed tuulepargi müra vähendamiseks (nt tuulikute piiramine öisel perioodil vaiksemasse töörežiimi).

- mürahinnangu kohaselt võivad Killi, Põllupiiri, Hussari/2, Peebu, Hussari/1, Aarepi, Tisleri elamute puhul tekkida madalsagedusliku müra normtasemetele kõige lähedasemad väärtused siseruumides sagedustel 50 ja 63 Hz. Tuulepargi valmimise järel (6 kuu jooksul) tuleb teostada madalsagedusliku müra mõõtmised nimetatud maaüksuste eluhoonete siseruumides. Madalsagedusliku müra mõõtmine toimub vastavuses standardiga EVS-EN ISO 16032:202453 või samaväärsel dokumendiga.

Juhul kui osutub, et elamu heliisolatsioon ei ole piisav tagamaks madalsagedusliku müra normtasemete vastavust siseruumides, siis tuleb heliisolatsiooni parandada (tegu on tuulepargi omaniku kohustusega, mille elluviimiseks tuleb teha koostööd elamu omanikuga). Tagatud peavad olema madalsagedusliku müra normtasemed siseruumides kogu madalsagedusliku müra sageduskõvera ulatuses.

2 Varjutus

2.1 Hindamise metoodika

Varjutuse (tuulikulabade liikuv varju langemine selle suhtes tundlikele aladele) hindamisel lähtuti Kliimaministeeriumi koostatud juhendmaterjalis esitatud metoodikast⁴⁴.

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 pinnatötlusmeetodeid.

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 kestvusaeg suurim (päev on pikem).

Arvestades meie laiuskraadil esinevat päikese liikumist taevavõlvil, siis ei tekita tuulikud (ega muud objektid) kunagi varju tuuliku tornist lõuna suunas. Varjutus esineb kõige kaugemale ulatuvalt lääne- ja idakaartes. Kõige suurem on varjutuse summaarne kestvus tuuliku vahetus läheduses tornist loode, põhja ja kirde suunas.

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

Realse varjutuse kestvuse 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 tuulikute. 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 kestvusest. Samuti on võimalik varjutuse häirivust vältida näiteks tuulikute tööd teatud aegadeks peatades (juhtudel kus esineb päike, tuul ja häiriv varjutus elamuala suhtes).

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

Modelleerimiseks kasutati spetsiaaltarkvara WindPRO versiooni 4.2. Varjutuse mõjuala ja varjutuse intensiivsus on modelleeritud WindPRO tarkvaraga kasutades moodulit SHADOW.

Modelleeriti varjutust antud planeeringu puhul suurima lubatud 200 m diameetriga tiiviku ja 200 m mastiga (tipu kõrgusega 300 m) ning alternatiivselt ka realselt tootmises oleva ühe suurima tuulikuga (diameeter 175 m, masti kõrgus 179 m ja tipukõrgus 266 m). Varjutuse osas esineb seos, et mida kõrgem on tuulik, seda kaugemale vari võib ulatuda.

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 reaalingimustest lähtuva olukorra arvutused;
- Kui reaalingimustest 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.
- Reaalingimustest lähtuv olukord: piirkonna reaalsed meteoroloogilised tingimused (päikesepaiste kestus, tuule suund). Eesti puhul on võimalik eelnevalt kasutada Riikliku Ilmateenistuse pikaajalisi meteoroloogilisi andmeid päikesepaiste kestuse ja piirkonnas domineerivate tuulte jaotuse kohta. Täpsemalt tuleb kasutada lähima võimaliku ilmajaama/meteoroloogiajaama andmeid. Arvesse võetakse objekte (hooned, puud jms), mis takistavad päikesevalguse levikut.
- Arvesse ei võeta olukorda, kus päikese kõrgus on alla 3° .

Mõjupunktid ja nende määramine:

- Mõjupunktidenä 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 x 15 m suurusel alal, mille keskpunkt paikneb eelmises punktis nimetatud hoonel.
 - Arvutuskõrgus on 1,5 m (inimese tavapärane vaatekõrgus).
- Reaalingimustest lähtuv olukord:
 - Mõju hinnatakse vaid hoonetele, mille puhul on ületatud halvima võimaliku olukorra normtasemed.

- Mõjupunktide määramisel lähtutakse eelmise punktis (halvim võimalik olukord) välja toodud põhimõtetest.

Varjutamise kestuse ja ulatuse hindamisel kasutati paljude aastate keskmisi meteoroloogilisi andmeid päikesepaiste kestvuse osas⁴⁵ 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 tuulikute.

Modelleerimises kasutati Maa- ja Ruumiameti maapinna kõrgusmudeli andmeid (25 m täpsusega andmevõrgustik). Varjutuskaardi vaatekõrguseks määrati 1,5 m, mis on inimese tavapärase vaatekõrgus.

Reaalset summaarset varjutamise (nn *real case*) modelleerimise juures kasutati lähima päikesepaiste kestust mõõtvat ilmajaama ehk Triikoja ilmajaama andmeid. Varjutamise kestuse ja ulatuse hindamisel kasutati pikaajalisi keskmisi meteoroloogilisi andmeid päikesepaiste kestvuse osas

(Tabel 8) ja piirkonnas domineerivate tuulte jaotust Väike-Maarja ilmajaama andmetel (Tabel 9). Kui ilmastikuolud erinevad oluliselt statistilistest andmetest, erineb ka varjutuse hulk.

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

Kuu	Keskmine päikepaiste kestvus ööpäevas, ha
Jaauar	1,06
Veebruar	2,25
Märts	4,52
Aprill	6,37
Mai	8,58
Juuni	8,43
Juuli	8,9
August	7,52
September	5,07
Oktoober	2,55
November	1
Detsember	0,68

Tabel 9. Tuuliku arvestuslik tööaeg aastas ilmakaarte kaupa. Eeldatud on, et tuulikud töötavad kuni 90% ajast. Lähtutud on Valga meteoroloogiajaama tuuleroosi andmetest.

Tuule suund	Tööaeg (tundi aastas)
N	917
NE	917
E	367
SE	733
S	1100
SW	1833
W	917
NW	1100

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

2.2 Varjutuse esinemine ja mõju

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

Varjutuse pikaajalisel esinemisel on täheldatud eeskätt siseruumides viibivale inimesele häirivat toimet. Järjestikuse üle 30 minuti kestva valguse vilkumise tõttu on täheldatud inimesel stressi ja keskendumisvõime halvenemist⁴⁶.

Eestis puuduvad varjutuse esinemisele kehtestatud normid õigusaktides. Varjutuse puhul lähtutakse olulise mõju künnisena Kliimaministeeriumi 2025. a koostatud juhendis⁴⁷ esitatud soovituslikest väärtustest, mille kohaselt juhul kui reaalingimustest 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 epilepsiahoogu. Epilepsia all kannatab kuni 0,03% inimkonnast (kuni 3 inimest 10 000dest). Kuni 5% epilepsia all kannatavatest inimesi on sealjuures valgustundlikud. See tähendab, et nende puhul võib epilepsiahooge esile kutsuda valguse intensiivsuse muutumine sagedustel üle 2,5 Hz (kõige enim on epilepsiahoogu 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 Tänapäevase 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 RPM 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 modelleerimise tulemused on esitatud Joonis 4. Varjutuse raportid koos varjutuskalendritega elamualade kohta, millel võib esineda häirival tasemel varjutust, on esitatud lisas 1.

Varjutuse hindamisest ilmnes, et väljatöötatud tuulikute arvu ja paiknemise korral on varjutuse häiringutaseme (kliimatingimusi arvestades 8 h/a või 30 min/päevas) ületamist oodata 300 m tipukõrgusega tuulikute korral kokku 23 elamualal (Tabel 10 ja Joonis 4), sealjuures 9-l võib esineda üle 8 h/a varjutust.

266 m tipukõrgusega tuulikute korral võib häiringutaseme ületamist esineda kokku 11 elamualal (Tabel 10 ja Joonis 4), sealjuures 8-l võib esineda üle 8 h/a varjutust.

Tabel 10. Tuulikute poolt põhjustatav elamutele langeva varjutuse kestvus 2 km raadiuses paiknevate elamute juures.

300 m tipukõrgusega tuulikud	266 m tipukõrgusega tuulikud
------------------------------	------------------------------

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.

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.

Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu lahenduse müra, varjutuse ja visuaalse mõju analüüs. Versioon: 13.02.2026

Nimetus	EHR kood	x	y	Varjutuse kestvus max h/päevas	Varjutuse kestvus h/aastas	Varjutuse kestvus max h/päevas	Varjutuse kestvus h/aastas
Aarepi	EE00933590	622821	6557712	01:47	26:05	01:28	19:56
Hussari/1	EE00934096	625057	6559017	02:07	16:19	01:49	12:44
Hussari/2	EE00934101	625093	6559052	02:05	15:31	01:47	12:07
Härma	EE00951139	627774	6558747	00:00	00:00	00:00	00:00
Jänesekap sa	EE01896723	624047	6559903	00:25	01:02	00:00	00:00
Jõepere	EE00853288	626106	6554752	00:00	00:00	00:00	00:00
Kase	EE01685562	621961	6557551	00:32	02:26	00:28	01:52
Kasemäe	EE00864280	626084	6559437	00:33	03:16	00:26	02:11
Kiigeoru	EE00951121	626369	6559759	00:00	00:00	00:00	00:00
Killi	EE00951619	626493	6555649	00:44	10:58	00:34	08:23
Kivimäe	EE00951118	627036	6559229	00:27	01:29	00:00	00:00
Koidu	EE00951633	627435	6555942	00:29	03:52	00:26	02:53
Kotka	EE00951147	627707	6558372	00:26	01:39	00:00	00:00
Kruusamäe	EE00816204	627921	6557929	00:00	00:00	00:00	00:00
Kuslapuu	EE01661076	621932	6557592	00:31	02:18	00:28	01:45
Kändliku	EE00951103	627223	6557331	00:38	11:31	00:33	08:37
Laanepüü	EE00951094	627456	6556854	00:30	12:56	00:27	08:49
Lehise	ME00864943	627663	6558033	00:28	02:27	00:25	01:50
Lepiku	EE01071858	622006	6557801	00:31	02:12	00:27	01:42
Mere	EE00952152	627040	6558344	00:37	03:31	00:33	02:41
Mäe	EE00934148	624206	6559907	00:26	01:06	00:00	00:00

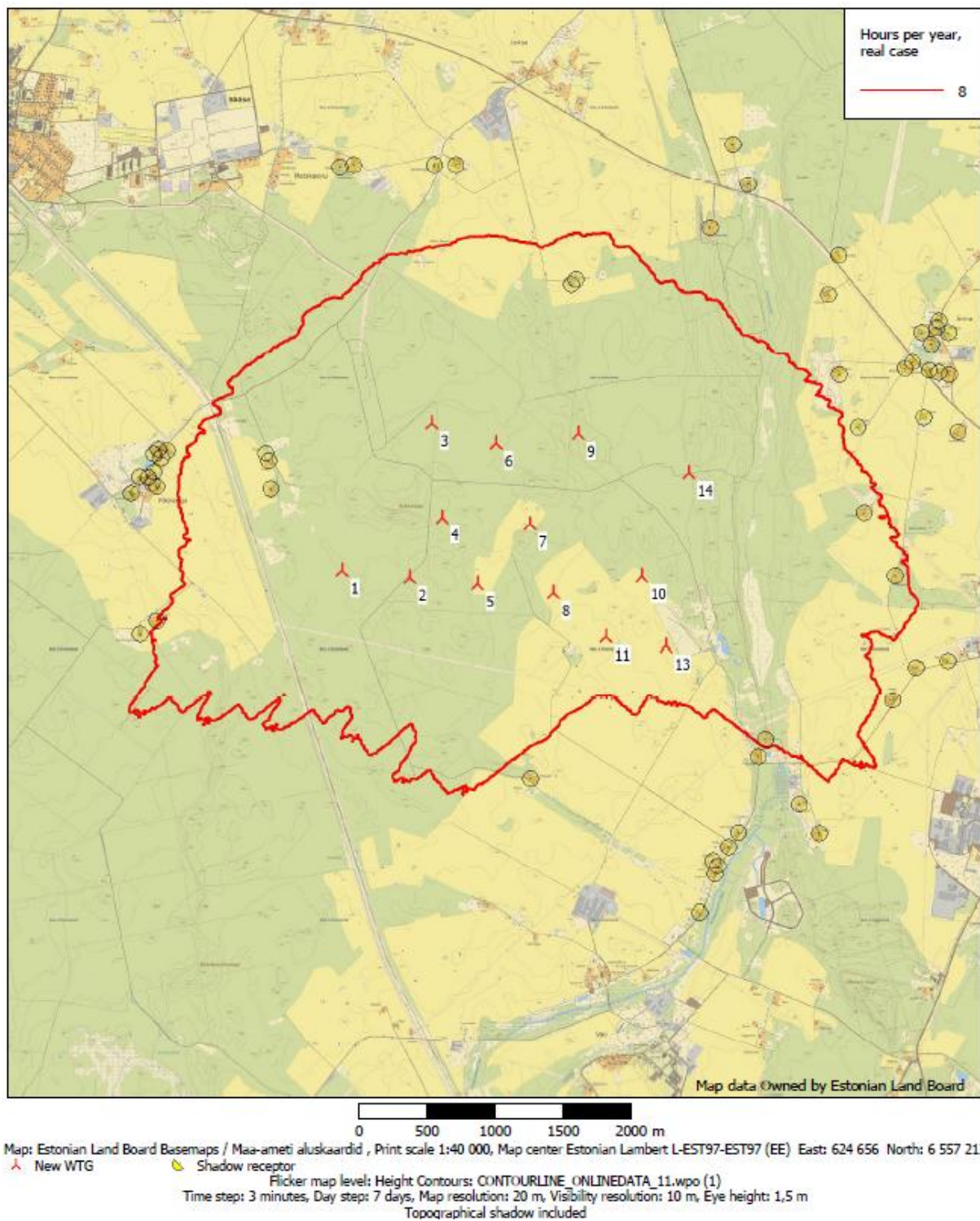
Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu lahenduse müra, varjutuse ja visuaalse mõju analüüs. Versioon: 13.02.2026

Mäeotsa	EE0095150 4	62644 0	655552 2	00:31	04:35	00:26	03:30
Männiaugu	EE0095112 5	62625 3	656005 8	00:00	00:00	00:00	00:00
Männiku	EE0084964 2	62776 0	655869 2	00:00	00:00	00:00	00:00
Mänukse	EE0085211 6	62674 7	655517 2	00:17	01:40	00:16	01:40
Mõisniku	EE0101683 6	62180 7	655747 5	00:30	02:09	00:26	01:38
Niinepuu	EE0095114 1	62784 7	655865 7	00:00	00:00	00:00	00:00
Pae	EE0095163 5	62784 0	655623 6	00:00	00:00	00:00	00:00
Paju	EE0095149 8	62760 9	655618 6	00:27	02:50	00:24	02:06
Papli	EE0085195 7	62764 9	655865 9	00:00	00:00	00:00	00:00
Papli	EE0166048 9	62207 1	655779 1	00:32	02:22	00:29	01:51
Peebu	EE0093364 3	62280 0	655777 2	01:41	23:43	01:21	18:09
Peetri	EE0085681 0	62199 6	655652 5	00:37	08:36	00:31	04:40
Pihlaka	EE0084058 8	62199 5	655752 6	00:33	02:35	00:29	01:59
Pillaku	EE0084317 3	62600 7	655436 8	00:00	00:00	00:00	00:00
Poe	ME016825 39	62197 2	655763 2	00:31	02:20	00:28	1:46
Priidu	EE0095114 6	62785 4	655834 1	00:00	00:00	00:00	00:00
Põllupiiri	EE0081414 7	62475 8	655536 2	00:00	00:00	00:11	00:38
Rahula	EE0095111 6	62696 0	655893 9	00:31	02:00	00:28	01:31
Regle	EE0100414 2	62772 0	655857 3	00:00	00:00	00:00	00:00
Salumardi	EE0093432 0	62345 2	655990 6	00:00	00:00	00:00	00:00
Selja	EE0085219 9	62622 4	655485 5	00:00	00:00	00:00	00:00
Siimu	ME024837 33	62689 0	655495 4	00:00	00:00	00:00	00:00
Sireli	EE0166149 8	62202 6	655773 3	00:32	02:20	00:28	01:47

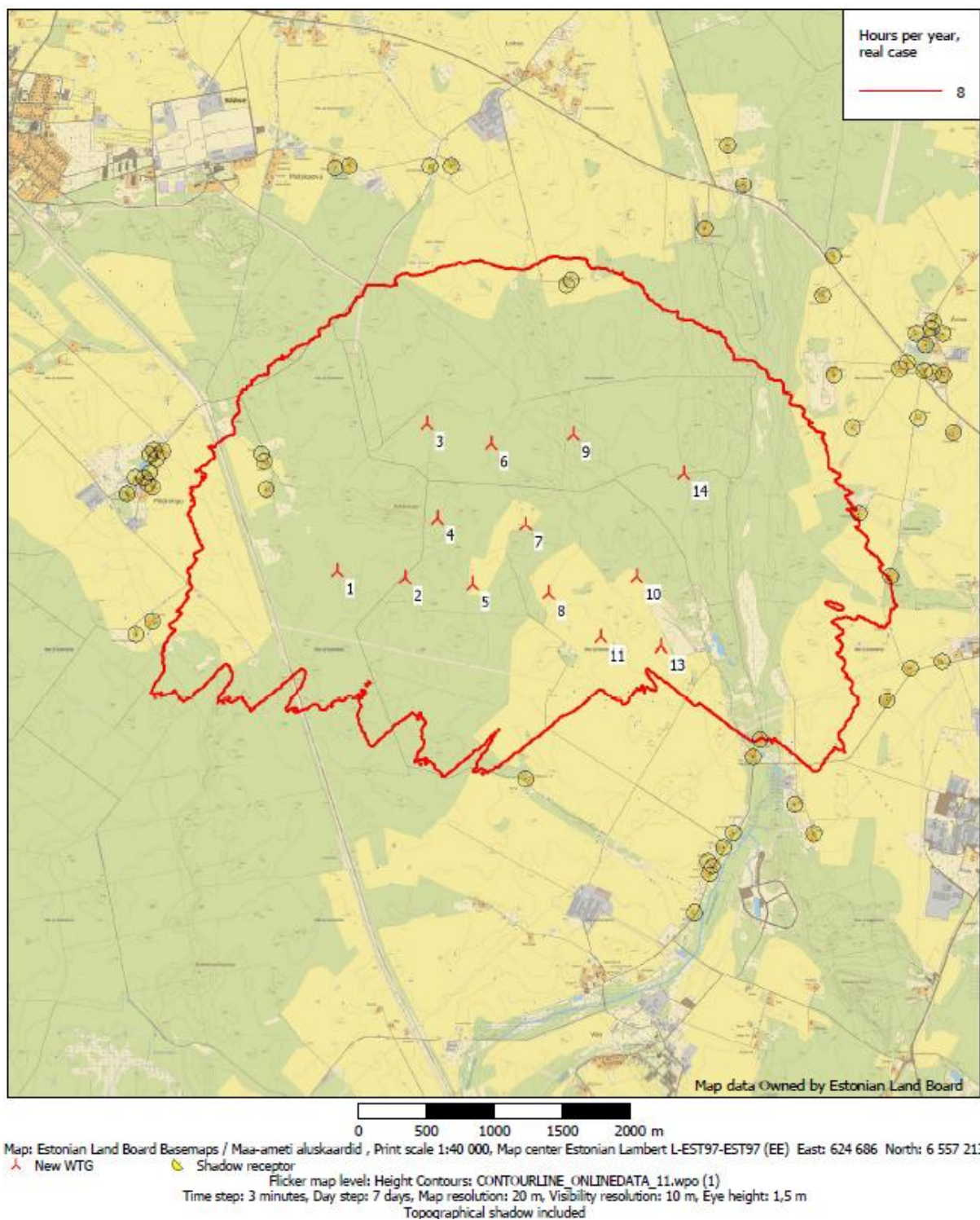
Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu lahenduse müra, varjutuse ja visuaalse mõju analüüs. Versioon: 13.02.2026

Sõnumi	EE0095114 8	62752 6	655838 8	00:28	01:56	00:25	01:25
Tammiste	EE0095176 5	62629 5	655496 2	00:00	00:00	00:00	00:00
Tengo	EE0095219 1	62612 1	655465 1	00:00	00:00	00:00	00:00
Tiigi	EE0105593 4	62197 5	655776 5	00:31	02:09	00:27	01:41
Tiigiäärse	EE0095147 7	62777 5	655835 6	00:00	00:00	00:00	00:00
Tisleri	EE0093370 3	62283 6	655750 9	02:05	34:54	01:50	25:31
Tõntsu	EE0093562 0	62335 0	655989 2	00:00	00:00	00:00	00:00
Uustalu	EE0272367 9	62757 9	655843 2	00:27	01:46	00:24	01:18
Vahtra	EE0100675 0	62186 5	655759 5	00:30	02:06	00:27	01:37
Visparra 2	EE0095219 2	62614 3	655470 9	00:00	00:00	00:00	00:00
Volli	EE0095110 9	62717 8	655796 5	00:38	06:12	00:34	03:34
Von Freienthali	EE0179958 7	62187 2	655642 5	00:32	05:16	00:29	03:56

Vajalikud varjutushäiringu vähendamise meetmed on esitatud ptk 2.3.



Joonis 4. Varjutuskaart (kliimatingimusi arvestav) 300 m tipukõrgusega tuulikute korral.



Joonis 5. Varjutuskaart (kliimatingimusi arvestav) 266 m tipukõrgusega tuulikute korral.

2.3 Keskkonnameetmed

- Häirivat varjutust (st kliimatingimusi arvestavalt üle 8 h varjutust summaarselt aastas või üle 30 minuti päevas) elamualadel tuleb vältida. Häirival tasemel varjutust on lubatud elamualal tekitada ainult varjutustundliku ala omaniku nõusolekul. Varjutuse vältimiseks/vähendamiseks on kaks võimalust:

- Rajada vastavate elamualade häiringu vähendamiseks haljastusest varjutuse tõke – tagamaks aastaringset toimimist tuleb kasutada igihaljaid liike nt kuuske. Tõke (tihe puude riba) tuleks varjutuse tõkestamiseks rajada varjutuse poolt mõjutatava elamuala tuulepargipoolse õueala kaitseks. Kuivõrd meedet tuleks rakendada väljaspool detailplaneeringuala, siis võib selle elluviimine olla keerukas ning nõuab koostööd vastava mõjutatava elamuala valdajaga.
- Kasutada tuulikutel automaatset varjutuse esinemise jälgimissüsteemi, mis võimaldab valgustugevuse andurite ja tuuliku automaatse juhtimissüsteemi koostöös häiriva varjutuse esinemise ajaks tuuliku töö peatada. Piirangute kava välja töötamisel 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.
- Kui reaalselt ilmneb, et kasutada soovitakse väiksemaid tuulikuid kui käesolevas KSH aruandes hinnatud (või jäetakse osad tuulikupositsioonid välja ehitamata), siis on võimalik, et häirivat varjutuse taset elamualadel ei teki ja sellisel juhul eelnevalt toodud meetmete rakendamine ei pruugi olla vajalik.

Järeelseire:

- KSH käigus teostatud varjutuse hinnangust ilmnes, et mitmetel elamualadel võib esineda häirival tasemel varjutust ja vajalik on varjutuse osas meetmete rakendamine. Häirival tasemel esineva varjutuse vältimist teostatakse tavapäraselt tuulikute juhtimissüsteemi abil järgides vajalikku tuulikute töötamisplaani (nn *curtailment plan*). Tuulepargi omanik on kohustatud säilitama tuulikute juhtimissüsteemi andmeid, mis võimaldavad kontrollida häirival tasemel esineva varjutuse vältimisplaani järgimist. Kaebuse korral on tuulepargi omanik kohustatud andmeid esitama kohalikule omavalitsusele ja kaebuse esitajale.

3 Muud võimalikud mõjud tervisele

Tuulepargi puhul on mõju inimese tervisele seotud eeskätt tuulikute töötamisest tuleneva müra ja varjutuse võimaliku mõjuga, mida on põhjalikult käsitletud ptk 0 ja 0.

Paljudes riikides on osa inimesi, kes elavad tuuleenergia tootmisalade läheduses, teatanud sümptomitest, mida nad seostavad tuulikutega. Nende sümptomite põhjused on endiselt vaieldavad. Hiljutisel uuringul Soomes valiti neli tuuleenergia tootmisala Soomes. Küsimustik saadeti 4847 täiskasvanule neljas kaugustsoonis ($\leq 2,5$ km, $> 2,5-5$ km, $> 5-10$ km, $> 10-20$ km lähimast tuulikust), ja sellele vastas 28% inimestest. Kõige lähemal asuvas tsoonis ($\leq 2,5$ km) teatas 15% vastanutest, et neil esineb sümptomeid, mida nad on intuitiivselt seostanud tuulikute infrahelidega. Kogu uuringupiirkonnas oli sümptomite levimus 5%. Paljud sümptomaatilised vastajad pidasid häirivaks kuultavat tuulikute müra ja seostasid oma sümptomeid ka tuulikute põhjustatud vibratsiooni või elektromagnetväljaga. Kolmandik sümptomaatilistest vastajatest hindas oma sümptomeid raskeks, ning sümptomite ulatus oli väga lai, hõlmates mitmeid elundkondi. Uuringu analüüsis leiti, et sellised tegurid nagu tuulikute lähedus, halvenenud tervislik seisund, tuulikute erinevate aspektide häirivus ja tuulikute tajumine terviseriskina olid seotud infrahelidega seotud sümptomite esinemisega⁴⁹.

Tuulikute võimalikku tervisemõju seostatakse eeskätt nende tekitatava müra mõjuga. Erinevate keskkonnamüra allikatega seotud häiringute uuringutes (nt tavapärase liikluse müra ning tuulikute müra võrdlemisel) on leitud, et tuuliku tajutakse häiringuna suhteliselt madala mürataseme juures (nt vahemikus 30-40 dB)⁵⁰. Tervisemõjude seisukohast laiapõhjalised uuringud tuulikute müra puhul otsest seost krooniliste haigustega ei ole tuvastanud ning peamine mõju võib esineda teatud häiringu näol⁵¹. Erinevalt teistest keskkonnamüra allikatest jäävad tuulikud elamutest üldjuhul tunduvalt kaugemale ning tervist kahjustada võiva müratasemega alale jäävate elamute hulk on väike (erinevalt nt liikluse mürast). Teatud juhtudel võib tuulikute läheduses elavatel inimestel esineda uinumisega seotud raskuseid.

Kuna tuulikute võimaliku tervisemõju teema on aktuaalne paljudes riikides, siis on viimastel aastatel püütud läbi viia erinevaid tervisemõjusid peegeldavaid uuringuid. Soomes läbiviidud ravimite kasutamise uuring näitas, et diabeediravimite, südame-veresoonkonnahaiguste ravimite (sh rütmihäirete ravimid), närvisüsteemi mõjutavate ravimite (sh unerohud, rahustid, antidepressandid, valu- ja peeringlusravimid) ning põletikuvastaste ja reumaravimite kasutamine tuuleparkide läheduses ei olnud suurem kui kontrollaladel samal ajavahemikul, nii enne kui pärast tuuleenergia tootmise algust. Samuti ei lisandunud mainitud retseptiravimite kasutajate hulka rohkem uusi kasutajaid pärast tuuleenergia tootmise alustamist võrreldes ajaga enne tootmise algust⁵².

⁴⁹ Turunen AW jt. 2020. Symptoms intuitively associated with wind turbine infrasound Linkki toiselle sivustolle Avautuu uudessa välilehdessä. Environmental Research 192: 110360.

⁵⁰ 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. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112040>

⁵¹ van Kamp, I.; van den Berg, F. 2021. Health Effects Related to Wind Turbine Sound: An Update. Int. J. Environ. Res. Public Health, <https://doi.org/10.3390/ijerph18179133>

⁵² Turunen A jt. 2022. Reseptilääkkeiden käyttö tuulivoimatuotantoalueiden ympäristössä. Linkki toiselle sivustolle Avautuu uudessa välilehdessä Ympäristö ja terveys -lehti 1/2022.

Kõige suuremamahulisem tuulikute tervisemõju uuring on teadaolevalt läbiviidud Taanis⁵³. Taani üleriigiline uuring põhines pikaajalisel ja laiaulatuslikul Taani elanikkonna terviseandmete analüüsil. Selle alusel:

- Ei leitud tugevaid tõendeid seose kohta tuuleturbiinide suurema mürataseme ja suurenenud riski vahel järgmiste terviseprobleemide puhul: südameatakk, insult, hüpertensioon, diabeet, ebasoodsad sünnitulemused.
- Leiti mõningaid tõendeid seose kohta suurema öise tuuleturbiini müra ja kliinilise depressiooni (antidepressantide retseptide väljaostmine) suurenenud riski vahel. See leid põhines kõrgeima müratasemega rühma (≥ 42 dB LAeq, öisel ajal) ja madalaima müratasemega rühma (< 24 dB LAeq, öisel ajal) võrdlemisel. Sugude kaupa eristamine näitas, et mõju oli meestel tugevam kui naistel.
- Leiti ka seos pikaajalise keskmise öise tuuleturbiini mürataseme (≥ 42 dB LAeq) ja unerohtude väljaostmise vahel 65-aastaste ja vanemate seas.

Tartu Ülikooli teadlaste põhjalik teadusartiklite värske analüüs⁵⁴ näitas, et tuulikute infrahelil pole leitud kahjulikke tervisemõjusid, kuid tuulikute olemasolu, võimalik tekitatav müra, uskumused ja üldised hoiakud võivad inimest mõjutada. Analüüs võtab kokku viimase 15 aasta jooksul tehtud teadusuuringud tuuleparkide tervisemõjude kohta. Kliimaministeeriumi tellimusel valminud ülevaatesse hõlmati 32 kvaliteetset teadusartiklit, sealhulgas pikaajalised põhjuslike seoste uuringud, mis on tehtud aastatel 2010-2025.

⁵³ Poulsen, AH, Raaschou-Nielsen, O, Peña, A, Hahmann, AN, Nordsborg, RB, Ketznel, M, Brandt, J & Sørensen, M, 2018. Short-term nighttime wind turbine noise and cardiovascular events: A nationwide case-crossover study from Denmark. *Environment International*, 114, 160-166.

Poulsen, AH, Raaschou-Nielsen, O, Peña, A, Hahmann, AN, Nordsborg, RB, Ketznel, M, Brandt, J & Sørensen, M, 2018. Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: A nationwide cohort study. *Environment International*, 121 (1), 207-215.

Poulsen, AH, Raaschou-Nielsen, O, Peña, A, Hahmann, AN, Nordsborg, RB, Ketznel, M, Brandt, J & Sørensen, M, 2018. Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes: A nationwide cohort study. *Environmental Research*, 165, 40-45.

Poulsen, AH, Raaschou-Nielsen, O, Peña, A, Hahmann, AN, Nordsborg, RB, Ketznel, M, Brandt, J & Sørensen, M, 2018. Pregnancy exposure to wind turbine noise and adverse birth outcomes: A nationwide cohort study. *Environmental Research*, 167, 770-775.

Poulsen, AH, Raaschou-Nielsen, O, Peña, A, Hahmann, AN, Nordsborg, RB, Ketznel, M, Brandt, J & Sørensen, M, 2019. Long-term exposure to wind turbine noise and risk for myocardial infarction and stroke: A nationwide cohort study. *Environmental Health Perspectives*, 127 (3), 037004.

Poulsen, AH, Raaschou-Nielsen, O, Peña, A, Hahmann, AN, Nordsborg, RB, Ketznel, M, Brandt, J & Sørensen, M, 2019. Impact of long-term exposure to wind turbine noise on redemption of sleep medication and antidepressants: A nationwide cohort study. *Environmental Health Perspectives*, 127 (3), 037005.

⁵⁴ Tartu Ülikool. 2025. ÜLEVAATEUURINGU I ETAPI ARUANNE TUULIKUTE TERVISEMÕJUD: SÜSTEMAATILINE ÜLEVAADE VIIMASEL VIIETEISTKÜMNEL AASTAL EELRETSSEERITAVATES TEADUSAJAKIRJADES AVALDATUD UURINGUTEST. Uuringu pealkiri: Metoodika väljatöötamine tuuleparkide ja teiste energiatootmise tehnoloogiate võimalike tervisemõjudega seotud teadusuuringute tulemuste tõlgendamiseks Eesti tingimustes. Kättesaadav: https://kliimaministeerium.ee/tuulikute-tervisemojud-sustemaatiline-ulevaade-viimasel-viieteistkumnel-aastal?view_instance=0¤t_page=1

3.1 Vibratsioon

3.1.1 Metoodika

Tuulepargi võimaliku vibratsiooni hindamisel lähtuti Kliimaministeeriumi koostatud juhendmaterjalis esitatud metoodikast⁵⁵. Juhendis on leitud, et arvestades, et vibratsiooni levik sõltub muuhulgas asukohas esineva pinnase omadustest ja tuulikute võimsusest, on ettevaatusprintsibiist lähtuvalt soovitatav negatiivsete mõjude (sh kumulatiivsete) vältimiseks tagada, et tuulepargid asuksid vibratsioonitundlikest hoonetest (elamud ja ühiskasutatavad hooned) minimaalselt 500 m kaugusel. Antud vahemaa tagamise korral ei ole vajalik täpsustavate vibratsiooni uuringute läbiviimine. Antud detailplaneeringu puhul on tagatud tuuliku ja vibratsioonitundlike hoonete vahemaa, mis on suurem kui 500 m ja vibratsiooni hindamist seega KSH aruande koostamisel ei teostata.

3.1.2 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“.

Tabel 11. Vibratsiooni piirväärtused päeval (07.00–23.00) ja öisel (23.00–07.00) ajal vastavalt määrusele nr 78.

Hooned ja ruumid	Vibratsiooni toimeaeg	Vibro-kiirenduse α_v piirväärtused, (m/s^2)	Vibro-kiirenduse tasemete $L_{\alpha v}$ piirväärtused, (dB)
Elamute, ühiselamute ja hoolekandeesutuste, koolieelsete lasteasutuste elu-, rühma- ja magamistoad	Päeval	$8,83 \times 10^{-3}$	79
	Öösel	$6,31 \times 10^{-3}$	76
Majutusettevõtete majutusruumid	Päeval	$1,26 \times 10^{-2}$	82
	Öösel	$8,83 \times 10^{-3}$	79
Tervishoiuteenuse osutamise ruumid, v.a haiglapalatid	Ööpäeva-ringselt	$1,26 \times 10^{-2}$	82
Haiglapalatid	Ööpäeva-ringselt	$6,31 \times 10^{-3}$	76
Õppeasutuste ruumid, kus toimub õppetöö	Päeval	$1,26 \times 10^{-2}$	82
Bürood ja haldushooned	Päeval	$2,52 \times 10^{-2}$	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 püsivus (sh pikka aega ja ka ekstreemsetes tingimustes), rajatakse tuulikute vundamendid massiivsed ja sobiva konstruktsiooniga, mis tagab minimaalse vibratsiooni vundamendis ja ümbritsevas pinnases.

⁵⁵ Kliimaministeerium, 2025. Tuuleparkide keskkonnamõju hindamise juhend. Müra, vibratsioon, varjutamine.

Viimaste aastate tuulikute vibratsiooni teadusanalüüsid keskenduvad tehnilisele vibratsioonile tuuliku konstruktsioonides, selgitamaks välja selle automaatse seire võimalusi⁵⁶ või parandamaks tehnilisi lahendusi⁵⁷. 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 on vibratsiooni tasemed allapoole inimese tajuvuslääve.⁵⁸ Ka uuemad uuringud ei ole suutnud tuulikute lähialadel paiknevates elamutes mõõta vibratsioonitasemeid, mis ületaksid inimese tajuvuslääve ega kehtivaid vibratsiooni piirväärtusi⁵⁹. Küll võib tuulikute põhjustatud vibratsioon väga madalal tasemel olla mõõdetav tundlike seismograafidega 10–15 km kaugusele tuulikute⁶⁰.

Arvestades, et antud juhul paiknevad tuulikute kavandatavad positsioonid vähemalt 1 km kaugusel elamualadest, siis ei ole oodata vibratsiooni esinemist tasemel, mis võiks ületada inimese tajuvuslääve või vibratsioonistasemele kehtivaid 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 kaugemal (uuringus käsitleti kaugema alana u 200 m kaugust ala turbiinist) aladel, kuid samas väiksema mullaelustiku osas mõju puudub⁶¹. 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 tuvastatud⁶². Samas nt 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.

⁵⁶ Escaler, X., Mebarki, T. 2018. Full-Scale Wind Turbine Vibration Signature Analysis. Machines.

⁵⁷ Xie, F., Aly, A-M. 2020. Structural control and vibration issues in wind turbines: A review. Engineering Structures Volume 210.

⁵⁸ Meunier, M. 2013. Wind Farm - Long term noise and vibration measurements. The Journal of the Acoustical Society of America 133.

⁵⁹ 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.

⁶⁰ 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.

⁶¹ 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>

⁶² 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.

4 Mõju maastikule, sh visuaalne mõju

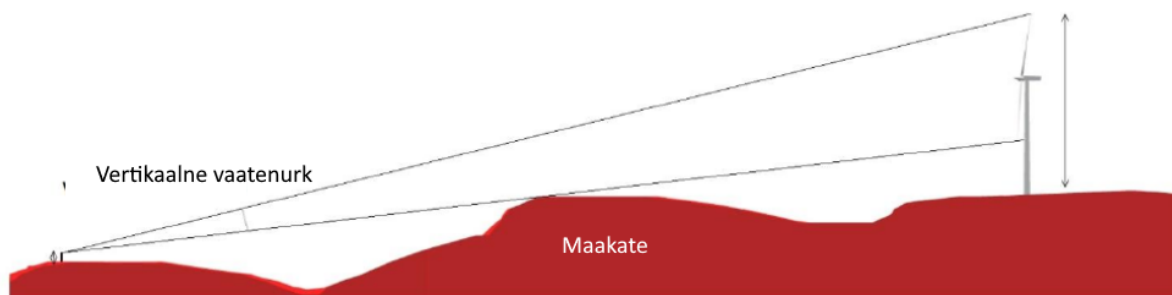
4.1 Hindamise metoodika

Tuulepargi visuaalse mõju hindamisel on arvestatud AB Artes Terrae OÜ 2020. a koostatud juhendmaterjali⁶³ 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.

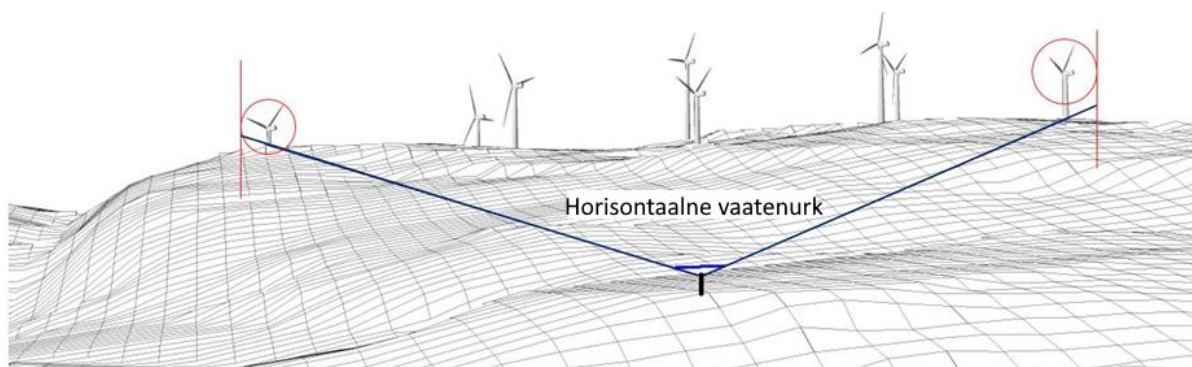
Maakaabliga kavandataval võrguühendusel mõju puudub ning seega seda detailsemalt ei hinnata. Samuti on vähene tuulepargi teede ja alajaamade mõju maastikule ning neid eraldi ei käsitleta.

Tuulepargi nähtavuse hindamiseks kasutati spetsiaaltarkvara WindPRO 4.2. Reljeefi andmestikuna kasutati Maa- ja Ruumiameti maapinna kõrgusmudelit täpsusega 25 m ja taimkatte kõrgusmudeli andmestikku (kevad 2021), mis andmemahu optimeerimiseks töödeldi 10x10 ruudustiku täpsusesse. Sellise lähenemisega on võimalik saada indikatiivne kaart tuulepargi nähtavuse kohta ehk selgitada välja piirkonnad, kust tuulepark võib olla olulisel määral nähtav. Samuti võimaldab tarkvara arvutada välja tuuliku nähtavuse vertikaalse ja horisontaalse vaatenurga, mis võimaldab määrata tuulepargist tingitud vaate muutuse olulisust.

Vertikaalne vaatenurk on nurk, mis moodustub vaatepunktist maakatte ja tuuliku tipu vahele (Joonis 6). Horisontaalne vaatenurk on vaatepunktist avaneva kahe kaugeima tuuliku kõige kaugemate punktide vahel moodustuv nurk (Joonis 7).



Joonis 6. Vertikaalne vaatenurk. Allikas: WindPro user manual.



Joonis 7. Horisontaalne vaatenurk. Allikas: WindPro 4.0 kasutusjuhend.

Nähtavuse ja vaatenurkade modelleerimine teostati 10x10 m ruudustikuna 25x25 km suurusel alal. Nähtavuskaardi vaatekõrguseks määrati 1,5 m, mis on inimese tavapärase vaatekõrgus.

⁶³ AB Artes Terrae OÜ. 2020. Meretuulikuparkide arendamise edendamiseks visuaalse mõju hindamise meetodiliste soovitusete juhendmaterjal. <https://www.fin.ee/media/2706/download>

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)⁶⁴. 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.

4.2 Nähtavusanalüüs

Nähtavusanalüüsist ilmnes, et kuivõrd suured kõrguste vahed piirkonnas puuduvad, siis reljeefist tulenev nähtavuse piiramine on vähene. Samas on tegu metsase alaga ning kõrgtaimestik vähendab oluliselt kavandatava tuulepargi nähtavust.

Nähtavusanalüüs koostati planeeringu maksimaallahendusele (tuulikute tipu kõrgus 300 m, rootori diameeter 200 m). Analüüsi alusel jäävad tuulikud nähtavaks 30,8% analüüsitud alast. Lisaks koostati nähtavusanalüüs 266,5m tipukõrgusega tuulikutele (rootori diameeter 175 m). Analüüsi alusel jäävad madalamad tuulikud nähtavaks 28,8% analüüsitud alast.

10 km raadiuses (ehk kaugusel kus tuulikud võivad olla maastikupildis olulise mõjuga) paiknevate madala taimestikuga alade osas valitseb nähtavuse osas peaaegu täielik kattuvus – tuulikupark on nähtav lagedatelt aladelt nagu näiteks piirkonnas paiknevad põllumajandusmaad. Tuulepargi poolt põhjustatavat 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. Tuulepargi põhjustatav vertikaalse ja horisontaalse vaatenurga mõju olulisus ja mõjutatud ala suurus on esitatud Tabel 12.

Tabel 12. Vertikaalse ja horisontaalse vaatenurga muutuse mõju olulisus.

Vertikaalne vaatenurk	Muutuse olulisus	Mõjutatud ala suurus ha 300 m tipukõrgus	Mõjutatud ala suurus ha 266,5 m tipukõrgus
Üle 25 ⁰	Väga suur	211	184
10-25 ⁰	Suur	467	371
5-10 ⁰	Mõõdukas	1244	1020
3-5 ⁰	Madal	1464	1220
alla 3 ⁰	Väga madal	15162	14396
Horisontaalne vaatenurk	Muutuse olulisus	Mõjutatud ala suurus ha 300 m tipukõrgus	Mõjutatud ala suurus ha 266,5 m tipukõrgus
Üle 124 ⁰	Väga suur	178	172
50-124 ⁰	Suur	854	799
25-50 ⁰	Mõõdukas	2338	2199
10-25 ⁰	Madal	8878	7944
alla 10 ⁰	Väga madal	6965	6846

⁶⁴ 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](https://doi.org/10.1017/S1466046612000464)

Vertikaalse (v) ja horisontaalse (h) vaatenurga muutuse alusel leiti maastikuvaate koondmuutus (v×h) ja anti selle alusel hinnang vaate muutuse olulisusele (Joonis 8 ja Joonis 9).

4.3 Maastiku väärtus ja ehitismälestised

Antud juhul lähtuti väärtuslike maastike ja väärtuslike vaadete käsitlemisel Väike-Maarja valla ja Tapa valla üldplaneeringutest. Väärtuslikud maastikud on maakonna tasandil määratud Lääne-Viru maakonnaplaneeringuga 2030+, kuid nende paiknemist ja kasutustingimusi on üldplaneeringutes täpsustatud. Tuulikute asukoht ei kattu väärtuslike maastikega. Detailplaneeringualale lähimad väärtuslikud maastikud on esitatud Joonis 8 ja Joonis 9 ning need on järgmised:

- Ebavere-Äntu - Loodus- ja põllumajandusmaastik, veekogu, mõis ja mõisapark, ajaloolise või kultuuriloolise tähtsusega paik. Ebavere mägi on Pandivere kõrgustiku kõrguselt kolmas mägi (146 m) ning on tekkelt loode-kagusuunaline järskude nõlvadega piklik oos. Ebavere mägi on looduslik pühapaik – hiis, kus on kombeks täita hiitavasid ja hoida rahu ja puhtust. Teatud vastuolu on hiie kombestiku ja Ebavere mäel korraldatavate võistlustega. Ebavere ala koosseisu jääb Ebavere maastikukaitseala, mille kaitse-eesmärgiks on Ebavere oosi kaitse. Vao tornlinnus ja park on korrastatud. Kilti mõisas asub Kilti Põhikool. Väike-Maarja vald on teinud olulisi investeeringuid mõisahoonesse, sh eksponeeritakse mõisa ka turistidele (Krusensterni tegevuse tutvustamine). KIK rahastuse abiga on korrastatud Kilti mõisa parki. Äntu järvede piirkonnas on välja arendatud matkarajad, järved on puhtad ja selgeveelised.
- Porkuni-Võhmetu-Lemmküla-Assamalla - Loodus- ja põllumajandusmaastik, asustus, veekogu, mõis ja mõisapark. Pandivere kõrgustiku keskosas asub unikaalne metsarikas ooside ja allikatoiteliste järvedega maastik, mis kattub Porkuni maastikukaitsealaga. Porkuni maastikukaitseala kaitse-eesmärgiks on Porkuni-Neeruti oosistu lõunaosa maastikuilme säilitamine, kartsijärvede ja metsakoosluste kaitse ja tutvustamine. Porkuni ümbruse järved on tihedalt seotud karstiga ning Porkuni suur, ehk ülemine järv, on kuulus oma ujuvate saarte poolest. Ala on kujunenud Tamsalu linna ja valla puhketsooniks, kuhu vallavalitsus on koostanud ka detailplaneeringu. Heakord on paranenud, korrastatud on järveäärne park, rajatud parkla ja rajatud puhkajatele liivakallas. Pandivere suurimaid karstijärvesid, Assamalla luht, on rahvusvaheliselt kaitstava väikeluige igakevadine peatuspaik. Asustusstruktuur on säilinud, kaunid vaated avanevad Saksi-Porkuni teelt korrastatud taludele ja haritud põllumaadele.

Väike-Maarja valla ÜP seletuskiri täpsustab, et tuulikute kavandamiselt tuleb väärtuslike maastike ja vaadete osas maastikele koostada visuaalse mõju analüüs, et hinnata nende sobivust maastikku ning selgitada välja tuulikute paigutus, millel on kõige väiksem võimalik mõju maastikule ja vaadetele. Maastikuanalüüs koostatakse vajadusel, et kindlaks teha ümbritsevas maastikus leiduvad väärtused. Tuulikute kavandamiselt tuleb kaaluda visuaalse mõju hindamise vajalikkust. Kuna visuaalse hinnangu vajadus sõltub konkreetsest kavandatavast arendusest ja selle asukohast, on see juhtumipõhine kaalutusotsus.

Tapa valla üldplaneering väljaspool väärtuslike maastike alasid neile kasutustingimusi ei sea.

Detailplaneeringuga väärtuslikele maastikele tuulikuid ei kavandata. Hinnatud maastikuvaate muutuse olulisus jääb lähimatel väärtuslikel maastikel kasutatud hindamiskaalal madalaks või väga madalaks. Arvestada tuleb, et avatud põllumajandusmaastike puhul jääb tuulepark heade

ilmastikutingimuste korral nii Ebavere-Äntu kui ka Porkuni-Võhmetu-Lemmküla-Assamalla väärtuslikult maastikult hästi nähtav.

Lisaks väärtuslikele maastikele määratakse üldplaneeringutes ka **kaunid vaated ja kauni vaatega teelõigud**.

Kauni vaatega teelõigud läbivad esteetiliselt väärtuslikku maastikku ja neilt avanevad ilusad vaated ümbrusele. Üldjuhul ei kuulu nende hulka suuremad, tiheda transiitliiklusega või enamjaolt sirge teetrassiga laiad maanteed.

Kaunid vaated ja kauni vaatega teelõigud on üle võetud Lääne-Viru maakonnaplaneeringu teemaplaneeringust „Asustust ja maakasutust suunavad keskkonnatingimused“. Kauni vaatega teelõikudena on tuulikute 5 km raadiuses käsitletud järgmisi teelõike: Saksi - Piisupi - Porkuni - Aburi teel 11,8km, Ebavere - Kiltsi - Järva-Jaani teel 8,0km.

Kaunid vaated asuvad tuulikute 5 km raadiuses järgmistes kohtades:

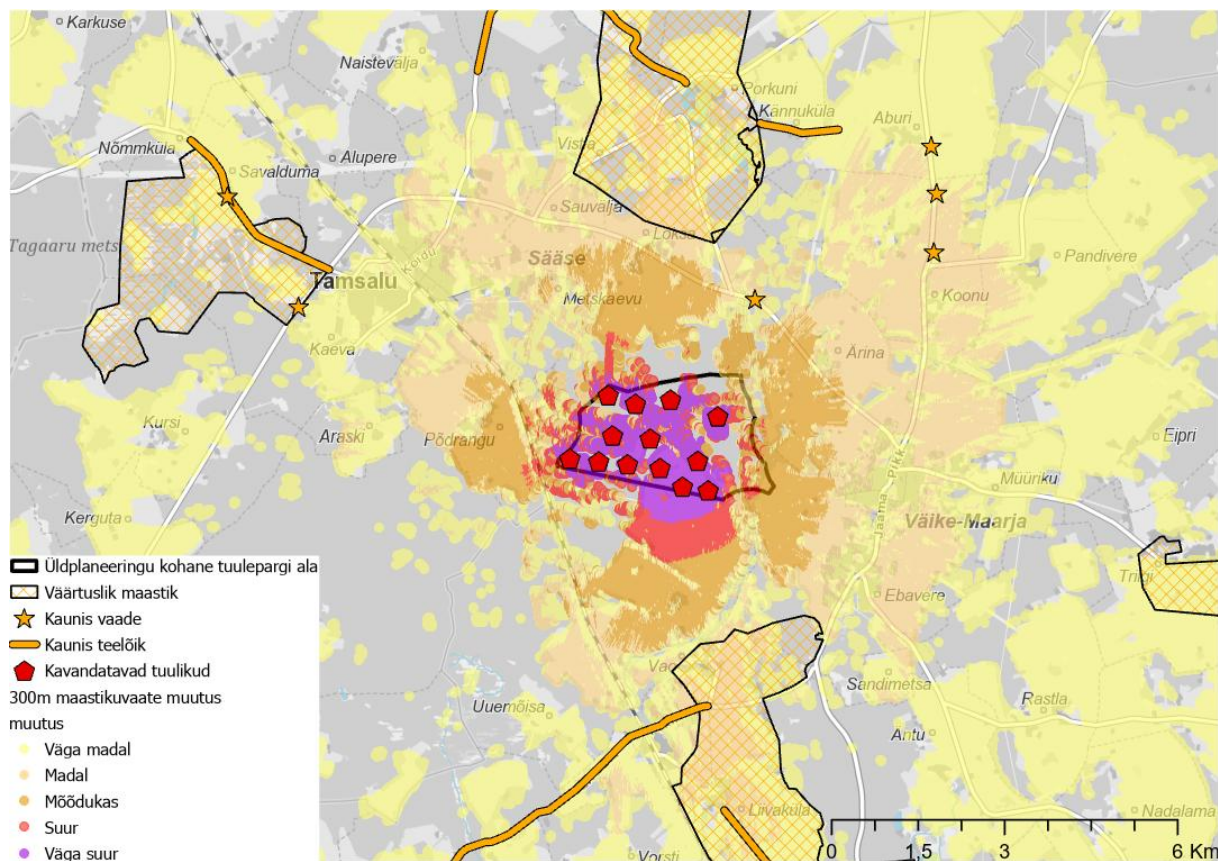
- Uudeküla - Väike-Maarja teel Ärina külas – lähim vaatekoht tuulepargile, kuid üldplaneeringus määratud vaatekohast tuulepargi suunas vaade puudub. Kohapealse vaatluse alusel on väärtuslikuks vaateks tõenäoliselt peetud teel esinevat kõrguste vahet ja sellest tekkivat vaadet orgu. Vaade ei ole tuulepargi suunas ning tegu on metsase kohaga, kus vaate ulatus on piiratud.
- Rakvere - Väike-Maarja - Vägeva teel Koonu ja Aburi külas (3 tk) – tegu on ulatuslikult avatud põllumajandusmaastiku vaadetega. Kõigist nendest vaatepunktidest jääb tuulepark selge ilmaga hästi nähtav. Arvestades antud vaatepunktide ja lähima tuuliku vahelist üle 4 km vahemaad, siis ei ole tuulepark antud vaatekohtade osas domineeriv.

Väike-Maarja valla üldplaneering seab tingimused kaunite vaadete ja kauni vaatega teelõikude säilitamiseks:

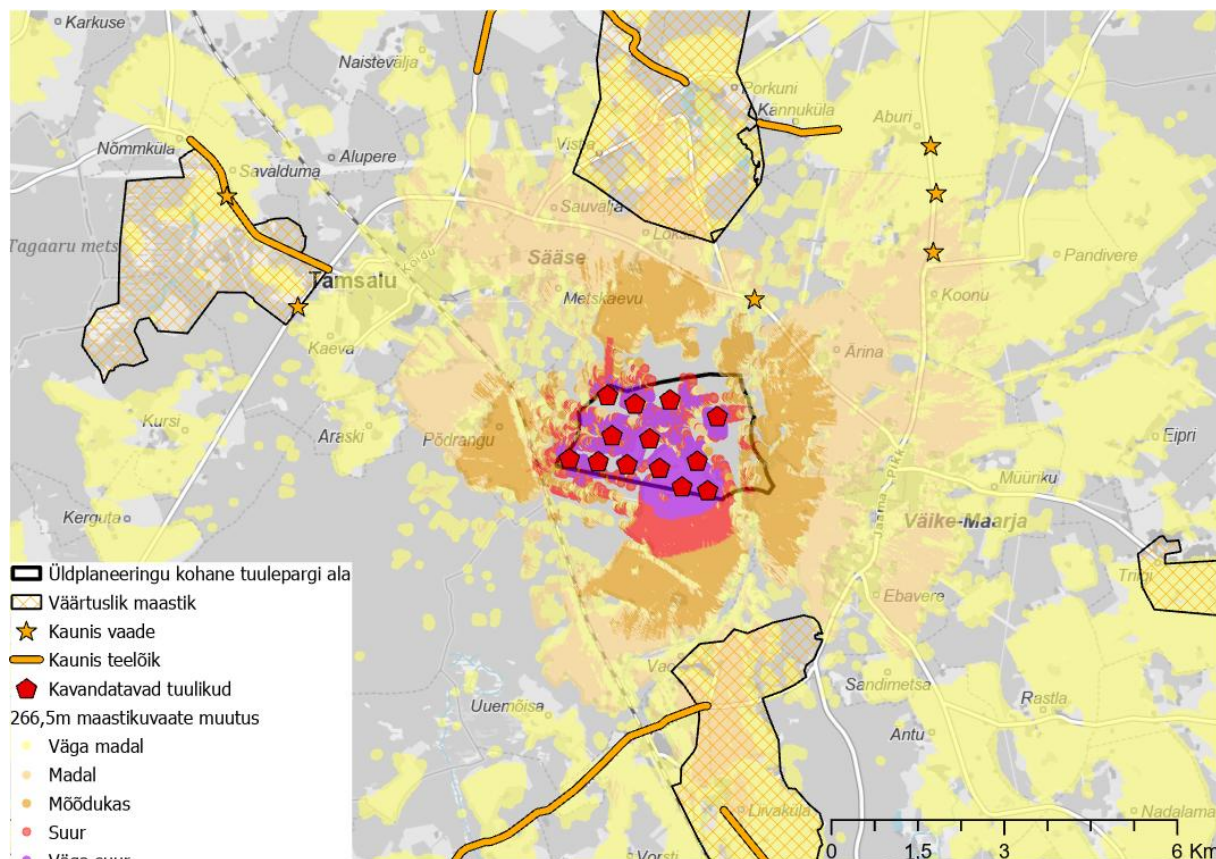
- Säilitada vaadete avatus olulistele maamärkidele ja kauni vaatega kohtadele;
- Uute elektri- ja sideliinide paigutamisel planeerida need maastiku väärtuse säilitamiseks maa alla või varjatud kohtadesse, vältides sealjuures liinisihtide rajamist vaatekoridoridesse. Olemasolevad elektri- ja sideliinid viia võimalusel maastiku väärtuse suurendamiseks maa alla või varjatud kohtadesse;
- Maastikuesteetilistel põhjustel vältida kauni vaatega teelõikude õgvendamist;
- **Mitte rajada vaatekoridoridesse ehitisi, mis oma mõõtmete või välimuse tõttu varjavad või vähendavad vaadete esteetilist kvaliteeti (nt tuulegeneraator, mobiilsidemast, päikesepark, jms maastikul visuaalselt domineeriv objekt).** Detailplaneeringu koostamisel või projekteerimistingimuste väljastamisel koostada visuaalse mõju analüüs ehitise sobivuse ja vaate säilimise tagamiseks.

Ka Tapa valla üldplaneeringus on seatud tingimus, et maastikuvaateid muutvate objektide (nt mobiilside mastid, kõrgepingeliinid jmt) ehitamine väärtuslikele maastikele **ja kaunite vaadete vaatesektorisse on üldjuhul keelatud**. Ehitamine sinna on võimalik ainult kohaliku omavalitsuse kehtestatud detailplaneeringu alusel.

Väike-Maarja valla tuuleala nr 6 detailplaneeringu lahenduse müra, varjutuse ja visuaalse mõju analüüs. Versioon: 13.02.2026



Joonis 8. Väike-Maarja üldplaneeringu kohased väärtuslikud maastikud, kaunid vaated ja kauni vaatega teelõigud ning oodatav maastikuvaate muutuse olulisus nende suhtes 300 m tipukõrgusega tuulikute korral.



Joonis 9. Väike-Maarja üldplaneeringu kohased väärtuslikud maastikud, kaunid vaated ja kauni vaatega teelõigud ning oodatav maastikuvaate muutuse olulisus nende suhtes 266,5 m tipukõrgusega tuulikute korral.

4.4 Fotomontaažid

Nähtavusanalüüsi alusel valiti 20 vaatepunkti – kohad kus avalikkusel on ligipääs ja kust tuulepark võib jääda nähtav või esineb kõrgendatud huvi hinnata selle nähtavust. Visualiseeringud koostati vaadetele tuulepargile eri suundadest ja kaugustel Eelistati kuni 10 km raadiuses paiknevaid vaatekohti, sest kaugemal ei tundu tuulepark inimsilmale enam selgelt eristatav/domineeriv. Kaugemate vaatepunktide kohta on asjakohane koostada fotomontaaže kui tegu on väga olulise vaatepunktiga (nt mõni oluline turismiobjekt) ja esineb ulatuslik nähtavus. Käesoleva KSH raames selliseid olulisi kaugemal paiknevaid vaatepunkte ei tuvastatud.

Visualiseeringud koostati fotomontaaži tehnikas ehk esmalt tehti looduses foto, millele lisati WindPRO tarkvaraga (kasutades moodulit Photomontage) kavandatavad tuulikud. Visualiseeringud tehti kahele kõrgusalternatiivile. Suurima võimaliku tuulikuna kasutati järgmiste parameetritega tuulikut: rootori diameeter 200 m, torni kõrgus 200 m ning kogukõrgus 300 m. Kuna sellist tuulikut WindPro tuulikute andmebaasis ei eksisteeri siis genereeriti visuaal olemasoleva tuuliku alusel seda proportsionaalselt suurendades. Lisaks koostati fotomontaažid tootmises oleva ühe suurima tuulikumudeli kohta, mille rootori diameeter on 175 m, torni kõrgus 179 m ja kogukõrgus 266,5 m (kasutati Nordex N175 mudelit).

Fotomontaažid koostati nõ halvimale olukorrale – tuulikud on suunatud vaatepunkti poole (reaalselt sõltub tiiviku asend tuulesuunast), nähtavus on maksimaalne (reaalselt sageli sombune või udune ilm, mis vähendab nähtavusulatust) ja valgustingimused on nähtavust soosivad. Tuulikud on valkjashalli värvi. Erinevates valgustingimustes paistavad tuulikud inimsilmale maastikus

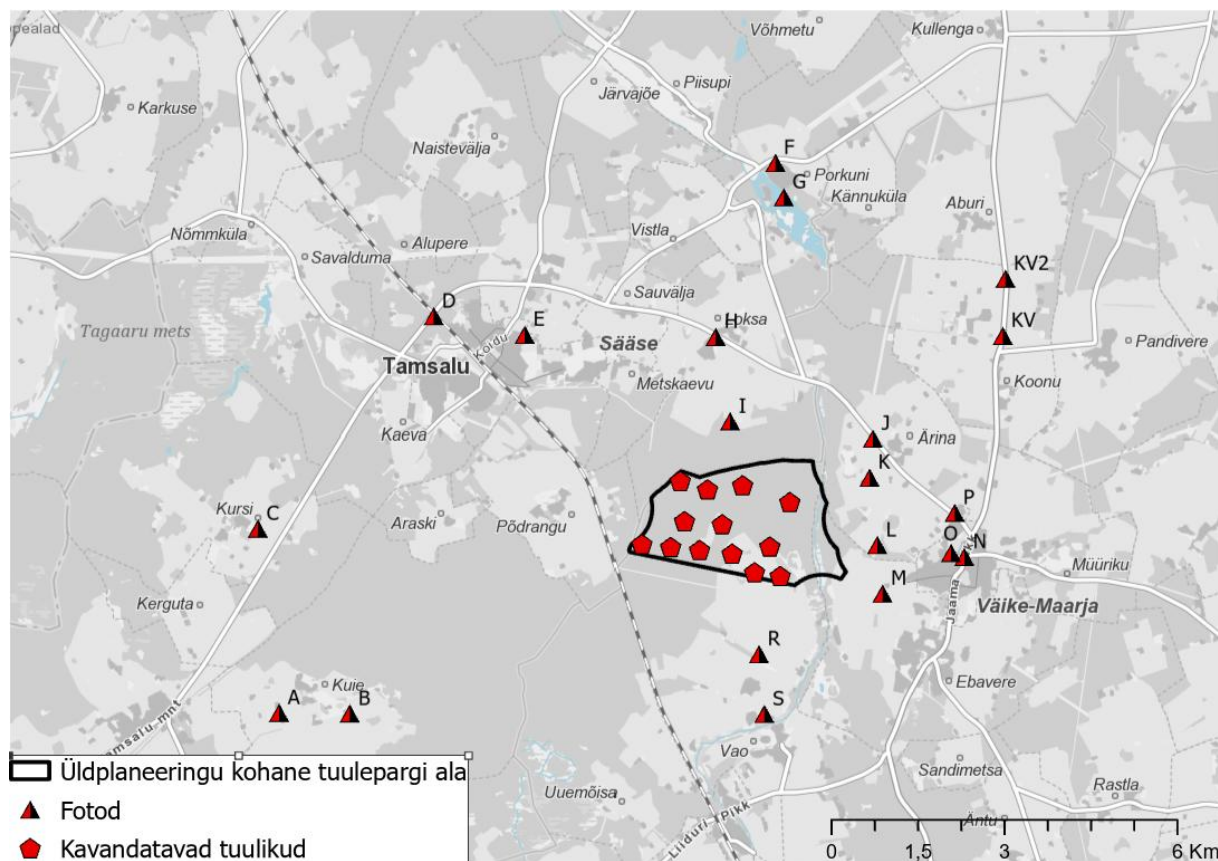
värvigammas valgest mustjashallini (olukorras kus päike on vaateleja suhtes tuuliku taga). Tuuliku tajutav värvus (heledus, toon ja kontrast) muutub tugevalt sõltuvalt päikese asendist vaataja ja tuuliku suhtes. See on valguse peegeldumise ja varjude tulemus. Samuti mõjutab tuuliku kontrastsust ja nähtavust oluliselt ilmastik. Fotomontaažides on tuulikud kujutatud tausta suhtes kontrastselt valgena pigem ülehindamaks nende mõju vaadetele.

Fotomontaažid on koostatud foto vaateväljale 39,6°x27° mis on 50 mm fookuskaugusega fotole vastav vaateväli. Fotode soovitatav vaatekaugus A4 formaadis printituna on u 30 cm.

[Fotomontaažid on leitavad siit.](#)

Tabel 13. Fotomontaažide vaatepunktide paiknemine.

Tähis	Kirjeldus	x	y
A	Kuie (Kuie tuuliku lähedal), lähim tuulik 6921m	617069	6553983
B	Kuie, lähim tuulik 5841 m	618294	6553971
C	Kursi, lähim tuulik 6650m	616702	6557174
D	Tamsalu raudtee, lähim tuulik 5137m	619753	6560859
E	Tamsalu, Saare tn, lähim tuulik 3700 m	621330	6560538
F	Porkuni mõisa tuuleveski, lähim tuulik 5388	625677	6563517
G	Porkuni järv, lähim tuulik 4791 m	625823	6562924
H	Otsa farm, Loksa, lähim tuulik 2579m	624641	6560501
I	Loksa küla, Hussari, lähim tuulik 1138m	624891	6559038
J	Uudeküla - Väike-Maarja tee, Ärina küla, lähim tuulik 1814m	627367	6558736
K	Ärina küla, Volli, lähim tuulik 1445m	627309	6558061
L	Ärina-Mõisamaa tee, Laanepüü, lähim tuulik 1682m	627443	6556893
M	Väike-Maarja - Mõisamaa tee, Koidu, lähim tuulik 1795m	627535	6556050
N	Väike-Maarja keskväljak, lähim tuulik 3163m	628954	6556686
O	Väike-Maarja, Tamme tänav, kiriku juurest, lähim tuulik 2923m	628723	6556755
P	Väike-Maarja väljasõit Uudeküla - Väike-Maarja tee, lähim tuulik 2857m	628786	6557451
R	Vao küla, Veski farmi lähistelt, lähim tuulik 1393m	625392	6555001
S	Vao mõisa tuuleveski vare juurest, lähim tuulik 2395m	625485	6553966
KV	Rakvere - Väike-Maarja - Vägeva tee ÜP kauni vaatega koht (streetview), lähim tuulik 4680m	629621	6560520
KV2	Rakvere - Väike-Maarja - Vägeva tee ÜP kauni vaatega koht (streetview), lähim tuulik 5380m	629667	6561511



Joonis 10. Fotomontaažide vaatepunktid paiknemine.

Lokaalses plaanis on mõju maastikule oluline ja tugev. Lähiala elanike jaoks hakkavad tuulikud olema maastikus domineerivad objektid.

Lennuohutustuled

Lisaks päevasel ajal toimuvale vaadete muutumisele tuleb arvestada, et lennuohutusnõuete tagamiseks peavad kõrgehitised olema varustatud lennuohutustuledega, et tagada nende nähtavus öisel ajal ja halva nähtavuse tingimustes. Tavaliselt on tegu punast värvi tuledega, mis põlevad pidevalt. Lennuohutustuled muudavad vaadet pimedal ajal. Tuled võivad olla nähtavad hea nähtavusega tingimustes 30–40 km kaugusele. Osades riikides on lubatud kasutada reguleeritava intensiivsusega lennuohutustulesid, mille võimsust vähendatakse hea nähtavuse korral.⁶⁵

Olemas on ka lennuohutustulede lahendusi, mille korral tuled põlevad ainult vajaduse korral (õhusõiduki lähenemisel)⁶⁶. Sellised lahendused on asjakohased peamiselt suurte tuuleparkide või väga tundlike maastike korral. Samuti peab lahendus olema lubatud siseriiklikult kehtivate lennuohutuse alaste nõuete alusel.

⁶⁵ Van der Zee H.T.H. 2016. Obstacle Lighting of Onshore Wind Turbines - Balancing aviation safety and environmental impact.

⁶⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=6nqBnGUbVGY>

Võimalik on tulede teatav varjestamine, mis vähendab nende nähtavusulatust maapinnalt⁶⁷. Võimalusel tuleks eelistada varjestatud tulesid, kuid arvestades kavandatava tuulepargi väiksust, siis ei ole oodata, et lennuohutustuled põhjustaksid olulist negatiivset mõju maastikule.

Lennuohutustuled jäävad öisel ajal nähtavaks kõigist kohtadest, kus päevasel ajal on nähtav tuuliku gondel (tiiviku keskkoh). Illustreeriv vaade lennuohutustuledega hämaras paistvale tuulepargile on esitatud Joonis 11. Eestis kasutatavad lennuohutustuled on punast värvi. Kasutatakse nii vilkuvaid kui ühtlasi põlevaid tulesid. Ühtlaselt põlevate tulede puhul tuleb arvestada, et kui liikuv labal jääb tule ja vaataja vahele, siis tundub vaatajale labade pöörlemisest tõttu nagu tuli vilguks.



Joonis 11. Illustratsioon öisest tuulepargi vaatest. Vaatepunkt J - Uudeküla - Väike-Maarja tee, Ärina küla, lähim tuulik 1814m. 300 m tipukõrgusega tuulikud.

Puuduvad tervisemõjusid käsitlevad uuringud, mis näitaksid öiste tuulikute lennuohutustulede mõju inimese tervisele. Samas esineb inimesi, kes peavad tulesid häirivateks ja ärritavateks.

4.5 Võimalikud koosmõjud

Üldplaneeringuga määratud võimalikud teised tuulealad jäävad kaugemale kui 5 km, seega kaugust arvestades olulist visuaalse mõju koosmõju ei ole oodata. Kuna teiste tuulealade planeeringute koostamine on ajaliselt tagapool kui TU6 planeering, siis koosmõju hindamiseks nendega ei ole piisavalt infot. Asjakohaselt juhul tuleb visuaalset koosmõju hinnata vastavate planeeringute ja nende KSHde koostamisel.

⁶⁷ Van der Zee H.T.H. 2016. Obstacle Lighting of Onshore Wind Turbines - Balancing aviation safety and environmental impact. <https://www.nlr.org/wp-content/uploads/2018/02/Obstacle-Lighting-of-Onshore-Wind-Turbines.pdf>

4.6 Keskkonnameetmed

Kuna tuulikud on väga kõrged objektid siis nad omavad ümbritsevale maastikule olulist visuaalset 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 omada kohata pigem visuaalselt häirivamat mõju kui nende hajutatavus vaates.

Elamute õuealal on visuaalset mõju võimalik 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.

Olemasolev istutus, traditsioonilised krunte ääristavad suured puud ja hekid omavad visuaalsete mõjude leevendamisel olulist tähtsust. Näiteks õuealal 50–60 m kaugusel olev 12 m kõrgusest istutusest 1 km kaugusel olev 270 m kõrgune tuulik üle ei paista. Taimestiku poolne tuuliku varjamise efekt on seda suurem mida kõrgem on taimestik ja mida lähemal on see vaatajale (Joonis 12).

Lisaks kaitsehaljastusele on võimalik visuaalset mõju vähendada vähendades tuulikute kõrgust ja arvu. Sellega samas kaasneb tootluse langus ehk sama koguse energia tootmiseks tuleks seega tuulikuid rajada rohkematele aladel. Laiemas vaates on maastikuvaate mõju osas väiksema mõjuga koondada tuulepargid pigem suuremate tuulikute arvudega 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 kui 20 m kõrgune mets paikneb vaatajast vastavalt 500, 250, 100 ja 50m kaugusel.