TARTU ÜLIKOOL

TUULEPARKIDE AKUSTILISE MÕJU UURIMINE: MÕÕTMINE JA MODELLEERIMINE NING REGISTRIPÕHINE EPIDEMIOLOOGILINE TERVISERISKIDE UURING

II etapi 1. vahearuanne

Tuuleparkide modelleerimise tulemused ja küsitlusuuringu ettevalmistus

Rahastanud Euroopa Liit
NextGenerationEU

Eesti
tuleviku heaks

Tartu 2026

Uuringurühma koosseis:

Triin Veber (MSc, MPH), Tartu Ülikool, projektijuht ja ekspert

Ene Indermitte (PhD, MPH), Tartu Ülikool, ekspert

Taavi Tillmann (PhD, MSC, MBChB), Tartu Ülikool, ekspert

Hans Orru (PhD, MPH), Tartu Ülikool, teadusjuht

Töö tellijad: Kliimaministeerium ja Sotsiaalministeerium

Sisukord

Sisukord 3
1. Uuringu sisu 4
2. Küsitlusuuringu metoodika 6
Valim 6
Andmeanalüüs 7
Küsimustik 7
3. Tuulikute heli modelleerimine 9
Kasutatud kirjandus 13

1. Uuringu sisu

Eestis on tuuleenergia osakaal elektritootmises suurenemas, kuid sellega seoses on kohalike elanike seas tekkinud mure tuulikute võimalike tervisemõjude pärast. Peamised küsimused on seotud tuulikute poolt tekitatud müra ja infraheliga. Käesolevale uuringule eelnevalt viidi 2025. aastal läbi uuring „Metoodika väljatöötamine tuuleparkide ja teiste energiatootmise tehnoloogiate võimalike tervisemõjudega seotud teadusuuringute tulemuste tõlgendamiseks Eesti tingimustes“ (Veber et al., 2025). Üks selle uuringu järeldusi oli, et maailmas on vähe kõrgekvaliteetseid epidemioloogilisi uuringuid, mis uurivad tuulikute mõju tervisele ja Eestis pole tuulikute mõju inimese tervisele uuritud.

Käesoleva uuringu eesmärk on hinnata tuulikutest tulenevate akustiliste tegurite (kuuldava heli, madalsagedusliku heli ja infraheli) võimalikke tervisemõjusid ja häiritust, tuginedes Eestis teostatavale registripõhisele ja küsitlusuuringule ning kuuldava heli, madalsagedusliku heli ja infraheli mõõtmistele ja/või modelleerimistele. Uuringu käigus mõõdetakse ja modelleeritakse Eesti tuuleparkide mürataset ja uuritakse selle võimalikku mõju inimeste tervisele.

Uuring on jagatutud neljaks etapiks. Uuringu esimeses etapis koostati uuringu valim, määratledes uuritavad tuulepargid ja uuringusse kaasatud elanikud. Esimeses etapis viidi läbi nii kuuldava heli, madalsagedusliku heli kui infraheli mõõtmised, töötati välja metoodika registripõhise uuringu läbi viimiseks ja taotleti eetikakomitee luba andmete kogumiseks.

Registripõhises uuringus kasutame BIG HEART andmestikku, mis hõlmab kõigi 2012. aastal Eestis elanud 36-aastaste ja vanemate isikute sotsiaal-demograafilisi ja terviseandmeid järgnevatest registritest: Tervisekassa retseptikeskus, Tervisekassa ravikindlustus, Rahvastikuregister, Tööturegister, Sotsiaalkaitse infosüsteem, Kinnistusraamat ja Äriregister. Andmebaasis on kokku 770 323 uuritavat. Andmestikku on koondatud teave tervishoiuasutuste külastuste, diagnooside, ravimikasutuse, töötuse episoodide, sotsiaaltoetuste, hariduse ja varalise seisu kohta. Sellises valimis on kaasatud uuritavad, kes elavad tuulikutele lähemal ja on rohkem kokkupuutes tuulikute mõjudega ning ka võrdlusrühmas sellised elanikud, kes elavad kaugemal ja on seetõttu vähem kokkupuutes või pole üldse kokkupuutes tuulikute mõjudega.

Uuringu teise etapi esimeses osas modelleeriti tuuleparkide tekitatud heli (s.h madalsagedusliku heli) levik uuringusse kaasatud tuuleparkide läheduses võttes arvesse erinevaid keskkonna-

tingimusi. Hiljem seostatakse modelleeritud heli väärtused uuritavate koduste aadressidega ja terviseandmetega (uuringusse on kaasatud nii inimesed kellel esineb, kui inimesed kellel ei esine terviseprobleeme).

Modelleeritud väärtuste puhul on tegemist tuulikute müraga kokkupuute indikaatortasemetega, tegemist ei ole elukoha mõõdetud müratasemetega. Uuringus kasutatud müra modelleerimine on koostatud käesoleva epidemioloogilise uuringu vajadusteks ning selle eesmärk ei ole olemasolevate tuuleparkide vastavuse hindamine müra normtasemetele.

Saadud andmete põhjal viiakse läbi statistiline analüüs uurimaks, kas leidub seoseid haigestumise/ravimite kasutamise/eneseraporteeritud sümptomite ja tuuleparkide akustiliste mõjude vahel.

Uuringu teises etapis töötasime välja metoodika küsitlusuuringu läbi viimiseks ja taotlesime sellele kooskõlastuse Teaduseetika komiteelt. Küsitlusuuringus küsitletakse tuuleparkide läheduses elavaid inimesi, et hinnata eneseraporteeritud tervisenäitajaid, häiritust, tajutud mürataset ja riskitunnetust. Küsitluse tulemuste põhjal viiakse läbi juht-kontrolluuring, kus võrreldakse omavahel sümptomitega ja sümptomiteta inimeste akustilist keskkonda ja tehakse kindlaks, kas eneseraporteeritud sümptomite tekkimist võisid mõjutada tuulikud. Lisaks koostatakse statistiline mudel, mis eristab tuulikute heli otsest mõju tervisele häiritusest ja tajutud riskitunnetusest põhjustatud mõjust tervisele.

2. Küsitlusuuringu metoodika

Registripõhine uuring võimaldab läbi viia suure valimiga pikaajalise jälgimisuuringu (kuni 13 aastat), kuhu kaasatakse kõik uurimisaladel elavad/elanud inimesed. Samuti on registripõhise uuringu eeliseks objektiivne terviseinfo, mis tuleb meditsiinilistest andmebaasidest. Registripõhine uuring aga ei võimalda välja selgitada kuivõrd inimesed on tuuleparkidest häiritud ning kuivõrd suhtumine tuulikutesse ning mure tervise pärast võib mõjutada sümptomite ja haigestumise esinemist. Küsitlusuuringu abil selgitatakse välja kuidas tuulikute andmed (helitugevus, võimsus, kõrgus) ning uuritava kaugus lähimast tuulikust on seotud eneseraporteeritud tervisenäitajate ja häiritusega.

Valim

Küsitlusuuringusse kutsume 25- kuni 85-aastased elanikud, kes elavad uuringualadel, mis on defineeritud uuringu esimese etapi aruandes. Kutse uuringus osalemiseks edastatakse e-maili ja/või telefoni teel. Uuritavate kontaktandmete saamiseks esitatakse päring Rahvastikuregistrile. Küsitlust palgatakse läbi viima uuringufirma. Valimi moodustavad uuritavad, kes nõustuvad küsimustikule vastama. Plaanime kaasata vähemalt 2250 uuritavat, et tagada piisav uuringu statistiline võimsus. Selleks, et välja selgitada minimaalne vajalik uuritavate arv, viisime läbi valimi võimsuse hindamise, kasutades UCSF Sample Size kalkulaatorit https://samplesize.net/sample-size-proportions/

Minimaalne kavandatud valim võimaldab siiski tuvastada vaid mõõduka suurusega tervisemõjusid, kuid nõrgemad seosed võivad jääda tuvastamata. Kindlasti anname endast parima, et uuringus osaleks võimalikult palju inimesi, kuid kuna tuulepargid on ehitatud vähe asustatud aladele, et inimesi võimalikult vähe häirida, pole ka suure valimi saamine realistlik. Kõige vähem on uuritavaid Saarde tuulepargi vahetus läheduses. Saarde tuulepargi andmed kaasatakse esmases koondanalüüsis koos teiste uuringualadega, et maksimeerida statistilist võimsust ja hinnata üldisi seoseid tuulikute kokkupuute ja tervisetulemite vahel. Lisaks käsitletakse Saarde tuuleparki eraldi tundlikkusanalüüsis, kus hinnatakse Saarde piirkonna kaasamise/mittekaasamise mõju üldistele tulemustele ja analüüsitakse, kas Saarde tulemused erinevad süstemaatiliselt teistest piirkondadest. Selline lähenemine on vajalik, kuna väikese valimi tõttu võivad hinnangud olla ebastabiilsemad ja piirkonna eripära (nt kõrgem kaebuste tase) võib mõjutada tulemusi. Seega käsitletakse Saarde tuuleparki analüüsis nii koondandmete osana kui ka eraldi tundlikkusanalüüsina. Valitud kahetasandiline käsitlus (koondanalüüs + tundlikkusanalüüs) on põhjendatud, kuna see väldib liigset kaalu andmist väikese valimiga piirkonnale, aga samas ei jäta kõrvale potentsiaalselt olulist informatsiooni.

Andmeanalüüs

Kõigile aadresspunktidele, mis jäävad uuringualale leitakse keskkonnaandmed: modelleeritakse kuuldava ja madalsagedusliku müra ja infraheli näitajad ning arvutatakse kaugus lähimast tuulikust ja suure liikluskoormusega tee esinemine 500 m raadiuses. Samuti lisatakse tuulikute andmed (kõrgus, võimsus jne).

Küsitluse põhjal viiakse läbi juhtkontrolluuring. Uuritavad jagatakse kaheks – need kes raporteerivad tuulikutest põhjustatud tervisesümptomeid ja häiritust (juhud) ja need kes ei raporteeri (kontrollid). Uuritavad seostatakse modelleeritud tuulikute heli ja teiste andmetega ning hinnatakse, kas juhtudel esines varasemalt suurem kokkupuude tuulikute helitasemega või kas nad elavad tuulikutele lähemal kui kontrollid. Samuti hinnatakse, kas teatud tüüpi tuulikute lähedal on rohkem kaebusi. Analüüsides kasutatakse kohandatud logistilist regressiooni.

Küsimustiku analüüsi teises osas viiakse läbi radade uuring (*path-analytic model*). Selles analüüsis hinnatakse, kas subjektiivne tunnetuslik kokkupuude tuulikutest tulenevate akustiliste teguritega ning tunnetatud oht ja häiritus on seotud eneseraporteeritud tervisekaebustega. Statistilisel analüüsil rakendatakse SPSS-AMOS moodulit (radade analüüs põhineb regressioonanalüüsil). Radade analüüs võimaldab välja selgitada, kas tervisesümptomeid või häiritust põhjustab otseselt objektiivselt mõõdetud tuulikute heli tase või pigem tunnetatud saastuse tase ja tunnetatud terviseriski tase. Sarnast analüüsi, küll seoses õhusaastega, on uuringumeeskond eelnevalt teostanud (Orru et al., 2018).

Uuringus arvestatakse ka võimaliku heterogeensusega erinevate tuuleparkide vahel, mis võib tuleneda tuulikute tehnilistest omadustest (nt kõrgus, tüüp), tuulikute heli levikust, piirkondlikest sotsiaalsetest ja keskkonnateguritest, elanike hoiakutest ja riskitunnetusest. Regressioonmudelites kasutatakse tuulepargipõhiseid või piirkonnapõhiseid tunnuseid ning vajadusel kasutatakse stratifitseeritud analüüsi (piirkonniti) ja tundlikkusanalüüse.

Küsimustik

Küsimustik sisaldab 33 küsimust: taustaandmed (sugu, vanus, rahvus jne), keskkonna andmed laiemalt (millised keskkonna-tegurid häirivad, kui suurel määral) ja küsimusi tervise kohta. Küsimustikku on testitud pilootuuringuga, mille tulemusena muudeti sõnastust vastajale arusaadavamaks. Küsitluse täitmine võtab aega 15–25 minutit. Küsimustikus kasutatakse rahvusvahelisi valideeritud skaalasid unehäirete, depressiooni ja ärevushäirete hindamiseks. Küsitlus

tõlgitakse ka vene keelde, sest uuringualadel võib elada vene emakeelega uuritavaid. Ka venekeelne uuring läbib pilootuuringu faasi. Küsitluse tulemuste turvalisuse tagamiseks uuritavate andmeid algul pseudonüümitakse, et küsitluse tulemused hiljem viia kokku tuulikute ja teiste keskkonna andmetega (nt suure liikluskoormusega tee esinemine). Peale andmete ühendamist pseudonüümid kustutatakse, isikute tuvastamist võimaldavad andmed eemaldatakse ja andmeid analüüsitakse ja säilitatakse vaid anonümiseeritud kujul.

3. Tuulikute heli modelleerimine

Modelleerimised teostati seitsmel uurimisalal: 1) Ojaküla, 2) Aseriaru/Viru-Nigula/Aseri, 3) Sopi–Tootsi, 4) Paldiski/Pakri, 5) Virtsu/ Esivere/Tooma, 6) Nasva, 7) Saarde. Modelleerimiste tulemused on esitatud Tartu Ülikoolile.

Uurimisaladel modelleeriti elamute lähedal esinev välisõhu A-kaalutud helirõhutase sagedusvahemikus 20–10 000 Hz ja siseruumide A-kaalutud madalsageduslik (10–160 Hz) helirõhutase. Iga elamu jaoks modelleeriti helitasemete näitajad õhtuse/öise ajavahemiku (kell 22.00–07.00) kohta, mida pidasime kõige asjakohasemaks, kuna inimesed viibivad sel ajal suure tõenäosusega kodus ja selle aja sisse jääb ka uneaeg. Päeval võivad uuritavad suurema tõenäosusega viibida mujal, kus tuulikute heliga kokkupuude on meile teadmata. Neid näitajaid on kasutatud ka varasemates sarnastes uuringutes (Poulsen et al., 2018d, 2018b, 2018a, 2018c, 2019b, 2019a). Modelleeriti igal uuringualal kaks stsenaariumi: 1) Aastakeskmine müratase johtuvalt aastakeskmisest ilmastikust; 2) Halvim müra leviku olukord (juhul kui tuul on tuulepargi poolt ning tuulekiirus on 8 m/s).

Tuulikute helitasemete modelleerimise uuringualadel viis läbi Tartu Ülikooli tellimusel Estonian, Latvian & Lithuanian Environment OÜ (ELLE OÜ) ja SIA Estonian, Latvian & Lithuanian Environment, mis kuuluvad kolme Balti riigi ettevõtteid ühendavasse ELLE Gruppi. ELLE Grupp omab müra modelleerimisel (sh tuulikute modelleerimisel) mitmekümne aasta pikkust kogemust. ELLE Grupp rakendab kvaliteedijuhtimissüsteemi, mis põhineb standardi ISO 9001:2015 nõuetel.

Mudelite sisendandmetena kasutati uuringualade tuuleparkide tehnilisi andmeid, sealhulgas tuulikute tüüpi, paiknemist ja kõrgusparameetreid. Lisaks kasutati modelleerimisel tuulikute helivõimsustasemete andmeid. Helivõimsustasemete andmed olid uuringualade lõikes erineva detailsusastmega ning kõigi tuulikute puhul ei olnud kättesaadavad sagedusribade kaupa esitatud müraemissiooni andmed. Tuulikute tehnilised andmed pärinevad Ehitisregistrist ning tuulikute tootjate tehnilisest dokumentatsioonist. Modelleerimisel eeldati, et kõik hinnatavad tuulikud töötavad samaaegselt modelleerimiseks valitud töörežiimil. Võimalikke müravähendusrežiime modelleerimisel arvesse ei võetud.

Tuulikute kuuldava müra sagedusvahemikus 20–10 000 Hz arvutusliku hindamise läbiviimiseks kasutati tarkvara IMMI 2025-1. Tegemist on Wölfel Engineering GmbH & Co KG (litsentsi number

S001/00757) poolt arendatud modelleerimise ja müra leviku arvutamise tarkvaraga. Helitasemete arvutamisel kasutati rahvusvahelist standardit ISO 9613-2: „Akustika – heli nõrgenemine levimisel välitingimustes – 2. osa: üldine arvutusmeetod". Antud standard on keskkonnamüra direktiivi soovituslik standard tööstusmüra modelleerimiseks riikides, kus pole kohalikku meetodit kehtestatud. Standardi lisa D käsitleb täpsemalt tuulikute müra modelleerimist. Tarkvaramudel võimaldab rahvusvaheliselt tunnustatud metoodikate alusel hinnata tuulikutest lähtuva heli levikut. Tarkvaramudel arvestab peamiste muutujatega, nagu maapinna topograafia, maakasutuse tüübid, olemasolevad rajatised ning atmosfääritingimused, hõlmates ka hooajalisi muutusi aasta jooksul, et tagada väga täpsed ja usaldusväärsed helitasemete leviku arvutused. Kuuldava müra modelleerimiseks valmistati ette kartograafilised alusmaterjalid kasutades selleks ArcGIS tarkvara. Kasutades Maa- ja Ruumiameti kättesaadavaid ruumiandmeid, koguti iga tuulepargi ümber kuni 10 km raadiuses andmed maapinna kõrguse, maakasutuse tüübi ja hoonete paiknemise kohta. Ettevalmistatud andmed imporditi tarkvarasse IMMI ning nende põhjal koostati müra mudeli alus. Aastakeskmise stsenaariumi korral kasutati tuulikute aastakeskmisele töörežiimile vastavaid helivõimsustasemeid ning modelleerimisel arvestati aasta keskmisi meteoroloogilisi tingimusi. Halvima müra leviku olukorra stsenaariumi korral kasutati tuulikute maksimaalsele töörežiimile vastavaid helivõimsustasemeid ning allatuule levikut kirjeldavaid tingimusi.

Aastakeskmise stsenaariumi meteoroloogiliste sisendandmetena kasutati tuule suuna ja tuulekiiruse andmeid rummu kõrgusel. Juhtudel, kus tellija poolt esitatud andmetes tuulesuuna statistika puudus, kasutati pikaajalisi NORA3 andmeid 10 aastase perioodi kohta. NORA3 on kõrge ruumilise lahutusvõimega Põhjamaade atmosfääri analüüsi andmestik, mis sisaldab ajaloolisi meteoroloogilisi andmeid. Kuna Eestis on küllaltki tasane reljeef, siis kasutati modelleerimisel sisendandmetena Maa-ameti kõrgusandeid (1 m eraldussammuga). Modelleerimisel arvestati otseselt müra levikut takistavate objektidega nagu kõrgemad puud ja metsaalad. Samuti on määratud olemasolevad hooned müralevikut takistavateks objektideks. Müra leviku kohta vormistati mürakaardid, kus esitati A-korrigeeritud ekvivalentse helirõhutaseme LpA,eq,T arvsuurused detsibellides 1 dB sammuga. Müra hajumise levikut modelleeriti tuulepargist kõikides suundades kuni 10 km kaugusele. Vastavad GIS failid on esitatud Tartu Ülikoolile.

Tuulikute madalsagedusliku helitaseme (10–160 Hz) arvutuslikuks hindamiseks kasutati tarkvara WindPRO, mis on välja arendatud Taani ettevõtte EMD International A/S poolt (litsentsi number 5178). Täpsemalt kasutati modelleerimiseks tarkvara moodulit „Decibel" ja selle seadistust „Danish

2024 low-frequency noise“, mis rakendab Taani keskkonna- ja soolise võrdõiguslikkuse ministeeriumi 26.08.2024 määruses nr 9954 ning Taani keskkonnakaitseameti juhendis kirjeldatud arvutusmetoodikat. Eestis puudub tuulikute madalsagedusliku müra hindamiseks kehtestatud arvutusmetoodika. Seetõttu viidi modelleerimine läbi Taani keskkonna- ja soolise võrdõiguslikkuse ministeeriumi määruse nr 995 ning Taani Keskkonnakaitseameti juhendi kohaselt. WindPro on üks valdkonnas enim kasutatavaid tööriistu tuuleelektrijaamade keskkonnamõjude hindamiseks. See sisaldab spetsiaalset moodulit madalsagedusliku müra hindamiseks, mis on loodud heli modelleerimiseks sagedusvahemikus 10–160 Hz. Tarkvara on osutunud väga väärtuslikuks helitasemete hindamisel varasemates tuuleparkide projektides.

Madalsagedusliku müra modelleerimine algas kartograafilise alusmaterjali ettevalmistamisega ArcGIS tarkvaras. Lisaks koondati Maa- ja Ruumiameti ruumiandmed maapinna kõrguse ning Eesti topograafia andmekogu (ETAK) ruumiandmed elu- ja ühiskondlike hoonete paiknemise osas. Ettevalmistatud andmed imporditi tarkvarasse WindPRO ning nende põhjal koostati mudeli alus. Modelleerimisel kasutati tuuliku tootja esitatud 1/3 oktaavridade helivõimsustasemeid. Kui tootja ei olnud esitanud sagedusribapõhiseid emissiooniandmeid, kasutati WindPRO tarkvaras generaatori suurusel põhinevat tüüpilist sagedusribajaotust vastavalt Taani mürasoovitusele. Vastavalt Taani metoodikale modelleerib WindPRO müratundlike hoonete enim mõjutatud fassaadidel välisõhu helirõhutasemed ning rakendab seejärel hoonetüübist sõltuvad heliisolatsiooni korrektsioonid, mille tulemusena leitakse siseruumide A-korrigeeritud madalsagedusliku müra tase (LpALF). Seejärel summeeritakse sagedusribade tulemused logaritmiliselt. Madalsagedusliku müra modelleerimisel kasutati kõikide eluhoonete puhul Taani metoodikas määratletud hoonetüüpi „tavaline eluruum“ (ingl *regular dwelling*). Taani metoodikas kasutatakse ka hoone tüüpi „suvila piirkonnad“ (ingl *cottage zones*), kuid see hõlmab üksnes ametlikult määratletud suvilapiirkondades paiknevaid hooneid ja kuna Eestis puudub Taani metoodikale vastav suvilapiirkondade määratlus ning hinnatavad hooned on ETAK andmete alusel klassifitseeritud eluhoonete või ühiskondlike hoonetena, kasutati modelleerimisel kategooriat „tavaline eluruum“. Erinevalt kuuldava müra modelleerimisest ei kasutata Taani madalsagedusliku müra metoodikas asukohapõhiseid meteoroloogilisi andmeid ega tuulesuuna statistikat. Vastavalt metoodikale modelleeriti madalsagedusliku müra tase standardtingimustel: 1) tuule kiirusel 6 m/s; 2) tuule kiirusel 8 m/s. Taani Keskkonnakaitseameti juhendi kohaselt on kasutatud metoodika eeldatav arvutusmääramatus ±2 dB, mis hõlmab mõõtmiste, arvutuste ning keskkonnatingimustest tulenevat varieeruvust. Madalsagedusliku müra

tulemused esitati tuulikutest 10 km raadiuses paiknevate eluhoonete kohta. Tulemused esitati iga elu- või ühiskondliku ruumi kohta Taani metoodika kohaselt arvutatud siseruumide A-korrigeeritud madalsagedusliku müra tasemetena (LpA,LF) tuulekiirustel 6 m/s ja 8 m/s. Tulemused anti üle eraldi Excel failidena Tartu Ülikoolile.

Seni ei ole Tartu Ülikoolil õnnestunud leida modelleerijat, kes oleks valmis antud uuringu jaoks arvutuslikult hindama infraheli tasemeid alla 10 Hz. Tegeleme edasi sobiva modelleerija otsimisega. Kui see osutub võimatuks, saab hinnata väga madala infraheli taset kaudselt, arvestades elamute kaugust tuulikutest. Infraheli tase väheneb tuulikutest kaugenedes (Mattsson et al., 2026).

Kasutatud kirjandus

Mattsson, K., Eriksson, G., Persson, L., Chilo, J., & Tatar, K. (2026). Efficient finite difference modeling of infrasound propagation in realistic 3D domains: Validation with wind turbine measurements. *Applied Acoustics*, *243*, 111156. https://doi.org/10.1016/J.APACOUST.2025.111156

Orru, K., Nordin, S., Harzia, H., & Orru, H. (2018). The role of perceived air pollution and health risk perception in health symptoms and disease: a population-based study combined with modelled levels of PM10. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, *91*(5), 581–589. https://doi.org/10.1007/S00420-018-1303-X

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., Brandt, J., & Sørensen, M. (2018a). Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: A nationwide cohort study. *Environment International*, *121*(Pt 1), 207–215. https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2018.08.054

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., Brandt, J., & Sørensen, M. (2018b). Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes: A nationwide cohort study. *Environmental Research*, *165*, 40–45. https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2018.03.040

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., Brandt, J., & Sørensen, M. (2018c). Pregnancy exposure to wind turbine noise and adverse birth outcomes: a nationwide cohort study. *Environmental Research*, *167*, 770–775. https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2018.09.011

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., Brandt, J., & Sørensen, M. (2018d). Short-term nighttime wind turbine noise and cardiovascular events: A nationwide case-crossover study from Denmark. *Environment International*, *114*, 160–166. https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2018.02.030

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., Brandt, J., & Sørensen, M. (2019a). 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). https://doi.org/10.1289/EHP3909

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., Brandt, J., & Sørensen, M. (2019b). Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and Risk for Myocardial Infarction and Stroke: A Nationwide Cohort Study. *Environmental Health Perspectives*, *127*(3). https://doi.org/10.1289/EHP3340