

Zienswijze van Windwiki op de ‘Notitie Reikwijdte en Detailniveau voor het planMER Windturbinebepalingen Leefomgeving’

Februari 2022

Drs. Erich Taubert, functioneel en reconstructief uroloog
Drs. Ronald Melieste, cardioloog n.p., voorzitter Nederlandse Reanimatie Raad
Drs. Simone Brands, psychiater kind en jeugd
Drs. Sylvia van Manen, huisarts, kaderarts ggz
Prof. Dr. Thomas Maal, hoogleraar 3D in de gezondheidszorg, Radboud UMC

INHOUD PAGINA

INLEIDING & LEESWIJZER 3

ONDERZOEKSVOORSTELLEN
1. WINDTURBINEGELUID EN GEZONDHEIDSGEVOLGEN VOOR KINDEREN 6
2. BISFENOL A EN MICROPLASTICS UIT WIEKENMATERIAAL 8
3. INFRASOON EN LAAGFREQUENT GELUID: EFFECTEN OP HET HARTVAATSTELSEL 11
4. CUMULATIE VAN MILIEU-/ GEZONDHEIDSEFFECTEN OP OMWONENDEN 13

1. DE BRADFORD HILL CRITERIA TOEGEPAST OP WINDTURBINEGELUID EN GEZONDHEIDSEFFECTEN 16

2. DE OMGEKEERDE BEWIJSLAST OMGEKEERD… 17

3. GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN LAWAAI BIJ KINDEREN 20

4. GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN LAWAAI BIJ DE VOLWASSEN BEVOLKING 23
4.1 Inleiding
4.2 Hart- en vaatziekten
4.3 Geluidshinder
4.4 Slaapstoornissen
4.5 Kwaliteit van leven/ welzijn/ psychiatrische stoornissen

5. CUMULATIE VAN NEGATIEVE GEZONDHEIDSEFFECTEN 26
5.1 Windturbines naast snelwegen
5.2 Windturbines als bron van epoxyharsen met bisfenol A
5.3 Windturbinegeluid in kombinatie met ‘annoyance’

6. ZIENSWIJZE OP DE VRAGEN VAN DE NRD 30
6.1 Wat wij missen
6.2 De onjuistheden
6.3 De aandachtspunten

BIJLAGE 1 37

BIJLAGE 2 42

LITERATUURLIJST 45

INLEIDING

Onze algemene indruk van de 'Notitie Reikwijdte en Detailniveau voor het planMER Windturbine-bepalingen Leefomgeving': men wil gewoon dóór met de bouw van turbines zoals dit nu gebeurt, en liefst op zo kort mogelijke termijn, op zo'n groot mogelijke schaal. De energietransitie wordt boven het belang van omwonenden gesteld.
Men loopt vooruit op de uitkomsten van 'mogelijk' onderzoek, zonder dat enige garantie wordt ingebouwd dat nieuwe inzichten (bijvoorbeeld over gezondheidseffecten op omwonenden, over de gevolgen van cumulatie van milieufactoren, over de gevolgen van verlies van wiekenmateriaal of verspreiding van fijnstof) zullen leiden tot aanpassing van de normen.

Onze algemene indruk vanuit het gezondheidsperspectief van omwonenden: In deze versie van de NRD missen wij zelfs maar het begin van een *geïntegreerde visie* op de waarborg van gezondheid van omwonenden van windturbineparken. Pas in het laatste hoofdstuk (6) wordt ingegaan op de gezondheidsgevolgen, alleen voor wat betreft de impact van geluid (en dan nog met ontkenning van de gevolgen van infrasoon en laagfrequent geluid (ILFG) omdat men dit niet 'hoort' en er 'geen aanwijzingen zijn voor gezondheidsgevolgen'.
Al daarvóór, in hoofdstuk 5 van de notitie, worden alle te toetsen items voor een plan m.e.r. in grafieken verwerkt, zónder dus de toetsing van de te verwachten gezondheidsgevolgen te noemen. Dit betekent in feite dat de gezondheidsaspecten *níet* zijn opgenomen in de te toetsen onderdelen in het plan m.e.r. en dit is ONACCEPTABEL.

Wij zijn zo vrij geweest om de te toetsen items aan te vullen met de ontbrekende onderwerpen met betrekking tot hinder en gezondheidseffecten bij omwonenden. Deze tabel hebben wij opgenomen in hoofdstuk 5.

Leeswijzer

Wij starten met de uitwerking van een aantal belangrijke gezondheidsitems, waarover nog te weinig kennis bestaat, maar wel voldoende aanwijzingen voor schadelijkheid.
Dit betreft onderzoek naar de gezondheidsgevolgen van windturbinegeluid (WTG) voor kinderen, de gevolgen voor het hart- en vaatstelsel, de gevolgen van cumulatie van negatieve gezondheidseffecten en de milieu en gezondheidsgevolgen van het vrijkomen van epoxydeeltjes van de wiekenranden.

In hoofdstuk 1 gaan wij in op een recent verschenen artikel, waarin de oorzaak-gevolg relatie van WTG en klachten van omwonenden wordt gelegd door de Bradfort Hill criteria toe te passen.[1]
Met behulp van deze criteria is in de jaren '90 de causale relatie aangetoond tussen roken en longkanker. In 1965 stelde de Engelse statisticus Sir Austin Bradford Hill een reeks van negen criteria voor, om epidemiologisch bewijs te leveren van een causaal verband tussen een veronderstelde oorzaak en een waargenomen effect.

Aan alle negen criteria wordt voldaan wanneer deze worden toegepast op het starten van WTG en het later optreden van klachten van omwonenden.

In hoofdstuk 2 gaan wij in op het weer omkeren van de 'omgekeerde bewijslast'. Momenteel ligt de bewijslast bij omwonenden en kritische wetenschappers, om aan te tonen dat zij hinder en dus gezondheidsschade ervaren. Feitelijk zou -net als bij de ontwikkelingen van nieuwe voedingsmiddelen, bestrijdingsmiddelen, geneesmiddelen- vóóraf moeten zijn aangetoond door de industrie zélf dat de plaatsing van industriële installaties in de nabije omgeving van omwonenden veilig is. Wij sommen de vragen met betrekking tot de veiligheid op, die in feite nog niet beantwoord zijn.

In hoofdstuk 3 beschrijven wij de gevolgen van omgevingslawaai voor de ontwikkeling en gezondheid van kinderen.
Kinderen beneden de 18 jaar worden gewoonlijk geëxcludeerd uit het onderzoek naar de gevolgen van WTG, hoewel juist zij een kwetsbare groep zijn. Er zijn nog geen, dan wel onvoldoende gegevens bekend van het tijdelijke, laat staan het blijvende effect, van ILFG op de ongeboren vrucht (!) en op kinderen van 0-18 jaar.
Dit is de reden dat wij uitwijken naar de -vele- wetenschappelijke onderzoeken die zijn verricht naar de gevolgen van omgevingslawaai voor het welzijn en de gezondheid van kinderen. Dit betreft onderzoek naar verkeerslawaai in al zijn verschijningsvormen (vliegtuig-, trein-, en autolawaai) waarbij er inmiddels ruim voldoende bewijs is voor de nadelige effecten van omgevingslawaai op de cognitieve ontwikkeling van kinderen, en een aantal lichamelijke gevolgen.
Op deze -afgeleide- wijze maken wij aannemelijk dat in de leef- en schoolse omgeving van kinderen extra strenge geluids-/ afstandsnormen moeten gelden voor bouw van windturbineparken.
Voor ieder windturbinepark zou een analyse moeten worden gemaakt van locaties met veel kinderen (scholen, gezinsvervangende tehuizen) en van woonvormen met ouderen, inclusief de te verwachten gevolgen voor deze kwetsbare groepen.

In hoofdstuk 4 bespreken wij de conclusies uit wetenschappelijke onderzoeken naar de effecten van windturbinegeluid ten aanzien van gezondheidseffecten voor de volwassen bevolking.

In hoofdstuk 5 gaan wij in op de gevolgen van cumulatie van andere milieufactoren met negatieve gezondheidsgevolgen én windturbines. Dit betreft onder andere de verspreiding van fijnstof van wegverkeer in de wake achter windturbines, het verlies van wiekenmateriaal door de Leading Edge Erosion (LEE) en de gevolgen van cumulatie met 'hinder'.

Ten slotte geven wij in hoofdstuk 6 onze beantwoording van de drie in de NRD gestelde vragen: wat wij missen als belangrijke aandachtspunten voor het milieueffectrapport, welke onjuistheden wij signaleren in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau onjuistheden en welke aandachtspunten wij belangrijk vinden voor het verdere proces.

Vanwege de hoeveelheid aan medisch onderzoek en de invloed daarvan op de leesbaarheid van onze zienswijze hebben wij een deel van de informatie in twee aparte bijlagen ondergebracht. Een bijlage met alle onderzoeken naar de invloed van omgevingslawaai op de ontwikkeling van kinderen en een bijlage met onderzoek onder volwassenen.

Wij starten, zoals gezegd, met onze aanbevelingen voor onderzoek naar gezondheidsgevolgen om op te nemen in de verdere uitwerking van het plan m.e.r.
In deze aanbevelingen voor onderzoek gebruiken wij voetnoten, in de navolgende hoofdstukken zijn eindnoten geplaatst.

Wij zijn ons bewust van de hoeveelheid aan onderzoeksvragen waar wij op in gaan, en hoeveel dit van de lezer vraagt.
Dit komt voort uit het feit dat er inmiddels zoveel meer wetenschappelijke informatie beschikbaar is over dit onderwerp, dan waar de tot nu toe geldende geluidsnormen op zijn gebaseerd.
Maar het komt ook voort uit de nog vele openstaande vragen.

Onderzoeksvoorstel 1. Windturbinegeluid en gezondheidsgevolgen voor kinderen

Introductie - probleemschets

Er is veel onderzoek gepubliceerd naar de effecten van lawaai op de gezondheid van kinderen. Het meeste onderzoek is verricht met wegverkeer, treinverkeer en vliegtuigen. Daarbij zijn duidelijk schadelijke effecten aangetoond.[1] Wij noemen de gevonden relaties met laag geboortegewicht en vroeggeboorte[2], met verhoogde systolische bloeddruk, verhoogde catecholamineconcentraties in de urine, verminderde leerprestaties en geheugenstoornissen, verminderde kwaliteit van leven door het ervaren van hinder. Uit andere onderzoeken komt nog naar voren dat blootstelling van jonge kinderen aan geluid bijzonder nadelige effecten heeft op taal-, spraak- en leerontwikkeling.[3] [4]

In een review van de WHO[2] is enig bewijs gevonden voor een associatie tussen blootstelling aan lawaai (gedurende de beroepsuitoefening en/of binnen de leefomgeving), en het optreden van een lager geboortegewicht en vroeggeboorte. Ook vonden deze onderzoekers in dierproeven bewijs voor een associatie tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en ongewenste zwangerschaps-uitkomsten.

De effecten van slaapstoornissen zijn beschreven in een overzichtsartikel. Vastgesteld wordt dat dit gepaard gaat met neuronenverlies in de kleine hersenen.[5]

Ondanks de voortgaande bouw van windturbines, waarvan bekend is dat het geluid bij gelijke sterkte meer hinder geeft dan transportgeluid[6], en waarbij met name 's nachts meer geluid wordt gegenereerd vanwege thermische effecten[7], wordt geen onderzoek gedaan naar de gevolgen voor (de slaap van) kinderen.

Ergo, kinderen (en ouderen) worden geëxcludeerd uit onderzoeken.[8]

In de recente RIVM-rapporten [9] [10] zijn de schadelijke effecten op de (hersen)ontwikkeling van kinderen niet meegenomen. In de rapporten van het RIVM worden conclusies getrokken die op basis van de literatuurreviews niet te verantwoorden, en dus ongegrond, zijn.[11]

Het heeft de hoogste urgentie dat er een goede onderzoek agenda wordt opgesteld voor de gevolgen van windturbinegeluid (en laagfrequent geluid in het algemeen) voor kinderen, met name voor de gevolgen van blootstelling gedurende de 'eerste 1000 dagen', welke een aanvang nemen bij de conceptie.

Wij pleiten daarom voor het volgende onderzoek:

- Onderzoeksvragen:
  1. Wat is de nachtelijke expositie aan infrasoon en laagfrequent geluid (ILFG), gemeten in dB(C), in de slaapkamers van kinderen en zwangeren in de omgeving van windturbineparken? Gemeten op afstanden van 200, 600, 1000, 1500 tot 2000 meter bij de meest gangbare typen windturbines. Met speciale aandacht voor de huidige generatie windturbines van 240-270 meter hoogte;
  2. Bepalen van het percentage ernstig gehinderden dat geaccepteerd wordt; bepalen of Nederland zich aanpast aan het (naderende) WHO-advies van maximaal 5% ernstig gehinderden, en of dit percentage ook wordt geaccepteerd voor kinderen en zwangeren;
  3. Het onderzoeken van de slaapkwaliteit bij de diverse geluidsexposities, uitgedrukt in slaapdiepte, en -duur en slaapopbouw (stadia);
  4. De invloed van de slaapkwaliteit op fysieke parameters? (gewicht, systolische bloeddruk, hartritmevariabiliteit, catecholaminewaardes in de urine);

5. De invloed van de slaapkwaliteit op mentale- en gedragsparameters (stemming, concentratie, geheugen, leerproblemen, reactietijden);
6. In welke mate wordt er door kinderen hinder van windturbinegeluid aangegeven bij de diverse afstanden, waarbij de tiphoogte van de turbines als variabele wordt meegenomen;
7. Het identificeren van kwetsbare objecten waar het risico op gezondheidsgevolgen van windturbinelawaai voor kinderen speelt (scholen, woonvormen voor kinderen);
8. Bij een (extra) negatieve invloed op de slaap van zwangeren, is er een associatie met relatief lagere geboortegewichten of vroeggeboortes.

- Onderzoeksopzet:
  1. De metingen in de slaapkamers vinden plaats met betrekking tot SPL in dB (zonder toepassing van een dB(A) filter, daar deze niet geschikt is voor meting van ILFG);
  2. De metingen vinden plaats in de slaapkamers van kinderen en zwangeren, gedurende een voldoende aantal (meerderheid van de) nachten waarin de windrichting vanuit de windturbines *naar de woning toe* is gericht. Het gaat erom de *absolute* geluidsdrukken van windturbines in de slaapomgeving te meten;
  3. De kinderen en eventuele zwangeren dragen een geschikte wearable voor de slaap- en hartritmeregistraties, welke direct de resultaten centraal opslaat;
  4. De geluids- en slaapregistraties worden gekoppeld aan de gemeten prestaties van de turbines; waarbij gekeken wordt of er aanwijzingen zijn voor (micro-)arousals in relatie tot amplitudemodulatie;
  5. Op scholen wordt het leerlingvolgsysteem benut, op anonieme basis, om veranderingen te meten na het in werking treden van windturbineparken
  6. Kinderen kunnen met behulp van de ORS aangeven hoe ze zich voelen;
  7. Als afgeleide van slaapproblematiek kan de reactietijd gemeten worden. Dit kan in de vorm van minimaal 15 single-case studies. Iedere 4 maanden wordt met behulp van een gevalideerd reactietijdenspelletje (zoals bijvoorbeeld Braingame Brian) gemeten wat de reactietijd van het betreffende kind is. De selectie vindt plaats a.d.h.v. de afstand van de woning tot turbines (waarbij de tiphoogte als variabele wordt meegenomen), maar ook een groep op basis van afstand van de school tot windturbines.

Voetnoten:
[1] Stansfeld S, Clark C. Health effects of noise exposure in children. Curr Environ Health Rep 2015; 2:171-8. DOI 10.1007/s40572-015-0044-1
[2] Nieuwenhuijsen M, et al. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Adverse Birth Outcomes. Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 14, 1252; doi:10.3390/ijerph14101252
[3] Bures Z, Popelar J, Syka J. The effect of noise exposure during the developmental period on the function of the auditory system. Hear Res 2017; 352:1-11. doi:10.1016/j.heares.2016.03.0
[4] Erickson, Newman RS. Influences of background noise on infants and children. Curr Dir Psychol Sci 2017; 26:451-7. https://doi.org/10.1177/0963721417709087
[5] Ascone et al. A longitudinal, randomized experimental pilot study to investigate the effects of airborne infrasound on human mental health, cognition, and brain structure. Sci Rep 11, 3190 (2021). https://doi.org/10.1038/s41598-021-82203-6.
[6] Janssen SA. A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *2011* Acoustical Society of America. DOI: 10.1121/1.3653984
[7] Berg, G.P. van den. *(2006*). The sound of high winds: The effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise.
[8] Michaud, D.S. Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects J. Acoust.Soc.Am. 139 (3), March 2016
[9] Kamp, I. van, e.a. Review of evidence relating to environmental noise exposure and annoyance, sleep disturbance, cardio-vascular and metabolic health outcomes in the context of ICGB. 2019. DOI 10.21945/RIVM-2019-0088
[10] Kamp, I. van, Berg, G.P. van den. Health effects related to wind turbine sound: an update. 2020. DOI 10.21945/RIVM-2020-0150
[11] https://www.windwiki.nl/wp-content/uploads/2021/11/Gezondheidseffecten-van-windturbinegeluid-D.-Bijl-2021.pdf

Onderzoeksvoorstel 2. Bisfenol A en microplastics uit wiekenmateriaal

Introductie - probleemschets

Uit de wetenschappelijke literatuur komt naar voren dat het meest voorkomende technische probleem bij windturbines de slijtage van de wieken is. Als gevolg van erosie door regendruppels, stof en als secundaire schade door blikseminslag, wordt de snijdende kant van de wieken ruw door leading edge erosion (LEE), met toenemende luchtweerstand als gevolg.
Naast opbrengstverlies (tot 25% wordt gerapporteerd [1]), leidt dit proces tot meer schade aan de wieken.
Als gevolg van de steeds groter wordende turbines en wieken neemt de omtreksnelheid van de wieken toe, waardoor het fenomeen steeds dringender wordt.
Problemen van opbrengstverlies, onkosten door stilstand en kosten van reparaties zijn voor de exploitanten reden voor verder onderzoek.
Echter verontreiniging van de omgeving met de afgesleten kunststofdeeltjes is een -nog- niet onderzocht aspect. Windturbinewieken worden meestal gemaakt van met glas- en koolstofvezel versterkte epoxyharsen. Deze harsen worden gefabriceerd door twee componenten met elkaar te laten polymeriseren. Een van deze componenten bestaat uit bisfenol A (BPA), of een chemisch verwante vervanger.
Recent zijn er aanwijzingen gevonden dat BPA al bij lage blootstelling mogelijk een schadelijk effect kan hebben op het immuunsysteem van ongeboren en jonge kinderen. Daardoor hebben kinderen meer kans om voedselintoleranties te ontwikkelen en kunnen ze gevoeliger worden voor infectieziekten. Deze aanwijzingen zijn gevonden in dierstudies bij een lager blootstellingsniveau dan het niveau waarop de huidige Europese norm voor veilige blootstelling is gebaseerd. De bescherming van jonge kinderen en zwangere vrouwen verdient daarom bijzondere aandacht.[2]
Op grond van deze eigenschappen is het vóórkomen van vrije bisfenolen in verpakkingen en het milieu aan strikte regulering onderhevig, die in de nabije toekomst strenger zal worden.

Bisfenol A uit wiekenmateriaal

In het gepolymeriseerde epoxy van de wieken is altijd een kleine hoeveelheid niet gebonden bisfenol aanwezig. De industrie zelf geeft aan dat er per kg epoxy ongeveer 65 mg vrij bisfenol aanwezig is. Zolang de wiek intact blijft is dit geen probleem omdat de diffusie in het polymeer erg langzaam verloopt waardoor er heel erg weinig bisfenol vrijkomt.
Echter, wanneer het polymeer door erosie slijt, worden kleine fragmentjes vrijgemaakt, met afmetingen van slechts 0,1 tot tientallen micrometer diameter. Vanuit deze deeltjes komt het bisfenol heel veel sneller vrij dan vanuit de wiek: halfwaardetijden nemen af van honderden jaren naar een paar dagen of zelfs uren.[3] [4] Ondanks de hoge frequentie waarin LEE tot het stilzetten van turbines leidt en er een complete reparatie-industrie is opgetuigd om dit zo snel als mogelijk te repareren in verband met opbrengstderving, is er in de wetenschappelijk literatuur zo goed als

Noten:

[1] Sareen, A et al. Effects of leading edge erosion on wind turbine blade performance. 2014. *Wind energy*, 1531-1542. https://doi.org/10.1002/we.1649

[2] https://www.rivm.nl/bisfenol-a-bpa

[3] Feng, S. Modeling Releases of Polymer Additives from Microplastics into the Aqueous Environment. Department of Civil and Environmental Engineering Duke University. Thesis 2020.

[4] Gigault. J. Nanoplastics are neither microplastics nor engineered nanoparticles; Nature Nanotechnology, 2021. https://doi.org/10.1038/s41565-021-00886-4

niets te vinden over de kwantitatieve omvang van het verlies aan epoxy-materiaal gedurende de werking van de windturbine.
Op grond van modelstudies met teststukjes epoxy in een regensimulator is een berekening gemaakt van de hoeveelheid epoxyverlies per wiek per jaar. Dit leidt tot een schatting van ongeveer *150 kg* epoxyverlies per jaar bij een windturbine met 60 m wieklengte. Dit vertaalt zich naar een vrijkomende hoeveelheid van bijna 10 gram (10.000 mg*) zuiver, niet gepolymeriseerd bisfenol* per jaar per windturbine, in de omgeving van de windturbine in het milieu. (zie berekening onderaan de volgende pagina).
Op dit moment is het onmogelijk om een inschatting te maken van het risico dat mens en dier lopen door dit fenomeen.

Wij pleiten daarom voor het volgende onderzoek:

- Onderzoeksvragen:
    1. Het in kaart brengen van de hoeveelheid epoxymateriaal die per windturbine per jaar vrijkomt, in relatie tot het oppervlak van de wieken en de seizoensinvloeden;
    2. Het onderzoeken in welke vorm en afmetingen dat epoxy versnipperd wordt (microplastics);
    3. Lokalisatie van de depositie in de omtrek van de windturbine;
    4. Analyse van de vrijgekomen stoffen uit de (micro)partikels en kwantificering van bisfenolen;
    5. Risicoanalyse van de hoeveelheden vrijgekomen microplastics en bisfenolen voor (aquatische) organismen in de omgeving van de windturbine;
    6. Risicoanalyse van het risico door opname in de humane voedselketen;
    7. Indien nodig, opstellen mitigerende maatregelen, zoals bijvoorbeeld het opnemen van een meldingsplicht van wiekbeschadiging in de omgevingsvergunning;
    8. Het identificeren van omgevingen waar het risico van wiekenverlies een te grote belasting van het leefmilieu oplevert.

- Onderzoeksopzet:
    1. Dit kan via een enquête bij windturbine eigenaren en/of reparatiebedrijven plaatsvinden. (Doorgaans worden dit soort data als bedrijfsgeheim gezien);
    2. Veldwerk bij al langer bestaande windturbines waarvan een langere registratie van uitgevoerde reparaties en herstelwerkzaamheden bekend is;
    3. Gedetailleerd veldwerk in combinatie met data uit het SCADA-systeem van de windturbine;
    4. Chemische en fysische laboratoriumanalyse van de in 2 en 3 verkregen samples;
    5. Epidemiologische studie op grond van de resultaten van 1 t/m 4;
    6. Op grond van de resultaten uit 5;
    7. Op grond van regelgeving en resultaat uit 1 t/m 6;
    8. Op grond van de aanwezigheid van kwetsbare objecten als scholen, kinderdagverblijven, dichtbevolkte wijken met eventuele lage SES binnen een nog te bepalen afstand.

Dit onderzoek is toegespitst op bisfenolen en microplastics uit epoxyharsen. Omdat er een groot aantal verschillende polymeren en plastics gebruikt worden bij de productie van windturbinewieken en de samenstelling niet openbaar beschikbaar is, is het niet mogelijk om een concretere onderzoeksvraag te formuleren. Eigenlijk zou er een apart vooronderzoek uitgevoerd moeten worden om vast te stellen welke andere polymeren nader onderzocht zouden moeten worden.

- Een aanvullende onderzoeksvraag zou dan zijn:

    1. Welke polymeren, plastics of andere kunststoffen zijn mogelijk relevant voor opname in een risicoanalyse van microplastics die vrijkomen als gevolg van wiekbeschadiging?

Aan de hand van de uitkomst van dit onderzoek kan een gedetailleerde onderzoeksvraag of vragen, zoals hierboven in de onderzoeksvragen 1 t/m 8 geformuleerd worden voor elke ander potentieel risicovolle categorie.

Gebruikte literatuur voor de berekening van 2,5 gram bisfenol A per wiek per jaar:

[1] A. S. Verma, S. Di Noi, Z. Ren, and Z. Jiang, “Minimum Leading Edge Protection Application Length to Combat Rain-Induced Erosion of Wind Turbine Blades,” pp. 1–26, 2021.
[2] S. Groucott, K. Pugh, I. Zekos, and M. M. Stack, “A Study of Raindrop Impacts on a Wind Turbine Material : Velocity and Impact Angle Effects on Erosion MAPS at Various Exposure Times,” 2021.
[3] T. N. O. Restricted, “Literature review of structural and non- structural wind turbine blade damage,” 2020.
[4] Epoxy Resin Committee - July 2015 www.epoxy-europe.eu

Uit 1: Figuur 16 b en c: 10 meter gerekend vanaf de tip met zware erosie, oppervlak geschat op 5 m^2;
Uit 2: Figuur 5: Materiaalverlies na expositie is ong. 1 mg voor 9 cm^2, omgerekend 1111 mg/m^2. Bij 5 m^2 dat aan erosie onderhevig is, komt er 5.5 gram per uur per wiek vrij, dat is 48 kg per jaar;
Uit 3: De verliezen variëren van 3% bij lichte tot 25% bij ernstige beschadigingen;
Uit 4: 10 tot 60 ppm vrij bisfenol gehalte in epoxy.

Hieruit volgt de schatting van 2.5 gram BPA per wiek per jaar.

Onderzoeksvoorstel 3. Infrasoon en laagfrequent geluid: effecten op het hartvaatstelsel

Introductie - probleemschets

Uit diverse recente publicaties komt naar voren dat er een direct causaal verband lijkt te bestaan tussen het wonen en/of werken in de directe nabijheid van windturbines en het ontwikkelen of verergeren van (ernstige) cardiovasculaire klachten.[1] De effecten op het functioneren van het hart- en vaatstelsel lijken met name door het laagfrequente geluid te worden veroorzaakt.
Een recente studie uit 2018 van Poulsen et al[2] laat associaties zien tussen de sterkte van de expositie aan laagfrequent geluid *in de woning* en een verhoogd risico op het krijgen van een myocardinfarct (MI) of een beroerte. Uit een analyse van deze studie blijkt dat relatief vaker de geluidsdrukken in *de drie nachten voorafgaand* aan opname of overlijden door MI of beroerte hoger dan 15 dB waren geweest. Bij de controlegroep was de geluidsdruk < 5 dB. Wanneer over langere tijd werd gekeken naar associaties, bleken deze niet aanwezig,[3] de associatie verdween in de grotere hoeveelheid data.
Een wetenschappelijk onderzoek uit Nature uit 2021[4] laat zien dat het leven in de nabijheid van windturbines een vermindering van de hartritme variabiliteit geeft. De blootstelling aan het voor het lichaam storende laagfrequente geluid, en daardoor direct of indirect verkregen stressbeeld, wordt gezien als oorzaak van de verslechtering van de cardiale condities. Poulsen vond een associatie in de Deense populatie tussen het verblijf nabij windturbines en het gebruik van antihypertensiva.[5]
Boezemfibrilleren bleek in een studie van Bräuner et al[6] vaker voor te komen bij mensen die langere tijd in de nabijheid van windturbines woonden.
Andere studies laten zien dat bij frequente blootstelling aan omgevingslawaai de cardiovasculaire biomarker MR-proANP (MidRegional pro-Atrial Natriuretic Peptide) significant stijgt. (Zie illustratie op pagina 23).[7]
Als laatste hart- en vaatziekte, welke lijkt te worden beïnvloed door geluidsoverlast, noemen wij pre-eclampsie (in de volksmond ‘zwangerschapsvergiftiging’, hypertensie met eiwitverlies in de urine) met een hoge morbiditeit voor moeder en kind. Pre-eclampsie ontstaat bij 1 -3 % van de zwangerschappen.
Een studie uit 2021 in Canada onder 269.263 zwangeren laat zien dat vooral de ernstiger en vroege vormen van pre-eclampsie geassocieerd waren met geluidsoverlast.[8]
Een Deense prospectieve cohortstudie onder 72.745 vrouwen toonde, dat een stijging met 10 dB in verkeerslawaai was geassocieerd met een 10% hoger risico op pre-eclampsie.[9]
Al in 2017 verscheen een WHO-rapport waarin wordt gewezen op studies die de blootstelling aan geluidsoverlast en het effect ervan op de ontwikkeling van de placenta evalueren.[10] “Er wordt verondersteld dat lawaai, door een aanhoudende stressreactie, kan leiden tot overmatige afscheiding van stresshormonen, bijvoorbeeld cortisol, wat nadelige effecten op de baarmoeder en de foetus veroorzaakt. Bovendien activeren stressreacties de afgifte van catecholaminen, met daaruit voortvloeiende verhoging van de bloeddruk en aantasting van de placentafunctie die leidt tot zuurstoftekort bij de foetus. Deze eerste studies suggereren dat blootstelling aan omgevingslawaai geassocieerd kan zijn met pre-eclampsie, met name pre-eclampsie met vroege aanvang. Verdere studies zijn nodig om deze bevindingen te bevestigen.”

Wij adviseren om *op korte termijn* verder onderzoek te verrichten naar de effecten van het wonen en/of werken in de nabijheid van windturbines op het cardiovasculaire systeem, inclusief de effecten op zwangerschappen. En tot de uitkomsten van dit onderzoek bekend zijn het voorzorgsbeginsel toe te passen, dan wel vrouwen voor te lichten over de mogelijke negatieve effecten op de zwangerschap

Wij pleiten voor het volgende onderzoek:

- Onderzoeksvragen:
  1. Wat is de invloed van de blootstelling aan laagfrequent geluid en infrasoon geluid (ILFG) van windturbines op het optreden van MI en beroerte? Zijn er differentiaties te vinden wanneer men verder weg woont van windturbines en/of bij verschillende hoogten.
  2. Wat is de invloed van ILFG op de algehele cardiale conditie van de bevolking die leeft in de nabijheid van windturbines, zoals deze tot uiting komt in de hartvariabiliteit? Zijn er differentiaties te vinden wanneer men verder weg woont van deze turbines en/of bij verschillende hoogten.
  3. Wat is de invloed op het ervaren van stress veroorzaakt door het wonen in de nabijheid van windturbines? Spelen de hoogte van de turbines, afstand tot de turbines en tijdstippen waarop deze turbines in gebruik zijn hier een significante rol bij? Welke indicatoren kunnen hierbij het best worden gebruikt.
  4. Is er een significant verhoogd risico op cardiale afwijkingen zoals atriumfibrilleren, MI, beroerte en hypertensie te vinden bij de bevolking die dicht in de nabijheid van windturbines woont.
  5. Is er een verhoogde aanwezigheid van de biomarker MR-proANP te vinden bij de bevolking die dicht in de nabijheid van windturbines woont.
  6. Wat zijn de zwangerschapsuitkomsten van vrouwen die in de nabijheid van windturbines wonen en/of werken, ten aanzien van tensies, optreden van pre-eclampsie, vroeggeboorte, dysmaturiteit.

- Onderzoeksopzet:
  1. Retrospectieve analyse van de incidenties van MI en beroerte bij omwonenden van windturbines vanaf het moment van plaatsing. Afstand op te delen per 250 m. Daarbij verdere differentiatie aanbrengen in leeftijd, geslacht, evt. daarvoor aanwezige cardiale klachten en hoelang de periode was tussen het verkrijgen van een MI of beroerte en het wonen in de nabijheid van of het plaatsen van de turbines.
  2. Bevolkingsonderzoek naar de cardiale conditie (tensie, hartritme, evt. ECG, MR-proANP) bij 2 groepen: de populatie die in de nabije afstand van turbines leeft (< 500 meter en < 1000 meter afstand) en bij die populatie die verder van turbines afwonen (2000+ meter). Daarbij kijkend naar leeftijd, geslacht, evt. cardiale historie en hoe lang zij al in de nabijheid van windturbines leven;
  3. Onderzoek naar het ervaren van stress veroorzaakt door het (te) dicht leven op windturbines. Ook dit kan in de twee groepen, zoals vermeld onder punt 2. Gemeten zou moeten worden of de stress wordt veroorzaakt door het constant zien van de turbines, het last hebben van het geproduceerde lawaai en laagfrequent geluid, het ervaren van trillingen en op welke tijdstippen van het etmaal deze stress het hevigst is. Meten kan o.a. door het constant meten van de hartslagfrequentie, als indicator van stress; hierdoor is ook de hypothese van vermindering van de hartvariabiliteit te toetsen.

4. Bevolkingsonderzoek naar de ontwikkeling en incidentie van atriumfibrilleren in de populatie die in de nabije afstand van turbines leeft (< 500 meter en < 1000 meter afstand) en bij die populatie die verder van turbines afwonen (2000+ meter).
5. Bij bloedonderzoek kan de biomarker MR-proANP onderzocht worden en of deze bij deze twee groepen wel of niet in een verhoogde staat aanwezig is. Voor het onderzoek van het hartritme zijn wearables in te zetten.
6. De zwangerschapsuitkomsten zijn retrospectief te onderzoeken in de data van verloskundigen en gynaecologen, die in de omgeving van windparken hun praktijk voeren. Hierbij kunnen de uitkomsten gerelateerd worden aan de afstand tot windturbines, rekening houdend met de grootte van de turbines.

Voetnoten:

[2] Poulsen, AH. Short-term nighttime wind turbine noise and cardiovascular events: A nationwide case-crossover study from Denmark. 2018. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.030

[3] Poulsen, AH. Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and Risk for Myocardial Infarction and Stroke: A Nationwide Cohort Study. 2018. https://doi.org/10.1289/EHP3340

[4] Chun-Hsiang et al**.** Effects of low-frequency noise from wind turbines on heart rate variability in healthy individuals. 2021. https://doi.org/10.1038/s41598-021-97107-8

[5] Poulsen, AH. Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: A nationwide cohort study. 2018. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.054

[6] Bräuner, EV et al. Long-term wind turbine noise exposure and the risk of incident atrial fibrillation in the Danish Nurse cohort. 2019. DOI: 10.1016/j.envint.2019.104915

[7] Hahad, O. Midregional pro atrial natriuretic peptide: a novel important biomarker for noise annoyance induced cardiovascular morbidity and mortality? 2021. https://doi.org/10.1007/s00392-020-01645-6

[8] Gómez-Roig, MD. Environmental Exposure during Pregnancy: Influence on Prenatal Development and Early Life: A Comprehensive Review. 202. Fetal Diagn Ther **2021**;48:245–2571. DOI: 10.1159/000514884

[9] Auger N, Duplaix M, Bilodeau-Bertrand M, Lo E, Smargiassi A. Environmental noise pollution and risk of preeclampsia. Environ Pollut. **2018** Aug 1 [cited 2020 Mar 16];239: 599–606

[10] Nieuwenhuijsen MJ, Ristovska G, Dadvand P. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and adverse birth outcomes. Int J Environ Res Public Health. 2017 Oct 19; 14:1252.

Onderzoeksvoorstel 4. Cumulatie van milieu-/ gezondheidseffecten op omwonenden

Introductie - probleemschets

De *cumulatie* van verschillende negatieve gezondheidseffecten (NGE's) heeft geleid tot de toename van een aantal 'welvaartsziektes' en neurologische ziektebeelden. Nederland heeft de hoogste incidentie van borstkanker bij vrouwen van Europa, en de op één na sterkste groei van ziekten van het zenuwstelsel ter wereld, die niet verklaarbaar zijn met de veroudering van de Nederlandse bevolking (ALS, MS, Parkinson, M. Alzheimer - WHO). [1]
Dit betekent dat de wet- en regelgeving die de bevolking dient te beschermen tekortschiet, óf de handhaving daarvan.

Voor ieder milieu/gezondheids-item apart wordt een norm vastgesteld. De invloed van cumulatie van én hinder, én hormoon- en immuniteit verstorende stoffen (o.a. Bisfenol A, zie eerder), én fijnstof, én licht- en lawaaiverontreiniging, én bestrijdingsmiddelen in brede zin, én junkfood, énzovoort, wordt onvoldoende in samenhang onderzocht en gecontroleerd.
Daarbij komt, dat het RIVM een *basishouding* heeft waarbij het gezondheidseffect van een factor 'bewezen' moet zijn voordat deze wordt erkend, in plaats van een *basishouding* die vanuit het voorzorgsbeginsel acteert bij voldoende vermoeden van een relatie. Beleidsmakers varen blind op deze adviezen.

De handhaving op overlast door windturbinelawaai kan niet plaatsvinden met gebruik van de $L_{den,}$ omdat deze *niet geschikt* is voor windturbinegeluid vanwege het onregelmatige karakter daarvan (WHO 2018, pag. 86[2]), en het verhullende effect op de soms vérgaande overschrijdingen door de uitmiddeling. Het dB(A) filter is *niet geschikt* voor correcte meting van het aandeel ILFG in windturbinelawaai, hierdoor worden omwonenden met hoge waarschijnlijkheid aan te hoge expositie WTG blootgesteld.
Idealiter zou een woning die al onder invloed staat van andere NGE's, worden ontzien waar het toevoeging van windturbine -annoyance, -lawaai, -lichtflikkeringen, en -slagschaduw betreft. Mogelijk komen hier nog bij de verspreiding van wiekenmateriaal (zie het betreffende onderzoeksvoorstel) en verspreiding van fijnstof en de versterking van het geluid van eventuele snelwegen door de turbulentie van de wake achter de turbines.

Ten aanzien van de mogelijk cumulerende NGE's door windturbines zijn wij op de hoogte van:

- 'Annoyance', als vaststaand. Zie paragraaf 3.3 en paragraaf 4.3
- Een aantal fysiologische effecten op de mens van infrasoon en laagfrequent geluid, als vaststaand uit laboratoriumonderzoek en getuigenissen. Gevolgen nog te onderzoeken, zie hoofdstuk 3 en o.a. onderzoeksvoorstel cardiale gevolgen van ILFG;
- Verspreiding van wiekenmateriaal in het leefmilieu. Al aangetoond op zee (Rijksdienst voor de Mijnbouw, 2021). Aard en gevolgen op land nog te onderzoeken, zie onderzoeksvoorstel wiekenmateriaal & Bisfenol A;
- Verspreiding van fijnstof door de turbulentie van de wake. Het bestaan van de wake is vaststaand. Mate en gevolgen van de wake op fijnstofverspreiding zijn nog te onderzoeken. Zie onderzoeksvoorstel hieronder;
- Versterking van de geluidsoverlast van o.a. snelwegen. Dit fenomeen wordt gemeld door bewoners. Bestaan van dit fenomeen, mate en gevolgen voor omwonenden (en mogelijk regelgeving en vertaling in MER nog te onderzoeken. Zie onderzoeksvoorstel hieronder.

Wij pleiten voor het volgende onderzoek:

- Onderzoeksvragen:
  1. Wat zijn de aerodynamische kenmerken van de wake van windturbines, hoeveel en waar treedt er turbulentie op, en over welke afstand is deze meetbaar;
  2. Bestaat er een effect van de wake op de verspreiding van de met wegverkeer samenhangende fijnstofvorming. Hoe sterk is dit eventuele effect, en over welke afstand is dit meetbaar. In hoeverre moet dit de minimale afstand tussen turbines en snelwegen bepalen. Heeft dit consequenties voor de maximaal te accepteren hoogte van turbines naast snelwegen. Heeft dit gevolgen voor de keuzes om aan de rand van steden te bouwen?
  3. In hoeverre worden er reactieve mengsels/deeltjes gevormd door het wiekenmateriaal dat vrijkomt in de omgeving met het fijnstof van snelwegverkeer. Vindt dit plaats en zo ja, over welke afstand worden deze deeltjes verspreid.
  4. Zijn de meldingen van omwonenden van sterkere geluidsoverlast bij draaiende turbines objectiveerbaar. Neemt de hinder van de snelweg toe bij draaiende turbines. Wat is de verhouding tussen ILFG en hogere frequenties. Wordt het aandeel ILFG hoger naarmate de turbines hoger zijn. Worden de geluidsnormen overschreden op de locaties waar de combinatie snelweg/ windturbinepark aanwezig is.

- Onderzoeksopzet:
  1. De wake achter windturbines is, vanwege rendementsverlies, een belangrijk onderwerp van onderzoek vanuit de windindustrie zelf. De theoretische vertaalslag van de bestaande kennis naar de invloed van de turbulentie op verspreiding van aanwezig fijnstof, als ook van de epoxyharsen die van de wieken vrijkomen, kan vanuit een onafhankelijke Universiteit plaatsvinden; zie onderzoeksvoorstel epoxyharsen voor de nadere invulling van dit onderzoek;
  2. De mate van verspreiding van fijnstof is met meetstations te meten, waarbij een vergelijking kan worden gemaakt tussen snelwegtrajecten waar geen windturbines naast staan en trajecten waar deze wel staan/ geplaatst gaan worden;
  3. De mate waarin reactieve deeltjes ontstaan uit de epoxyharsen en fijnstof blijkt uit de chemische en fysische laboratoriumanalyse van de samples uit het onderzoeksvoorstel wiekenmateriaal. Dit behoeft speciale aandacht in de vraagstelling;
  4. Het onderzoek naar de versterking van geluidsoverlast voor omwonenden door de combinatie snelweg/ turbinepark is met Citizen Science in te vullen:
  - De bewoner gebruikt een app. waarop kan worden aangegeven hoeveel geluidshinder er is op dat moment (op een 5-puntsschaal),
  - Deze registraties worden samengevoegd met de centraal bekende gegevens over de windrichting en -sterkte op 8 meter hoogte én op de hoogte van de mast,
  - De bewoner verricht een geluidsmeting met dB(C) filter op een vaste locatie, waarbij ook de verhouding ILFG/ geluid met hogere frequenties wordt gemeten. Dit kan op een aantal momenten van de dag en avond plaatsvinden, gedurende een voldoende lange periode en op voldoende locaties in verband met wetenschappelijke zeggingskracht,
  - De gegevens uit de hinderregistratie en de geluidsmeting worden simultaan geregistreerd in een centrale database. De gegevens over de windsterkte en windrichting worden permanent vanuit het KNMI in de database opgenomen.

Hoofdstuk 1 De negen criteria van Bradford Hill toegepast op de relatie windturbinegeluid en gezondheidseffecten bij omwonenden

In de jaren ’90 van de vorige eeuw is uiteindelijk het bewijs, dat roken kan leiden tot longkanker, geleverd door de statisticus Austin Bradford Hill. Net als jarenlang ten aanzien van het vaststellen van een causale relatie tussen windturbinegeluid en gezondheidseffecten, was tot dan toe met epidemiologisch- en laboratoriumonderzoek de relatie roken - longkanker nog niet bewezen, ondanks de 50 jaar die waren verstreken sinds het eerste vermoeden was ontstaan.
Bradford Hill heeft 9 criteria opgesteld, met de eis dat pas bij het geldig blijken van ál deze criteria de causaliteit zou zijn aangetoond.

De negen criteria omvatten

- De sterkte van de associatie,
- Consistentie,
- Specificiteit,
- Temporele volgorde,
- Biologische gradiënt,
- Aannemelijkheid,
- Samenhang,
- Experimenteel bewijs en
- Analogie.

Deze criteria zijn als geheel in feite strenger dan de criteria die de WHO hanteert om het voorzorgsbeginsel te adviseren bij vermoeden van milieu- of gezondheidsschade.

Deze 9 criteria zijn recent toegepast op blootstelling aan windturbinegeluid (WTG) en gerapporteerde negatieve gezondheidseffecten (NGE's) met behulp van peer-reviewed gepubliceerde literatuur over klinische, dier- en laboratoriumstudies, getuigenissen en gerapporteerde ervaringen en internetbronnen.[1]
Toepassing van de Bradford Hill criteria op WTG-gerelateerde klinische, biologische en experimentele gegevens toont aan dat de blootstelling aan WTG gepaard gaat met een verhoogd risico op NGE's.
De analyse met behulp van de criteria leidt tot de conclusie dat wonen/ leven of werken in de buurt van industriële windturbines (IWT's) kan leiden tot NGE's bij zowel mensen als dieren.
De bevindingen leveren overtuigende argumenten dat het risico van negatieve gezondheidseffecten moet worden overwogen vóór de goedkeuring van windenergieprojecten en tijdens het vaststellen van de minimale afstanden van voorgestelde en operationele projecten.

In analogie met de aangekondigde verscherping van de normen van de WHO mag daarbij bij maximaal 5% van de omwonenden ernstige hinder optreden (in plaats van de huidige 9%).[2]

Hoofdstuk 2 De omgekeerde bewijslast omgekeerd…

Binnen de geneeskunde en milieukunde is het verplicht om vóóraf wetenschappelijk onderzoek te doen naar de veiligheid van interventies, medicatie of b.v. bestrijdingsmiddelen. De producent of medicus initieert zelf onderzoek om de veiligheid aan te tonen. Pas daarna kan een middel of interventie worden toegepast.

Bij een grootschalige en potentieel schadelijke 'interventie' als de bouw van industriële windturbines in de nabijheid van omwonenden is hiervan *geen sprake* geweest. Er heeft daardoor een omdraaiing van bewijslast plaatsgevonden: de omwonende/ kritische wetenschapper moet aantonen dat turbines schadelijke gezondheidsgevolgen hebben, in plaats van dat de windindustrie *vooraf* heeft aangetoond dat de Nederlandse norm voldoende 'veilig' is voor omwonenden.

Zo zijn er een groot aantal onbeantwoorde vragen:

- *Is voldoende aangetoond dat kinderen jonger dan 18 jaar oud geen gezondheid en ontwikkeling schade ondervinden van het wonen in de nabijheid van windturbines.*
- *Is aannemelijk gemaakt of uitgesloten dat windturbine geluid een vergelijkbaar effect heeft op de gezondheid en de ontwikkeling van kinderen als andere geluid producerende bronnen in de nabijheid van kinderen < 18 jaar.*
- *Is voldoende bekend hoeveel kinderen jonger dan 18 jaar en kwetsbare ouderen in de nabijheid wonen van windturbines in Nederland. Is voldoende bekend of hier gezondheid schade is opgetreden ten opzichte van kinderen en kwetsbare ouderen die niet worden blootgesteld aan windturbine geluid;*
- *Windturbine geluid veroorzaakt hinder. Is voldoende bekend wat de effecten van deze hinder zijn op de ontwikkeling en leerprestaties (zoals begrijpend lezen, geheugen en andere cognitieve functies) van kinderen die deze hinder ervaren;*
- *Is er een inventarisatie gedaan waarbij kinderen die blootgesteld zijn aan windturbinegeluid presteren, ontwikkelen en gedijen ten opzichte van kinderen die hieraan niet zijn blootgesteld.*
- *Is voldoende bekend hoe windturbines andere milieuvervuilende factoren beïnvloeden. Hierbij moet worden gekeken naar fijnstof dispersie in de wake van de turbines in de buurt van wegen.*
- *Het aantonen van een causale relatie tussen een noxe (windturbinegeluid) en de effecten op de gezondheid van mensen die aan deze noxe zijn blootgesteld is een epidemiologische zware opgave. Het kostte meer dan 50 jaar onderzoek om de relatie roken en longkanker vast te stellen. Met de 9 criteria van Bradford Hill is deze relatie voldoende aannemelijk gemaakt. Wordt de uitkomst dat deze criteria ook gelden voor windturbinegeluid en gezondheidsschade al meegewogen in het beleid.*
- *De causale relatie tussen roken en gezondheid schade is door de markt lang genegeerd en vanwege belangenverstrengeling gemanipuleerd. Is voldoende onderzocht of dergelijke inmenging uitgesloten is bij de uitkomsten van onderzoek van de risico's op de gezondheid van windturbines op omwonenden.*

- *Er zijn vele wetenschappelijk studies die de invloed van omgevingslawaai aantonen op fertiliteit, conceptie, zwangerschap, geboortegewicht en andere factoren die met de voortplanting te maken hebben. Is er voldoende bewijs geleverd dat windturbinegeluid geen negatieve effecten op deze processen veroorzaakt.*
- *Is er voldoende onderzoek gedaan om met zekerheid uit te sluiten dat er geen fysiologische veranderingen of pathologische processen plaatsvinden bij blootstelling aan windturbinegeluid.*
- *Is er voldoende onderzoek gedaan om een mogelijke dosis-effect relatie vast te stellen van windturbine geluid op verschillende orgaansystemen.*
- *Is er voldoende onderzoek gedaan naar de stress effecten van windturbines en windturbine geluid op omwonenden. Is er voldoende inzicht in de stressreactie en het gevolg hiervan op gezondheid en functioneren van omwonenden.*
- *Is er voldoende onderzoek gedaan om vast te stellen wat het psychologische effect op mensen is bij blootstelling aan windturbine geluid*
- *Is er voldoende onderzoek gedaan om vast te stellen of windturbine geluid leidt tot slaapverstoring in de ruimste zin des woord.*
- *Is voldoende onderzoek gedaan om te objectiveren hoe de zorgvraag van omwonenden van windturbines afwijkt van de standaard zorgconsumptie in de Nederlandse populatie.*
- *Is te objectiveren hoe het functioneren van omwonenden van windturbines is veranderd na de plaatsing van de turbines. Is voldoende onderzoek gedaan om dit effect te kwantificeren.*
- *Er zijn aanwijzingen dat onhoorbaar geluid zoals dit geproduceerd wordt door windturbines fysiologische en pathologische effecten kunnen hebben op het functioneren van de hersenen. Worden deze hypotheses meegenomen in de risicoanalyses bij het plaatsen van windturbines in de omgeving van mensen.*
- *Omgevingsgeluid heeft een negatief effect op de uitkomst van zwangerschappen. Is voldoende onderzocht dat dit niet voor windturbinegeluid zou gelden.*
- *Is er voldoende onderzoek gedaan naar de pathofysiologie bij infrageluid afkomstig van IWT's op het functioneren van de hersenen en de effecten op de kwaliteit van leven en het functioneren van omwonenden.*
- *Is voldoende bekend wat het geluid spectrum van hoorbaar, en niet hoorbaar geluid is gedurende dag en nacht in wisselende omstandigheden zodat de blootstelling van een individu binnen de veronderstelde veilige kaders kan worden gegarandeerd.*
- *Is bekend hoe windturbines de fijnstof verdeling in hun omgeving beïnvloeden en is er bekend hoe hiervan de risico's veranderen op de omwonenden en het milieu.*
- *Er wordt veel onderzoek gedaan naar het verlies van het epoxymateriaal van de wieken. Is voldoende onderzocht waar dit materiaal neerslaat en wat de gevolgen zijn voor het (aquatisch) milieu. Komt er ruim 25.000 mg bisfenol A vrij per turbine per jaar, zoals berekeningen aantonen.*
- *Hoe verhoudt de plaatsing van steeds grotere turbines zich tot de bevolkingsdichtheid van Nederland.*
- *Is er misschien prioriteit gegeven aan de transitiedoelen in plaats van aan welzijn en gezondheid van omwonenden.*

- *Is het bestaande onderzoek wel geldig voor de huidige generatie turbines van 270 meter hoogte.*
- *Is de L_{den} inderdaad niet geschikt voor de normering van windturbine geluid, zoals de WHO stelt.*
- *Klopt het dat het dB(A) filter geen recht doet aan de meting van het aandeel laagfrequent geluid.*
- *Wat is de waarheid ten aanzien van de toename van het aandeel infrasoon en laagfrequent geluid bij grotere, stillere turbines.*
- *Zou Nederland niet ook voor een 'vangnet' moeten kiezen van een tweede norm van maximaal 20 dB binnen de woning, zoals de Denen sinds 2011 hanteren.*

De beantwoording van deze vragen is noodzakelijk, voordat verdere uitrol van turbines zou mogen plaatsvinden.
Hier moet het voorzorgbeginsel worden toegepast.
In feite is men bezig met een risicovol experiment zonder meting van de beginsituaties, zonder controles op effecten op mens en milieu tijdens de exploitatiefase en zonder zicht op lange termijn gevolgen.

EXPRESINFORMATIE: OMGEVINGSLAWAAI EN DE GEVOLGEN VOOR DE ONTWIKKELING VAN KINDEREN

LAAG GEBOORTEGEWICHT EN VROEGGEBOORTE

Op basis van deels dierproefonderzoek, deels op de algemene populatie gebaseerd cohortonderzoek en ander prospectief onderzoek is er een vermoeden van een associatie tussen negatieve zwangerschapsuitkomsten. Hinder door omgevingsgeluid kan leiden tot een significant lager geboortegewicht.

HORMONALE REACTIES

Er zijn aanwijzingen uit prospectief onderzoek dat chronische blootstelling aan vliegverkeergeluid is geassocieerd met verhoogde systolische bloeddruk, verhoogde catecholamineconcentraties in de urine, verminderde leerprestaties en verminderde kwaliteit van leven.

BLOEDDRUKVERHOGING

Op basis van het literatuuronderzoek kan worden gesteld dat er sprake lijkt van een positieve associatie tussen blootstelling aan geluid en systolische bloeddruk bij kinderen.

HINDER

Van Kempen et al[40] vonden aanwijzingen dat het percentage ernstig gehinderde kinderen op school door geluid van vliegverkeer omhooggaat van 5,1% bij 50 dB naar 12,1% bij 60%.
De conclusie van het prospectieve cohortonderzoek van Seabi et al.[45] is verontrustend. Chronische blootstelling aan vliegverkeergeluid heeft een langdurig effect op de door kinderen ervaren hinder, wat overigens niet doorwerkt in de subjectief ervaren gezondheid.

KWALITEIT VAN LEVEN/ WELZIJN/ PSYCHIATRISCHE STOORNISSEN

Prospectief onderzoek toont een associatie aan tussen chronisch vliegverkeergeluid en uiteenlopende lichamelijke en psychische stoornissen. Daarnaast kan dit leiden tot verhoogde systolische bloeddruk, verhoogde catecholamine concentraties in de urine, verminderde leerprestaties, waaronder gestoord begrijpend lezen, en verminderde kwaliteit van leven.

LEERPRESTATIES

Chronische blootstelling aan vliegverkeergeluid is geassocieerd met geheugenstoornissen en andere cognitieve problemen.

Zie bijlage 1 voor de gedetailleerde weergave van de onderliggende wetenschappelijke literatuur.

Er is veel wetenschappelijk onderzoek gepubliceerd over de effecten van lawaai op de gezondheid van kinderen. Het meeste onderzoek richt zich op wegverkeer, treinen en vliegtuigen. Daarbij zijn duidelijk schadelijke effecten aangetoond.[3]
Ondanks de voortgaande bouw van windturbines, waarvan bekend is dat het geluid bij gelijke sterktes als (veel) hinderlijker wordt ervaren dan transportgeluid[4], en waarbij met name 's nachts meer geluid wordt gegenereerd dan blijkt uit de opgaves van de fabrikanten[5], wordt nauwelijks onderzoek gedaan naar de gevolgen hiervan voor (de slaap van) kinderen.
Ergo, kinderen (en ouderen) worden geëxcludeerd uit onderzoeken.[6]
De wetenschappelijk onderzoeken die wél zijn uitgevoerd geven aanleiding tot ernstige zorg en aangepaste, strengere afstandsnormen bij scholen en kinderrijke omgevingen.

Het heeft de hoogste urgentie dat er een goede onderzoeksagenda wordt opgesteld voor de gevolgen van windturbinegeluid voor kinderen, met name voor blootstelling gedurende de 'eerste 1000 dagen', welke een aanvang nemen bij de conceptie.
Tot de tijd dat deze onderzoeken zijn afgerond, pleiten wij voor toepassing van het voorzorgsbeginsel bij kwetsbare objecten als scholen en woonvormen voor kinderen, en een keuze voor een zeer ruime afstands-/ geluidsnorm tot windturbineparken, op basis van het onderzoek dat binnen het plan m.e.r. door ons geadviseerd wordt.

Wij onderbouwen deze urgentie met een korte weergave van de bevindingen uit het wél bekende onderzoek naar de gevolgen van (verkeers)lawaai op de ontwikkeling en gezondheid van (jonge) kinderen. In bijlage 1 wordt een uitgebreid overzicht gegeven van de wetenschappelijke literatuur.

1. In een belangrijk overzichtsartikel wordt het volgende geconcludeerd[2]:
'Omgevingslawaai heeft meerdere effecten op de gezondheid van kinderen. Sommige van deze effecten, zoals verhoogde bloeddruk en cognitieve stoornissen, kunnen ook gevolgen hebben voor de gezondheid op volwassenen leeftijd. Er bestaat voldoende bewijs voor de effecten van omgevingslawaai bij kinderen op de catecholamine-secretie, op mate van ergernis en op welzijn. In de schoolsituatie worden negatieve cognitieve effecten gezien, zoals verslechtering van begrijpend lezen, het langetermijn geheugen en prestaties op gestandaardiseerde testen.'
Er moet nog verder onderzoek gedaan worden naar hormoonreacties op lawaai bij kinderen, welke verband kunnen houden met de gevonden verhoogde bloeddruk in relatie tot lawaai.
De bevindingen over verhoogde bloeddruk zijn niet eenduidig, en verdere studies met betere metingen van de blootstelling aan lawaai zijn nodig. Evenzo verdient de impact van omgevingslawaai op een laag geboortegewicht en prematuriteit verder onderzoek vanwege recente suggestieve bevindingen. De herhaalde bevinding dat vliegtuiglawaai verband houdt met symptomen van hyperactiviteit vereist systematischer onderzoek.
Er is behoefte aan studies in de toekomst met een levensloopperspectief, deels omdat blootstelling aan lawaai verschillende effecten kan hebben in verschillende ontwikkelingsstadia. Deels omdat zo rekening gehouden kan worden met de effecten van *cumulatieve blootstelling* aan schadelijke fysische en chemische bronnen en hoe deze de ontwikkeling en de gezondheid in het volwassen leven kunnen beïnvloeden.'

2. De WHO concludeert in 2020 dat er geen onderzoek is naar de effecten van windturbinegeluid bij kinderen. Er blijkt echter wel een artikel gepubliceerd over dit onderwerp.[7] Ook zijn er zorgen over gehoorverlies, met gevolgen voor de cognitieve ontwikkeling.[8]
In een review van de WHO[9] is enig bewijs gevonden voor een associatie tussen blootstelling aan lawaai (gedurende de beroepsuitoefening en/of vanuit de leefomgeving) en het optreden van vroeggeboorte en laag geboortegewicht. Ook vonden deze onderzoekers in dierproeven bewijs voor een associatie tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en ongewenste zwangerschaps-uitkomsten.
Uit proefdieronderzoek vindt men aanwijzingen dat intra-uteriene blootstelling aan overmatig geluid het gehele auditore systeem kan beïnvloeden en beschadigen. Deze effecten kunnen blijvend zijn.[10] Zoals bekend is proefdieronderzoek de basis voor toxiciteits- en bijwerkingenonderzoek.
Uit andere wetenschappelijke onderzoeken komt naar voren dat blootstelling van jonge kinderen aan geluid bijzonder nadelige effecten heeft op taal-, spraak- en leerontwikkeling.[11] De effecten van slaapstoornissen zijn beschreven in een overzichtsartikel. Vastgesteld wordt dat dit gepaard gaat met neuronenverlies.[12]

In de recente RIVM-rapporten [13] [14] zijn de schadelijke effecten op de (hersen)ontwikkeling niet meegenomen, hetgeen een aanpassing van de momenteel in Nederland gehanteerde norm noodzakelijk maakt.
Op diverse locaties in Nederland bestaan plannen om windturbines te plaatsen naast grote woonwijken (Amsterdam, Eindhoven), ook met scholen op een paar honderd meter afstand (Den Bosch), hetgeen leidt tot een onacceptabel gezondheidsrisico voor grote groepen kinderen.

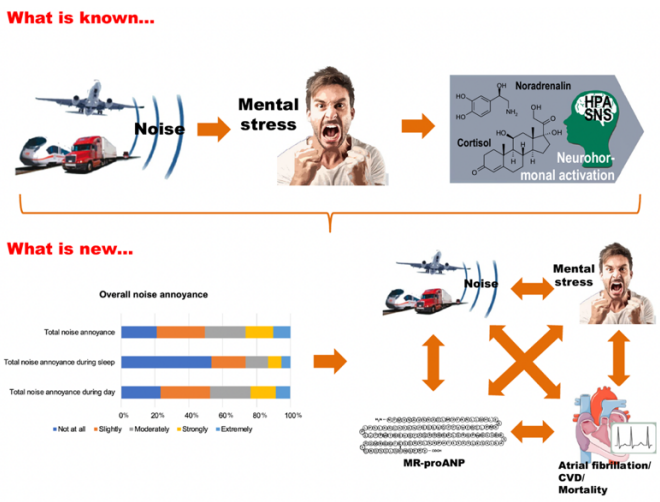
Hoofdstuk 4 Gezondheidseffecten van lawaai in de volwassen bevolking

4.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk bespreken wij de resultaten van recent wetenschappelijk onderzoek naar de gevolgen van windturbinegeluid voor de volwassen bevolking. Wel past hier de kanttekening, dat deze studies allemaal gedaan zijn met (veel) lagere turbines, en ook op (veel) grotere afstand van bewoning dan in de Nederlandse situatie.
Wij noemen hier de hoofdlijnen, in bijlage 2 is de korte bespreking van het betreffende artikel opgenomen.
In 2020 en 2021 is belangrijk onderzoek verschenen naar de mogelijke relatie tussen geluidshinder en het optreden van hart- en vaatziekten.

4.2 HART- EN VAATSTELSEL

Uit diverse onderzoeken blijken aanwijzingen voor een effect van LFG op het risico op beroerte, op acuut myocardinfarct[15], op het optreden van atriumfibrilleren[16] en op een vermindering van de hartvariabiliteit. [17] Een daling van deze variaties in het hartritme is geassocieerd met een hoger overlijdensrisico.
Ook is gebleken dat een indicator voor verhoogd risico op hart- en vaatziekten, het MR-proANP, stijgt bij blootstelling aan omgevingslawaai.[18] zie figuur 1.
Poulsen et al.[19] vonden aanwijzingen voor effectmodificatie door leeftijd, waar bij mensen ouder dan 65 jaar de risico's op hypertensie door omgevingsgeluid toenamen met de leeftijd. Ook vonden zij statistisch significante associaties bij de groep mensen met myocardinfarct en hoge windturbinegeluid blootstellingsniveaus. Daarnaast vonden zij een associatie tussen hogere geluidsniveaus van meer dan 15 dB LFG *binnen de woning* gedurende de 3 nachten voorafgaand aan een opname voor, of overlijden aan, beroerte (relatief risico van 2.3) en hartinfarct (relatief risico van 1.66) ten opzichte van een controlegroep met minder dan 5 dB LFG gedurende de nacht *binnen de woning*. [15]



Figuur 1. De combinatie van lawaai en stress vergroot via diverse interactiemechanismen de kans op hart- en vaatziekten, met MR-proANP als marker

Bräuner et al. [16] stellen vast dat een groep omwonenden van windturbineparken, die gedurende 11 jaar was blootgesteld aan de effecten van nachtelijke WTG, in vergelijking met een groep met de laagste blootstelling aan WTG, een 30% hoger risico had op het ontwikkelen van atriumfibrilleren (HR 1,30 [95%BI=1,05-1,61]).
Chun-Hsiang et al. [17] vonden aanwijzingen voor een vermindering van de variaties in het hartritme door blootstelling aan LFG van windturbines

4.3 GELUIDSHINDER

Guski et al. stellen vast dat het duidelijk is dat het niveau van WTG systematisch gerelateerd is aan annoyance, ook bij geluidsniveaus onder 40 dB. Een kwantitatieve analyse levert inconsistente resultaten op.[20]

Freiberg et al. vonden naast heterogene uitkomsten ten aanzien van slaapverstoringen, kwaliteit van leven, en geestelijke gezondheidsproblemen een '*extensive and diverse body of evidence around health impacts of wind turbines in residential settings, that increased sharply since 2010, showing particularly noise consequences concerning increased noise annoyance with its complex pathways;* Future research needs thorough high-quality and prospective study designs.[21]

Michaud et al.[5] concluderen dat de mogelijkheid dat windturbinegeluid de menselijke gezondheid beïnvloedt controversieel blijft. Michaud heeft jonge en oudere mensen uitgesloten van het onderzoek.
Botelho et al. [22] noemen als belangrijkste bevinding dat blootstelling aan windturbinegeluid een significante invloed heeft op het welzijn van omwonenden.

Haac et al. [23] bevelen een meer holistische benadering van annoyance aan waarin perceptie (hoorbaarheid), persoonlijke evaluatie van geluid (zelf-gerapporteerde annoyance) en symptomen (stressindicatoren, gezondheidseffecten, invloed op slaap) worden meegenomen.

Davy et al. [42], leden van een onafhankelijke wetenschappelijke adviescommissie voor windenergie in Australië, stellen op basis van hun review dat uiteindelijk 'hinder' de primaire maat is om de afstand tussen turbines en bewoning te bepalen. Zij volgen hierin de toenmalige WHO norm van maximaal 9% ernstige hinder ten tijde van hun publicatie (inmiddels sorteert de WHO voor op maximaal 5% ernstige hinder). Zij stellen dat dit percentage wordt bereikt bij een geluidsnorm van 34-40 dB LAeq (10 min) buiten de woning, met een gemiddelde waarde van 37 dB LAeq (10 min).

4.4 SLAAPSTOORNISSEN

Basner et al.[24] stellen vast dat er behoefte is aan onderzoek waarin slaapverstoringen objectief worden gemeten en gerelateerd worden aan geluidsniveaus, evenals associaties tussen slaapverstoringen en windturbinegeluidsniveaus.
Poulsen et al.[25] concluderen dat bij personen van 65 jaar en ouder 5-jaars nachtelijke blootstelling aan hoge windturbinegeluidsniveaus (>42 dB) is geassocieerd met een *statistisch significant verhoogd* risico op het gebruik van slaapmedicatie en antidepressiva.

Morsing et al.[26] concluderen dat er enig effect is van windturbinegeluid op de frequentie van wakker worden, minder N3-slaap, minder continue N2-slaap, toegenomen zelf-gerapporteerde verstoringen en ochtendmoeheid. De amplitudemodulatie had een verstorend effect op 'wakefulness'.
Smith et al.[27] stellen vast dat er een langere Remslaap latentieperiode, en minder Remslaap tijdens Amplitudemodulatie is. Ook stellen zij vast dat nachten met windturbinegeluid onder meer gepaard gaan met een verminderde slaapkwaliteit, en toegenomen moeheid en irritatie en leidt tot een verminderd welbevinden de volgende ochtend.
Michaud et al. [4] vonden een statistisch significante relatie tussen windturbine geluidsniveaus en het gebruik van slaapmedicatie (ten minste eenmaal per week).

4.5 KWALITEIT VAN LEVEN/ WELZIJN

Weichenberger et al.[28] stellen dat in de hersengebieden, die te maken hebben met emotionele en autonome reacties, infrageluid ónder de gehoordrempel, leidt tot een aantal fysiologische en psychologische gezondheidsvraagstukken. Uit f-MRI onderzoek blijkt dat er reactie optreedt in de hersengebieden die betrokken zijn bij het horen en bij het autonome zenuwstelsel.
Hij concludeert o.a. dat de bevindingen ons in staat stellen om hypotheses te formuleren, over hoe continue blootstelling aan 'onhoorbaar' infrasound (IS) een pathogene invloed kan uitoefenen op het organisme. Verdere studies (vooral longitudinale studies) zijn noodzakelijk om deze bevindingen een verdere wetenschappelijke basis te geven.

Tonin et al.[29] beschrijven dat de Australische Senaatscommissie in 2015 concludeerde, dat er in ruime mate bewijs is dat windturbines verantwoordelijk zijn voor klachten van het zogenoemde windturbinesyndroom (Slaapstoornissen, zowel inslaap-als doorslaapproblemen, hoofdpijn, oorsuizen en -pijn, duizeligheidsklachten, wazig zien, misselijkheid, moeheid, prikkelbaarheid, concentratie-problemen, angst, depressie en paniekaanvallen)

Ascone et al.[30] publiceerden zeer recent een longitudinale randomized-control trial naar de invloed van IS op een aantal parameters. In dit onderzoek werden morfologische veranderingen gevonden in de kleine hersenen. De gedragsaspecten veranderden niet, wel rapporteerden de deelnemers een toename van lichamelijke zwakte.

Nguyen en Hansen[31] publiceerden recent onderzoek over het meten en de hoorbaarheid van windturbinegeluid gedurende de nacht, vergeleken met overdag. Zij vonden dat de amplitudemodulatie 's nachts 5 x sterker hoorbaar was bij omwonenden en dat dit gold tot afstanden verder dan 1 kilometer van windparken

Lubner et al.[32] geven aan, dat wat betreft het windturbinesyndroom (zie boven) het bestaan ervan wordt onderkend, maar aangegeven wordt dat het niet volledig wordt begrepen.

De Laat et al.[33] concluderen in hun recente artikel in het Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde dat meer focus op laboratorium- en proefpersonenonderzoek betere verklaringen voor de klachten van omwonenden zal opleveren dan nog meer epidemiologisch onderzoek.

Hoofdstuk 5 Cumulatie van negatieve gezondheidseffecten

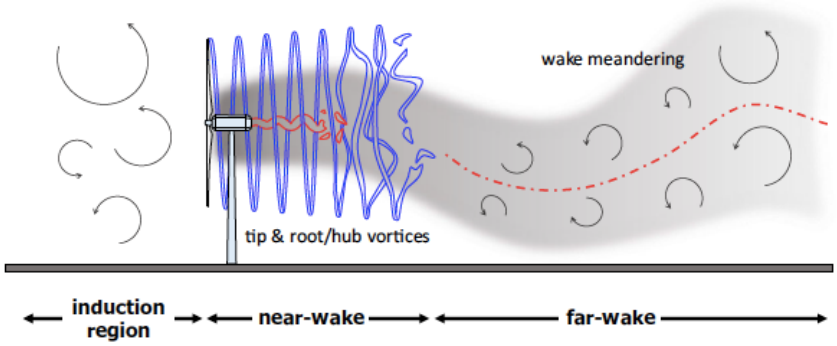
In dit hoofdstuk stippen wij een aantal met windturbines interfererende factoren aan die op medische gronden reden zijn voor zorg, en nader onderzoek.
Het is bekend dat juist de cumulatie van verschillende 'disrupters' leiden tot achteruitgang van de volksgezondheid. Nederland heeft relatief de meeste maligniteiten per inwoner van heel Europa, de op één na sterkste groei van neurodegeneratieve ziekten (ALS, MS, Parkinson, M. Alzheimer) *ter wereld*, niet te verklaren door veroudering van de bevolking.[1]
Het is helaas nog steeds gebruikelijk om voor ieder milieu-item apart een norm vast te stellen en daarbij uit te gaan van reken*modellen* in plaats van *metingen* (en deze vervolgens wel of niet te laten handhaven).
Wij betalen een hoge prijs door niet te kijken naar het cumulatieve effect van onder andere fijnstof, lawaai, lichtvervuiling, annoyance, enz. enz.
Onderzoek naar de veiligheid van grote industriële installaties, wat windturbines zijn, zou moeten plaatsvinden vóórdat deze worden gebouwd, nu wordt de bewijslast omgedraaid.

5.1 WINDTURBINES NAAST SNELWEGEN

Pedersen et al.[34] vonden in hun studie dat windturbinegeluid 's nachts niet gemaskeerd wordt door het geluid van verkeer, zoals dit overdag wel het geval kan zijn. Daardoor leidt geluidsoverlast door windturbines ook langs (snel)wegen tot een toename van slapeloosheid. Chronische slapeloosheid leidt tot een verhoogde kans op hypertensie, depressie, overgewicht en diabetes. Deze ziektes komen al vaker voor in de zoekgebieden in de nabijheid van dichtbevolkte volkswijken. De ziektebeelden zullen naar verwachting door plaatsing van windturbines nog verder toenemen.
In de grote steden zou men extra zorgvuldig moeten wegen of de combinatie van autoverkeer en windturbines langs woonwijken met een lage SES gewenst is.

Visser et al. (TNO, 2005)[35] vonden met een simulatie (windtunnel) onderzoek dat een horizontale-as turbine tot een verlaging zou leiden van de gehaltes aan (ultra) fijnstof bij de snelweg. Dit kan alleen betekenen dat dit fijnstof in de omgeving wordt verspreid.
Fijnstof is een belangrijke negatieve gezondheidsfactor in onze leefomgeving, waarvan geen veilige ondergrens kan worden vastgesteld.

Recenter onderzoek aan 'de wake' achter windturbines bevestigt het bestaan van een lange 'pluim' van toegenomen turbulentie achter de wieken. Deze turbulentie wordt door de windindustrie onderzocht vanwege rendementsverlies, onderzoek naar de gevolgen voor de verspreiding van fijnstof wordt bij ons weten niet verricht.
Deze turbulentie heeft gevolgen tot op onbekende afstand (pleziervliegtuigjes wordt geadviseerd om 2 km afstand in acht houden ten opzichte van turbineparken)
De wake zou theoretisch ook een rol kunnen spelen bij de observatie van omwonenden, dat de geluidsoverlast van snelwegen *toeneemt* door draaiende turbines. Wij hebben dit vertaald in een onderzoeksvraag.



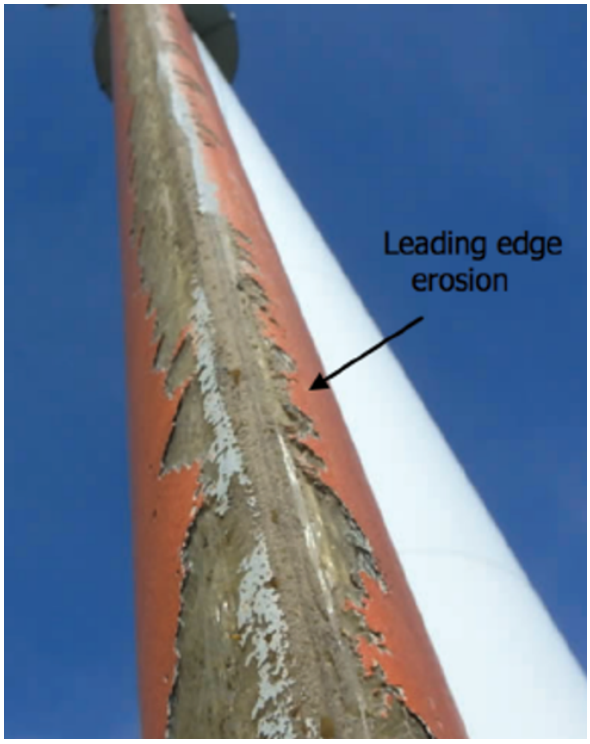
Figuur 2. Schematische weergave van de flow achter een windturbine als gevolg van de interactie tussen de bladen en de inkomende turbulente luchtverplaatsingen.

Hoewel er argumenten zijn om windturbines naast snelwegen te plaatsen, omdat daar maskering van geluid kan optreden en de omgeving al heeft ingeleverd qua natuurschoon, moet in een NRD ook de mogelijkheid van verspreiding van fijnstof worden meegewogen, wanneer een snelweg door een dichtbevolkt gebied voert.
Mutatis mutandis geldt hetzelfde voor plaatsing van turbines op (zwaar) industrieterrein.

5.2 WINDTURBINES ALS BRON VAN EPOXYHARSEN MET BISFENOL A

De wieken van windturbines zijn opgebouwd uit met glas en koolstoffiber versterkte kunststoffen. Deze composieten bestaan doorgaans uit op epoxy gebaseerde polymeren, met polyurethaan als beschermingsfolies.
Door de zeer hoge snelheden, tot wel 300 km/ uur aan de tip, treedt erosie/ slijtage op van de windturbinewiek, in de Engelstalige literatuur de leading edge erosion (LEE) genaamd.
Dit materiaal bestaat uit kleine deeltjes die grotendeels uit epoxyharsen bestaan. Dat komt in de vorm van **mini-en micro plastics** in de omgeving van de windturbine in het water en op het gras terecht. In deze epoxyharsen is ook niet-gebonden Bisfenol A aanwezig, tot 60 mg per kg uitgehard epoxy.
Op grond van -vele- wetenschappelijke studies is er door ons een schatting gemaakt van het materiaalverlies. Deze schatting komt uit op 50 kg verlies van wiekenmateriaal, per wiek per jaar voor een wiek van 60 m lengte. (Zie pagina 10 voor de verantwoording)
Bisfenol A is in diverse landen verboden, omdat het bij *zeer lage* blootstelling een schadelijk effect kan hebben op de ontwikkeling van onder andere het zenuwstelsel en het immuunsysteem van (ongeboren) kinderen, en het de werking van vrouwelijke hormonen (oestrogenen) verstoort. Inmiddels is aangetoond dat het ook de nazaten negatief kan beïnvloeden, doordat het tot in de volgende generaties doorwerkt. De blootstelling voor zwangeren en vrouwen die borstvoeding geven moet tot een minimum beperkt blijven. (RIVM 2022; https://waarzitwatin.nl/stoffen/bisfenol-a).
Uit persoonlijke mededelingen is bekend dat alle 30 windturbines aan de Groningse kust, vervanging of reparaties van de wieken nodig hadden, binnen een jaar na installatie.

De micropartikels worden in de omgeving van de turbine verspreid, en geven daar het niet gepolymeriseerde bisfenol veel sneller af dan was verwacht op basis van de structuur van de wieken. Het verschil in afbraaksnelheid is berekend en komt uit op **dagen** voor de micropartikels, waar het tientallen jaren is voor een intacte wiek.[36]



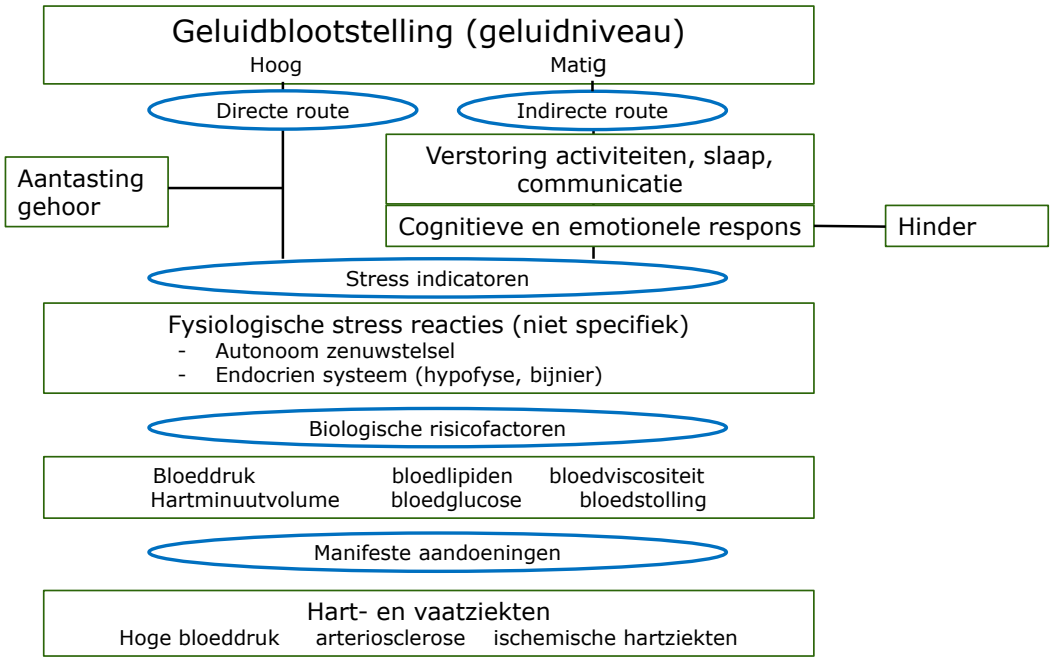
Figuur 3. LEE: (Leading Edge) Erosie van de epoxylaag van een turbineblad

Uit het door ons berekende verlies van 50 kg wiekenmateriaal per wiek per jaar, volgt dat dit 2,7 gram bisfenol *per wiek per jaar* is, gebaseerd op de beschikbare data uit wetenschappelijke publicaties. Deze hoeveelheid zou theoretisch door vissen, andere dieren of planten opgenomen kunnen worden.
Het RIVM doet de aanbeveling om de normen voor bisfenol in de nabije toekomst te heroverwegen. Dit negatieve milieueffect van windturbines zou zwaar moeten wegen vanwege de lange periode waarin er bisfenol A wordt verspreid. Een vervuiling die tot in lengte der dagen aanwezig blijft en een negatieve invloed heeft op de gezondheid van mens en dier.

5.3 WINDTURBINEGELUID IN COMBINATIE MET 'ANNOYANCE'

De WHO heeft in 2018 in haar rapport inzichtelijk gemaakt dat ook langdurige stress door geluidsoverlast tot gezondheidseffecten leidt. Dit is uitgewerkt in de concepten 'directe route' en 'indirecte route', welke tot dezelfde ziektes aanleiding geven: hoge bloeddruk, hart- en vaatziekten, angst, depressie en slaapproblemen.
Als ook tot verhoogde niveaus van stresshormonen, waarvan ook sprake bleek in de onderzoeken bij kinderen die langdurig zijn blootgesteld aan verkeerslawaai.
Ten aanzien van de cardiale effecten hebben wij in hoofdstuk 3 een aantal onderzoeken benoemd, waarin een verhoogd relatief risico op myocardinfarct [15], een verhoogd risico op atriumfibrilleren [16] en de vermindering van de variabiliteit van het hartritme [17] worden gevonden.

Wij hebben ook het recente onderzoek van Weichenberger[28] genoemd, waarin is gevonden dat de ‘poort naar het autonome zenuwstelsel’, de amandelkern, blijkt te worden geactiveerd bij -voor die persoon niet hoorbaar- laag frequent geluid.
Uit deze onderzoeken volgt dat ook hinder via de ‘indirecte route’ tot gezondheidsschade leidt en niet moet worden gebagatelliseerd.
De WHO geeft in 2018 al een voorzet voor een strengere norm voor het te accepteren aantal omwonenden met ernstige hinder. Zij stelt dit aantal bij van maximaal 9% naar maximaal 5% ernstig gehinderden. Zie figuur 4 voor de fysiologische mechanismen en gevolgen daarvan met betrekking tot hart- en vaatziekten.



Figuur 4. Identieke gevolgen bij verschillende ‘routes’ (WHO 2018)

Hoofdstuk 6 Zienswijze op de vragen van de NRD

- *"Wat mist u als belangrijk aandachtspunt voor het milieueffectrapport?*
  - *Bevat de Notitie Reikwijdte en Detailniveau onjuistheden?*
  - *Welke aandachtspunten heeft u voor het verdere proces?"*

In dit hoofdstuk geven wij onze reactie op deze vragen, voorafgegaan door een aantal algemene opmerkingen bij de notitie

Algemene opmerkingen bij de notitie

De visie op negatieve gezondheidseffecten (NGE's) door windturbinegeluid (WTG), die in hoofdstuk 6 van de visie wordt gehanteerd, getuigt van onzorgvuldigheid.
Ook is de toon beledigend voor de omwonende die hinder ondervindt, men probeert in de wijze van formuleren de (soms ernstige) hinder weg te poetsen.

Toelichting:
- in de opsomming van soorten geluid wordt tot driemaal toe, direct een relativering aangebracht. Zo wordt het geluid tussen 400-2000 Hz vergeleken met bandengeruis van autoverkeer. Ook 'instroomgeluid' tot ongeveer 200 Hz is 'ruisachtig' en vergelijkbaar met motorgeluid van wegverkeer. Het infrageluid tot 20 Hz wordt alleen in relatie tot het horen benoemd - onhoorbaar, en dús niet waarneembaar - in tegenstelling tot de uitkomsten van wetenschappelijk onderzoek. (Zoals wij in hoofdstuk 3 lieten zien)
Dan wordt gesteld dat het niveau van het geluid ook nog 'afneemt met de afstand'. Hiermee wordt geen recht gedaan aan de kenmerken van ILFG: het is op afstanden groter dan 10 kilometer nog te meten. De teneur van dit hoofdstuk getuigt van dedain. Het mag bekend worden verondersteld dat het geluid van windturbines vanwege het zwiepende, zoevende en bonkende karakter als veel hinderlijker wordt ervaren dan enige vorm van verkeerslawaai. Daarbij speelt ook de permanente aanwezigheid van de overlast een belangrijke rol.

- De opmerking 'Er is aangetoond dat persoonlijke, situationele en contextuele factoren, die op zichzelf geen directe invloed hebben op de gezondheid, wel de beleving van geluidhinder kunnen versterken' is niet in overeenstemming met de analyse van de WHO. In deze review wordt gesteld dat zowel de directe route als de indirecte route duidelijke invloed hebben op de gezondheid - en wel dezelfde invloed. Deze visie is door het RIVM overgenomen en maakt duidelijk dat de persoonlijke, situationele en contextuele factoren via hinder kunnen leiden tot hoge bloeddruk en hart- en vaatziekten. Zie figuur 1.

- De opstellers van de NRD gaan mee in de mantra van de windturbine-industrie dat 'mensen die eraan verdienen' minder hinder ondervinden. Frame: 'doordat je er niet aan verdient, ervaar je overlast.'

- In Deens onderzoek van Poulsen werden verhoogde relatieve risico's gevonden op hartinfarct en beroerte. Met te lage absolute aantallen voor statistische significantie. Wij vragen ons af, of de Nederlandse combinatie van én een driemaal hogere bevolkingsdichtheid, én het driemaal dichter bij bewoning mogen bouwen van windturbines, én de -inmiddels- 2 x zo hoge windturbines, met de daarbij horende verschuiving van het spectrum naar de lagere frequenties, in Nederland wél tot een statistisch significante verhoging van het aantal beroertes en hartinfarcten zullen leiden.
Wij bevelen aan om dit onderzoeksonderwerp in de NRD op te nemen.

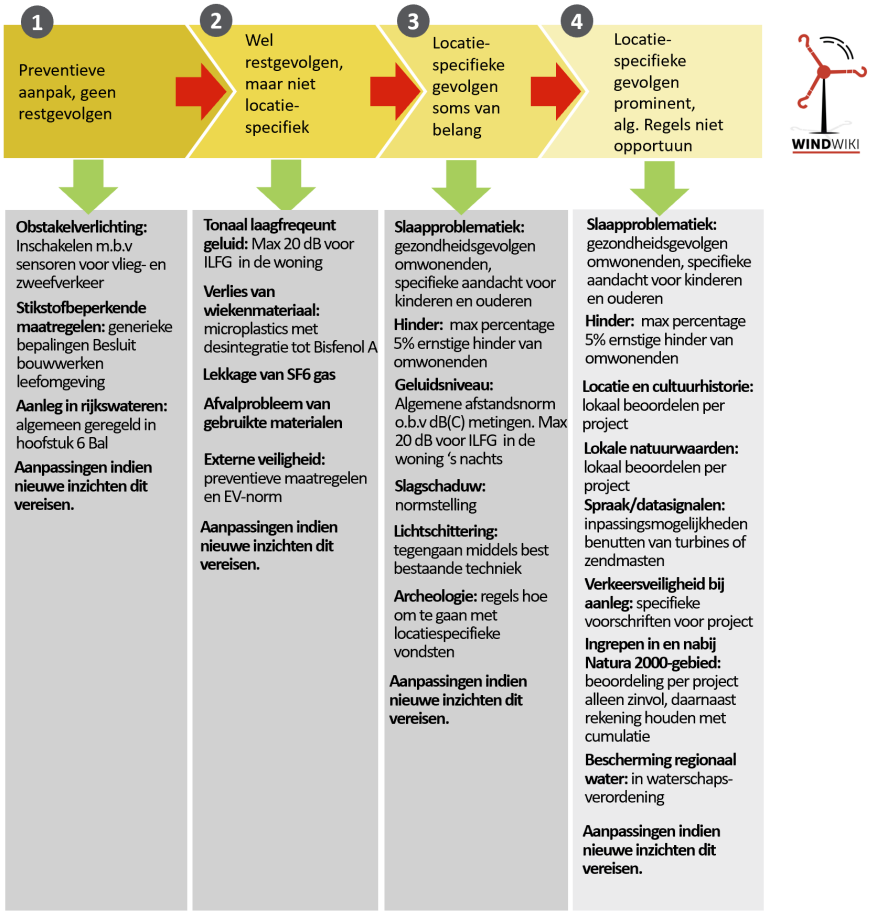
- Er wordt geen expliciete aandacht geschonken aan kwetsbare groepen als kinderen en ouderen. Dit betreft een zeer belangrijk gezondheidsvraagstuk, mede omdat de effecten op kinderen een leven lang kunnen doorwerken. Ook dit onderzoeksonderwerp bevelen wij aan om in de NRD op te nemen, zoals wij nader hebben uitgewerkt. Vanwege de robuuste wetenschappelijke literatuur over de negatieve gevolgen van omgevingslawaai op kinderen moeten extra veiligheidsmarges worden aangehouden bij scholen, flatgebouwen, gezinsvervangende tehuizen, wijken met een lage SES.

- Er is behoefte aan onderzoek waarin slaapverstoringen objectief worden gemeten en gerelateerd worden aan geluidsniveaus. Juist de amplitudemodulatie, zorgt voor het minder diep worden van de slaap en soms tot wakker worden, zoals eerder aannemelijk gemaakt. De gevolgen van slaapstoornissen zijn wetenschappelijk evident: toename van hypertensie, obesitas en dus diabetes, verminderd functioneren van de immuniteit, angststoornissen, depressie en cognitieve stoornissen.

- Het is zeer urgent om een 'vangnet' te formuleren van een niet te overschrijden maximale absolute geluidswaarde *binnen de woning,* vanwege het streven van de windindustrie om het maximale te behalen; een afstandsnorm kan theoretisch de ruimte bieden voor steeds hoger worden van turbines met een relatief groter aandeel van ILFG. In het RIVM-rapport 2009 [37] wordt een richtwaarde van 30 dB 's nachts genoemd, met een daaruit volgende afstandsnorm.
Wij adviseren om ook een maximale norm ILFG binnen de woning in te stellen, zoals in Denemarken sinds 2012 wordt gehanteerd (maximaal 20 dB SPL van ILFG in de woning). Het onderzoek van Poulsen et al. met de relatief verhoogde risico's op beroerte en hartinfarcten ondanks de aanwezigheid van deze strenge norm, moet in een dichtbevolkt land als Nederland tot eenzelfde zorgvuldige norm leiden.

- *"Wat mist u als belangrijk aandachtspunt voor het milieueffectrapport?"*

1. Het is kwalijk dat de gezondheidsaspecten pas in hoofdstuk 6 aan de orde komen, zeer summier behandeld worden, en een aantal onjuistheden bevatten (zie onder).
   Hoofdstuk 6 is blijkbaar na het samenstellen van de tabellen 14 en 15 geschreven. Hierdoor (?) is er de facto geen échte aandacht voor gezondheidsitems. Wij zijn zo vrij geweest om deze in de tabel op te nemen.



Tabel 14 uit de NRD, aangevuld met de gezondheids-items

1. Wij missen de aansluiting bij de norm van maximaal 5% omwonenden met ernstige overlast, die de WHO in haar rapport uit 2018 al noemt (tabel 5 op blz. 21 (5% relevant risk), paragraaf 2.4.3.2 op blz. 22 (idem & 5% highly sleep-disturbed), tabel 6 op blz. 30 (idem)
    - In het plan m.e.r. zou de exercitie uit 2009 van het rapport 'Evaluatie van windturbinegeluid' moeten worden herhaald met deze norm: bij welke afstands-/geluidsnorm wordt gegarandeerd dat maximaal 5% van de omwonenden ernstige hinder ervaart bij de huidige en komende grootte van turbines (> 240 - 300 meter i.p.v. < 100 meter).
      Dit betekent dat er ook een heldere definitie moet worden opgesteld van 'ernstige hinder, matige hinder en lichte hinder' waarmee alle betrokkenen eenduidig kunnen werken. Ook moet helder worden geformuleerd hoe deze informatie vooraf wordt meegenomen in de goedkeuring van windturbineparken, én hoe achteraf wordt gehandeld wanneer de normen niet worden gehaald.
      In lijn met de WHO- analyse van de gevolgen van de 'indirecte route' bij matig lawaai van figuur 4 moet 'hinder' daarbij niet worden afgewimpeld als 'iets dat tussen de oren zit', omdat hiermee belangrijke gezondheidsconsequenties op populatieniveau worden ontkend.

2. Wij missen voldoende expliciete aandachtspunten met betrekking tot welzijn en gezondheid van omwonenden.
    - Gevolgen van windturbinelawaai voor de ontwikkeling en fysieke gezondheid van kinderen.
      Vanwege de gevoeligheid van kinderen voor omgevingslawaai, in combinatie met de grote afstand waarover ILFG zich verspreid, moet in een MER worden onderzocht of er kwetsbare objecten als scholen, of speciale woonvormen voor kinderen, aanwezig zijn in de omgeving van het geplande windpark.
      Daaraan voorafgaand moet in het plan m.e.r een algemene minimale afstand worden bepaald waarbinnen géén turbines geplaatst mogen worden bij scholen of speciale woonvormen.
      Voor kinderen moet met name de nachtrust zo goed mogelijk worden bewaakt. De lengtegroei van kinderen vindt voor 75% plaats tijdens de nachtrust, het functioneren van de immuniteit wordt bevorderd door een goede nachtrust. In het plan m.e.r. moet worden onderzocht hoe dit is te waarborgen.
      Er is dringend behoefte aan goed onderzoek naar de gevolgen van WTN voor de ontwikkeling van kinderen. Dit moet geen nieuwe literatuurstudie worden, maar nieuw concreet onderzoek naar o.a. concentratie van kinderen, reactietijden bij kinderen, de bloeddruk en het gewicht. Al de gezondheidsgevolgen die zijn aangetoond bij verkeershinder, en waarvan kan worden aangenomen dat deze ook door WTG optreden;
    - Idem extra aandacht voor ouderen; doordat ouderen de hogere frequenties minder goed gaan horen, worden de lagere frequenties relatief harder waargenomen. Wij adviseren onderzoek naar óf en in hoeverre ouderen extra gevoelig zijn voor het ILFG, en of dit moet leiden tot een aanpassing van afstands-/ geluidsnormen nabij woonvormen voor ouderen;
    - Overwogen moet worden of het noodzakelijk is voor de volksgezondheid om een extra norm te gaan hanteren voor de nacht, zoals de Denen hebben ingesteld met hun 20 dB ILFG maximaal binnen de woning. Er zou in het plan m.e.r. moeten worden onderzocht of hiermee wordt bevorderd dat de exploitatie van turbines met zo min mogelijk gezondheidsgevolgen voor omwonenden gepaard gaan. (zie onderzoeken Poulsen et al.[15 19 25])
    - Er is een fundamenteel begrip nodig van de relatie tussen ILFG en het optreden van de klachten van omwonenden. Zij kunnen het ILFG immers grotendeels ‘niet horen’ Wat en hoe neemt het lichaam dit waar? Nader onderzoek is nodig om nauwkeurig de effecten van ILFG op het lichaam, m.n. op het vegetatieve waarnemen en de daarmee verbonden effecten op psychisch en emotioneel welbevinden beter in kaart te brengen. Mogelijk verklaart de activering van de amandelkern de duizeligheid, misselijkheid, angstgevoelens en de verhoging van de bloeddruk.
      Dit onderzoek zou in het plan m.e.r. moeten worden opgenomen.
      Belangrijk aandachtspunt: onafhankelijkheid garanderen, door dit onderzoek te laten uitvoeren door de universiteiten en te financieren vanuit een fonds dat wordt gevuld vanuit afroming van de (over)winsten van de windindustrie, o.a. uit subsidies;

3. Wij missen aandacht voor de gevolgen van cumulatie van factoren. In een plan m.e.r. moet dit worden onderzocht: welke gevolgen heeft de positionering van windturbines naast snelwegen voor de geluidsoverlast van omwonenden, en moet zich dit vertalen in extra geluidsmaatregelen of andere voorzorgsmaatregelen. Waarbij moet worden meegewogen dat geluidsschermen vaak het aandeel ILFG hinderlijker maken door het maskeren van het hoorbare geluid, het ILFG wordt er niet door geremd. Dit moet worden onderzocht met metingen (in plaats van berekeningen) van geluidsniveaus tegen gevels en binnen de woningen van omwonenden van de combinatie snelweg/ windpark. Zie onze onderzoeksvoorstellen.

4. Wij missen aandacht voor de milieugevolgen van windturbines.
    - In het plan m.e.r. zou aandacht moeten zijn voor de gevolgen van de positionering van windturbines nabij snelwegen, op de verspreiding van fijnstof in de (woon)omgeving. Idem voor de plaatsing op zware industrieterreinen nabij bewoning. TNO heeft aanwijzingen gevonden voor de verspreiding van fijnstof met een simulatie-onderzoek[35]. Er zou in het plan m.e.r. onderzoek moeten worden opgenomen op basis van metingen óf dit fenomeen inderdaad speelt ten gevolge van de wake, en in welke mate. Daarbij moet worden meegewogen dat er van fijnstof geen veilige ondergrens is te geven.
    - Het belangrijke probleem van de 'leading edge erosion' is tot nu toe alleen onderzocht vanuit het perspectief van rendementsverlies. In het plan m.e.r. moet onderzoek worden opgenomen naar de depositie van epoxyharsen in het (aquatisch) milieu en de halfwaardetijd van de deeltjes met betrekking tot het vrijkomen van bisfenol A in de leefomgeving van omwonenden - met weer speciale aandacht voor kinderen. Zie onze weergave van de tabellen met aandachtspunten voor de vier niveaus;

5. Wij missen de onderkenning dat ook één, twee of drie turbines dermate veel impact op de omwonenden kunnen hebben, dat daarvoor een MER noodzakelijk is, zoals bij 4+ parken. Het is niet te verdedigen dat dit bij minder dan 4 turbines niet zou hoeven plaatsvinden

- *Bevat de Notitie Reikwijdte en Detailniveau onjuistheden?*

De notitie bevat een aantal onjuistheden, in de zin dat aannames en keuzes niet volgens de WHO-adviezen en de Europese richtlijnen zijn.

1. Er wordt een dB(A) maat gehanteerd, terwijl de WHO in 2018 in de 'WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region' stelt dat de dB(A) meting niet geschikt is voor de meting van ILFG. Hiervoor zou een C-filter moeten worden toegepast (en onder de 20 Hz zelfs zonder weging). Deze meer passende methodiek van meten moet in het plan m.e.r. worden opgenomen.

2. Volgens de Europese richtlijn is de jaargemiddelde L_{den} voor de geluidsbelasting *niet geschikt* voor gebruik in het kader van windturbinegeluid. In de EU-richtlijn 2002/49/E wordt gesteld dat de L_{den} ongeschikt is vanwege de sterke wisselingen in het geluid van windturbines. Ook de WHO stelt in 2018 dat L_{den} geen geschikte maat is om WTN te karakteriseren. Bijkomend, belangrijk, argument om geen L_{den} te gebruiken is de rechteloze positie waarin omwonenden worden geplaatst door het ontbreken van de mogelijkheid om de geluidsproductie te controleren.
3. De zinssnede dat er 'geen aanwijzingen zijn dat ILFG andere effecten heeft op omwonenden dan gewoon geluid' (pagina 40) is aantoonbaar *onjuist.*
    - Er is in wetenschappelijk onderzoek een statistisch significante relatie gevonden tussen het optreden van boezemfibrilleren en het verblijven in de nabije omgeving van windturbines.[16]
    - Er is in 2021 wetenschappelijk onderzoek verschenen waarin werd gevonden dat de variaties in het hartritme, een indicator van vitaliteit, verminderen in de nabijheid van WTN.[17]
    - In laboratoriumonderzoek blijkt ILFG *onder de gehoorgrens* aanleiding te geven tot reacties in de gehoorcentra, als ook in een hersendeel van het autonome zenuwstelsel (de rechter amandelkern), gepaard gaand met gevoelens van onrust, misselijkheid en duizeligheid bij de proefpersonen. [28]
    - Door Poulsen et. al. een verhoogd *relatief risico* gevonden op een hersenbloeding bij mensen die de drie nachten daarvoor aan meer dan 15 dB ILFG waren *blootgesteld in de woning*, in vergelijking met mensen die minder dan 5 dB ILFG in de woning hadden, dit RR bedroeg 2.3. Voor hartinfarct was het RR 1.67.[15] Dit is een belangrijke bevinding, hoewel de absolute aantallen in dit Deense onderzoek te laag waren om statistisch significant te zijn. Maar: de Denen worden beschermd met een minimale afstand van 1050 meter tot bewoning en met een *aanvullende* norm van maximaal 20 dB ILFG binnen de woning gedurende de nacht.
4. Op pagina 40 van de NRD staat 'Er is ook onderzoek gedaan naar slaapverstoring door windturbines. Er kunnen geen conclusies worden getrokken over de samenhang van het geluidniveau van windturbinegeluid en slaapverstoring, omdat de resultaten van onderzoek niet eenduidig zijn.' Naar onze mening wordt dit gebrek aan eenduidigheid vooral veroorzaakt door het gebruik van verschillende onderzoeksmethodieken, waardoor de resultaten niet vergelijkbaar zijn. Daarom worden deze relaties soms wel en soms niet gevonden worden. Dit betekent dat er meer, goed aanvullend onderzoek nodig is. Wij missen dit in dit voorstel.

- *Welke aandachtspunten heeft u voor het verdere proces?"*

1. Er zou ook voor windturbines een maatschappelijke kosten-batenanalyse moeten worden opgesteld, waarbij de geluidsnormen en de daarmee samenhangende afstandsnormen waarmee wordt gerekend, mede door ethici, medici, epidemiologen worden gewogen (in de afgelopen 10 jaar zijn medici niet gevraagd om bij te dragen aan beleid en onderzoek naar WTG);

2. Ook moet er aandacht zijn voor beperking van de invloed van lobbyisten vanuit de NWEA. Het onderzoek vanuit het plan m.e.r. moet door (financieel) onafhankelijke instellingen worden uitgevoerd - bijvoorbeeld de universiteiten. Gefinancierd met geld dat wordt afgeroomd van de subsidies (overwinsten) van de windindustrie;
3. In Denemarken is onderkend dat er een 'vangnet' zou moeten zijn binnen de normering. Naast de (voormalige) afstandsnorm van 1050 meter, en de huidige afstandsnorm van 4x de tiphoogte, bestaat de norm van maximaal 20 dB ILFG *binnen de woning*. Dit zou ook voor Nederland moeten worden uitgewerkt. Dit vanwege het risico dat een afstandsnorm inadequaat kan zijn bij de komende hogere turbines. Ook een geluidsnorm heeft dit risico, wanneer deze niet ook wordt gespecificeerd voor laagfrequent geluid binnen de woning en niet met de correcte methodiek wordt gemeten;
4. Stel een norm op met marge. Uit de maatschappelijke onrust van betrokkenen die al moeten leven met de overlast van windparken (Spui, N33, Nederweert) moeten lessen worden getrokken. De windindustrie zoekt de uitersten op, de burger moet daartegen worden beschermd;
5. Doe onderzoek naar trillingen die via de grond worden doorgegeven (deze worden 's nachts in bed waargenomen);
6. Denk na over de mogelijkheden om burgers bij onderzoek te betrekken;
7. Evalueer de opties van gadgets waarmee onderzoek is te doen, op voorwaarde van goede ICT-ondersteuning; bv een Garmin forerunner, waarmee ook stressniveaus zijn te meten;
8. Het plan m.e.r. moet worden afgerond vóórdat het vaststellen van de uiteindelijke normen kan plaatsvinden. Ook dit is een voorwaarde voor onafhankelijkheid;
9. Ook infrasoon geluid is een onderdeel van de te onderzoeken aspecten voor omwonenden. De NRD besteedt hier op geen enkel moment aandacht aan, ergo ontkent het feit dat mensen dit wel waarnemen.

Bijlage 1

BESPREKING VAN DE SAMENVATTING VAN LITERATUUR OVER DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN OMGEVINGSLAWAAI BIJ KINDEREN

In deze bijlage bespreken wij meer in detail de uitkomsten van de ons bekende onderzoeken naar de invloed van omgevingsgeluid op diverse parameters bij kinderen, met dank aan dhr. Dick Bijl, oud huisarts en epidemioloog.
Dit betreft het optreden van laag geboortegewicht en vroeggeboorte, veranderingen in (stress)hormonen,

3.1 Laag geboortegewicht en vroeggeboorte

In twee reviews van Hohmann et al. (2013)[41] en Ristovska et al. (2014)[42] zijn geen consistente relaties gevonden tussen langdurige blootstelling aan geluid en zwangerschapsuitkomsten. De geluidniveaus varieerden in de onderzoeken, maar waren minimaal 78 dB(A) en voor vliegverkeer 65 dB(A). Het onderzoek van Hohmann et al. vond een suggestie voor een relatie tussen omgevingsgeluid en laag geboortegewicht, maar geen significant bewijs.

Het systematische literatuuroverzicht van Hohmann omvat 29 onderzoeken. Daarvan waren 8 cohortonderzoeken, 4 patiëntcontrole-onderzoeken en 17 dwarsdoorsnedeonderzoeken, het merendeel van onderzoek uit een lage categorie van wetenschappelijk bewijs. De resultaten van de onderzoeken zijn als volgt:
'Chronic noise exposure during pregnancy was not associated with birth weight, preterm birth, congenital anomalies, perinatal and neonatal death based on 6 cohort, 4 case–control, and 2 cross-sectional studies. There was some evidence supporting an association of chronic noise exposure with increased systolic blood pressure and stress hormone levels in urine and saliva in children evaluating 2 cohort and 15 cross-sectional studies.

Het onderzoek van Ristovska bevat 2 prospectieve onderzoeken, 10 patiëntcontrole-onderzoeken en 2 dwarsdoorsnede-onderzoeken. De resultaten vermelden:
We included 14 epidemiological studies related to occupational noise exposure and nine epidemiological studies related to environmental noise exposure. There was some evidence for associations between occupational noise exposure and low birthweight, preterm birth and small for gestational age, either independently or together with other occupational risk factors. Five of six epidemiologic studies, including the two largest studies, found significant associations between lower birthweight and higher noise exposure. There were few studies on other outcomes and study design issues may have led to bias in assessments in some studies.

Conclusie. Op basis van deels dierproefonderzoek, deels op de algemene populatie gebaseerd cohortonderzoek en ander prospectief onderzoek is er een vermoeden van een associatie tussen negatieve zwangerschapsuitkomsten, waaronder met name omgevingsgeluid en laag geboortegewicht.

3.2 Hormonale reacties

Een longitudinaal onderzoek van **Evans et al.** (1995, 1998)[38 39] laat zien dat adrenaline en noradrenaline niveaus van kinderen omhooggaan bij blootstelling aan geluid van vliegverkeer boven 68 dB(A). Echter, het onderzoek van Evans et al. (1995, 1998) en het onderzoek van Haines et al. (2001)[43] tonen geen consistente relatie tussen geluid van vliegverkeer en urinecortisol aan.

Het onderzoek van **Haines**[49] is een vergelijkend onderzoek bij 340 leerlingen (en ouders en leerkrachten) uit een gebied met een hoog geluidsniveau en een met laag niveau. Er werden diverse psychologische parameters (bv. depressie, angst) onderzocht, begrijpend lezen, annoyance, geheugen, en ook de concentratie van cortisol in de urine. De metingen werden verricht op 3 dagen met elk een week ertussen.
De onderzoekers stellen het volgende:
"Chronic aircraft noise exposure was associated with higher levels of noise annoyance and poorer reading comprehension measured by standardized scales with adjustments for age, deprivation and main language spoken. Chronic aircraft noise was not associated with mental health problems and raised cortisol secretion. The association between aircraft noise exposure and reading comprehension could not be accounted for by the mediating role of annoyance, confounding by social class, deprivation, main language, or acute noise exposure."

De onderzoekers concluderen: These results suggest that chronic aircraft noise exposure is associated with impaired reading comprehension and high levels of noise annoyance but not mental health problems in children.
De onderzoekers sluiten de discussieparagraaf af met het volgende:
However, the results are consistent with previous research (Cohen et al. 1980, 1981, 1986; Evans & Lepore, 1993; Evans et al. 1995; Evans & Maxwell, 1997). As environmental noise exposure is ubiquitous and increasing, the effects of noise on children's education may affect increasing numbers of children in the general population. This is potentially an important health and education problem.
De onderzoekers stellen een associatie vast tussen chronisch vliegverkeergeluid en gestoord begrijpend lezen. Aangezien de blootstelling aan omgevingsgeluid zal toenemen, zullen meer kinderen hieraan worden blootgesteld en zal dit mogelijk een belangrijk gezondheids- en onderwijsprobleem vormen.

Het prospectieve (metingen op 2 dagen) onderzoek van **Evans** (1995)[38] werd verricht gedurende 2 dagen bij 135 basisschoolkinderen, zowel uit een gebied met veel geluid als een met weinig geluid. De resultaten toonden dat blootstelling aan sterk vliegverkeergeluid leidt tot neuro- endocriene (verhoogde concentraties van de catecholaminen adrenaline en noradrenaline, niet van cortisol) en cardiovasculaire parameters (verhoogde rustwaarde systolische bloeddruk), slechter lange termijngeheugen, fouten in standaard leestesten en een verminderde kwaliteit van leven.
Ik concludeer dat (langdurige) blootstelling aan vliegverkeergeluid bij schoolkinderen is geassocieerd met uiteenlopende somatische en psychologische effecten, zoals verhoogde systolische bloeddruk, verhoogde catecholamine-concentraties, slechtere leer school- en leerprestaties en kwaliteit van leven.

In een ander prospectief onderzoek van **Evans** (1998) [39] werden 217 kinderen gedurende 2 jaar gevolgd voor en na de ingebruikname van een internationaal vliegveld in München. Er werden psychologische en laboratorium- en lichamelijke onderzoeken verricht. De resultaten toonden dat de systolische bloeddruk statistisch significant was verhoogd in vergelijking met de uitgangswaarden. De catecholamine-concentraties waren eveneens statistisch significant verhoogd, een aanwijzing voor (psychologische) stress. Kinderen rapporteerden een verminderde kwaliteit van leven.

Conclusie. Er zijn aanwijzingen uit prospectief onderzoek dat chronische blootstelling aan vliegverkeergeluid is geassocieerd met verhoogde systolische bloeddruk, verhoogde catecholamine concentraties in de urine, verminderde leerprestaties en verminderde kwaliteit van leven.

3.3 Bloeddruk

Een review van Paunovic et al.[44] uit 2011 vond een kleine verhoging van de bloeddruk bij kinderen bij toenemend geluid van vliegverkeer. Het geluid van wegverkeer had een sterkere relatie met verhoging van de systolische bloeddrukwaardes. De gehanteerde methodologie voor de onderzoeken uit de review was verschillend. Er is niet direct op te maken wat de geluidniveaus in de onderliggende onderzoeken waren.

Het literatuuronderzoek onderzoek van **Paunovic** (2011) stelt het volgende:
Objective: The goal of this review was to investigate methodological differences in studies on the effects of aircraft or road-traffic noise on blood pressure (BP) of urban children, emphasizing the similarities and differences in blood pressure measurements.
Methods: A literature search has identified eight peer-reviewed studies, four conference proceedings and one PhD thesis on the effects of aircraft or road-traffic noise on children's blood pressure published in English in the last 30 years. Most of the studies were cross-sectional, and four studies were longitudinal, with follow-up period from one to three years. The studies were analyzed according to the following methodological issues: study design, children's characteristics, noise exposure assessment and blood pressure measurements. The effects of noise on systolic and diastolic pressure were presented in detail.
Results: Studies on aircraft noise had more uniform methodology, indicating a slight tendency towards a positive relationship between aircraft noise exposure and BP in children. The studies on road-traffic noise were methodologically diverse, but compared to aircraft noise studies they showed a more uniform trend in the direction of a positive relationship with systolic BP. The time, place, and number of BP measurements, as well as the devices and cuff sizes varied among the studies. Children's age, gender, body composition and ethnicity, and socio-economic status remain the greatest source of diversity in BP values.

Conclusions: The reviewed studies were methodologically diverse concerning noise exposure assessment, BP measurement, study design and control for confounders. In spite of this, they indicate a tendency toward positive association between noise exposure and children's blood pressure. We recommended strategies that might help researchers adopt similar procedures when measuring BP in future field studies.

Conclusie. Op basis van het literatuuronderzoek kan worden gesteld dat er sprake lijkt van een associatie tussen blootstelling aan geluid en verhoging van de systolische bloeddruk bij kinderen.

3.4 Geluidshinder

Uit een onderzoek van Kempen et al. (2009)[40] blijkt dat het percentage ernstig gehinderde kinderen op school door geluid van vliegverkeer omhooggaat van 5,1% bij 50 dB naar 21,1 % bij 60 dB. In hetzelfde onderzoek is een lineair verband gevonden tussen geluid door wegverkeer en hinder reacties. Over het algemeen, bij geluidniveaus boven 55 dB, waren kinderen minder gehinderd dan hun ouders. De relaties zijn ook aangetoond in het longitudinaal onderzoek van Seabi [45] (2013).

Het onderzoek van **van Kempen** (2009)[40] is een secundaire analyse van een dwarsdoorsnede-onderzoek.
Since annoyance reactions of children to environmental noise have rarely been investigated, no source specific exposure-response relations are available. The aim of this paper is to investigate children's reactions to aircraft and road traffic noise and to derive exposure-response relations. To this end, children's annoyance reactions to aircraft and road traffic noise in both the home and the school setting were investigated using the data gathered in a cross-sectional multicenter study, carried out among 2844 children aged 9 – 11 years attending 89 primary schools around three European airports. An exposure-response relation was demonstrated between exposure to aircraft noise at school LAeq,7–23 h and severe annoyance in children: after adjustment for confounders, the percentage severely annoyed children was predicted to increase from about 5.1% at 50 dB to about 12.1% at 60 dB. The findings were consistent across the three samples. Aircraft noise at home LAeq,7–23 h demonstrated a similar relation with severe annoyance. Children attending schools with higher road traffic noise LAeq,7–23 h were more annoyed. Although children were less annoyed at levels above 55 dB, the shapes of the exposure-response relations found among children were comparable to those found in their parents.

Het onderzoek van **Seabi (2013)** [41] is een prospectief cohortonderzoek bij Zuid-Afrikaanse kinderen.
The purpose of this study was to investigate health and annoyance reactions to change in chronic exposure to aircraft noise on a sample of South African children. It was the intention of this study to examine if effects of noise on health and annoyance can be demonstrated. If so, whether such effects persist over time, or whether such effects are reversible after the cessation of exposure to noise. A cohort of 732 children with a mean age of 11.1 (range = 8–14) participated at baseline measurements in Wave 1 (2009), and 649 (mean age = 12.3; range = 9–15) and 174 (mean age = 13.3; range = 10–16) children were reassessed in Wave 2 (2010) and Wave 3 (2011) after the relocation of the airport, respectively. The findings revealed that the children who were exposed to chronic aircraft noise continued to experience significantly higher annoyance than their counterparts in all the waves at school, and only in Wave 1 and Wave 2 at home. Aircraft noise exposure did not have adverse effects on the children's self-reported health outcomes. Taken together, these findings suggest that chronic exposure to aircraft noise may have a lasting impact on children's annoyance, but not on their subjective health rating. This is one of the first longitudinal studies of this nature in the African continent to make use of an opportunity resulting from the relocation of airport.

Conclusie. Het onderzoek van Van Kempen et al. is een lage categorie van wetenschappelijk bewijs, namelijk een secundaire analyse van een dwarsdoorsnede-onderzoek. De onderzoekers vonden aanwijzingen dat het percentage ernstig gehinderde kinderen op school door geluid van vliegverkeer omhooggaat van 5,1% bij 50 dB naar 12,1% bij 60%. De conclusie van het prospectieve cohortonderzoek van Seabi et al. is verontrustend. Chronische blootstelling aan vliegverkeergeluid heeft een langdurig effect op de door kinderen ervaren hinder, wat overigens niet doorwerkt in de subjectief ervaren gezondheid.

3.5 Slaapstoornissen

Er is beperkt onderzoek gedaan naar de effecten van omgevingsgeluid op slaapstoornis van kinderen. Wel blijkt uit onderzoek van **Pirrera** et al. (2010)[47] en de WHO (2009) dat kinderen een kwetsbare groep zijn als het gaat om de

gevolgen van slaapstoornissen. Öhrström et al. (2006)[48] vonden een relatie tussen geluid door wegverkeer in de nacht en 'slaapkwaliteit' en slaperigheid overdag.

Het onderzoek van Pirrera is een niet-systematisch literatuuronderzoek naar de effecten van nachtelijk verkeersgeluid op slaap en gezondheid. Gesteld wordt dat:
"Research on the impact of nocturnal road traffic noise on sleep and the consequences on daytime functioning demonstrates detrimental effects that cannot be ignored. The physiological reactions due to continuing noise processing during nighttime lead to primary sleep disturbances, which in turn impair daytime functioning. This review focuses on noise processing in general and in relation to sleep, as well as methodological aspects in the study of noise and sleep. More specifically, the choice of a research setting and noise assessment procedure is discussed and the concept of sleep quality is elaborated. In assessing sleep disturbances, we differentiate between objectively measured and subjectively reported complaints, which demonstrates the need for further understanding of the impact of noise on several sleep variables. Hereby, mediating factors such as noise sensitivity appear to play an important role. Research on long term effects of noise intrusion on sleep up till now has mainly focused on cardiovascular outcomes. The domain might benefit from additional longitudinal studies on deleterious effects of noise on mental health and general well-being.
Its public health importance lies in the protection of vulnerable groups such as children, the elderly and the chronically ill, but also in the fact that the number of people being exposed to nocturnal and daytime noise is still growing
Finally, specific target groups such as children, the elderly and ill persons are vulnerable and need specific attention. Shift- and night workers also form a risk group, as their working schedule implies sleeping at unusual times, mostly in periods when road traffic noise is at its maximum."

Deze onderzoekers stellen dus, dat het effect van nachtelijk verkeersgeluid op slaap en het functioneren overdag schadelijk zijn en niet genegeerd kunnen worden. Met name is prospectief onderzoek nodig naar de schadelijke effecten van geluid op de geestelijke gezondheid en algemeen welzijn

Het onderzoek van **Ohrstrom (2006)** is een gecombineerd onderzoek met vragenlijsten, slaapregistratie en actigrafie naar de effecten van verkeersgeluid bij kinderen en hun ouders.
Socio-acoustic studies were conducted in residential areas in Sweden exposed to different levels of road traffic noise. The objectives were to evaluate exposure–effect relationships between road traffic noise and sleep quality and to compare sleep assessed by sleep logs and wrist-actigraphy for children and parents. The main study involved interviews with 160 children (9–12 years old) and 160 parents. For children a significant exposure–effect relationship was found between road traffic noise and sleep quality as well as problems with daytime sleepiness. Results from the in-depth study showed that children had better perceived sleep quality and fewer awakenings than parents, although sleep assessed by wrist-actigraphy indicated a better sleep for parents.

3.6 Kwaliteit van leven/ welzijn/ psychiatrische stoornissen

Het longitudinale onderzoek van Evans et al. (1995, 1998)[38 39] suggereert dat geluid van vliegverkeer de mentale gezondheid van kinderen niet beïnvloedt, maar er mogelijk wel een relatie is tussen geluid van weg- en vliegverkeer en het zelf gerapporteerde gevoel van welzijn van kinderen. Ook andere onderzoeken van Haines et al. (2001)[49] en Stansfeld et al. (2005)[50] bevestigen dit beeld.

Haines stelt een associatie vast tussen chronisch vliegverkeergeluid en gestoord begrijpend lezen. **Evans** stelt dat er aanwijzingen zijn dat chronische blootstelling aan vliegverkeergeluid is geassocieerd met verhoogde systolische bloeddruk, verhoogde catecholamineconcentraties in de urine, verminderde leerprestaties en verminderde kwaliteit van leven. Beide onderzoeken zijn prospectief van opzet.

Stansfeld et al. verrichten een dwarsdoorsnede-onderzoek met 2844 kinderen van 9-10 jaar oud in Nederland, Spanje en het Verenigd Koninkrijk, die nabij vliegvelden woonden
Zij vonden: linear exposure-effect associations between exposure to chronic aircraft noise and impairment of reading comprehension (p=0·0097) and recognition memory (p=0·0141), and a non-linear association with annoyance (p<0·0001) maintained after adjustment for mother's education, socioeconomic status, longstanding illness, and extent of classroom insulation against noise. Exposure to road traffic noise was linearly associated with increases in episodic

memory (conceptual recall: p=0·0066; information recall: p=0·0489), but also with annoyance (p=0·0047). Neither aircraft noise nor traffic noise affected sustained attention, self-reported health, or overall mental health.
De onderzoekers concluderen dat: Our findings indicate that a chronic environmental stressor—aircraft noise—could impair cognitive development in children, specifically reading comprehension. Schools exposed to high levels of aircraft noise are not healthy educational environments.

Conclusie. Er is een associatie uit prospectief onderzoek tussen chronisch vliegverkeergeluid en uiteenlopende lichamelijke en psychische stoornissen en: gestoord begrijpend lezen, verhoogde systolische bloeddruk, verhoogde catecholamine-concentraties in de urine, verminderde leerprestaties en verminderde kwaliteit van leven.

3.7 Leerprestaties

Evans & Hygge laten in hun review zien dat er ruim 20 onderzoeken zijn waarin het negatieve effect van omgevingsgeluid op leerprestaties van kinderen is aangetoond. Verschillende onderzoeken, zoals Haines et al. (2001) en Cohen et al. (1981), laten zien dat kinderen die langdurig worden blootgesteld aan geluid van weg- en vliegverkeer slechtere leerprestaties hebben op het gebied van begrijpend lezen en geheugenprestaties dan kinderen die hier niet aan blootgesteld worden. Het onderzoek van Lercher et al. (2002)[51] stelde een relatie vast tussen kinderen die worden blootgesteld aan geluidniveaus hoger dan 60 dB(A) (van spoor- en wegverkeer) en een slechter geheugen, maar niet met aandachtsproblemen. Volgens Evans & Lepore (1993)[52] beïnvloedt omgevingsgeluid de volgende taken het meeste: verwerken van informatie en taalbegrip, zoals lezen, problemen oplossen en geheugenprestaties.

Het onderzoek van **Evans en Hygge** (2007) is een hoofdstuk in een boek en het is niet duidelijk of er sprake is geweest van peer review.
Haines stelt, zoals hierboven besproken, een associatie vast tussen chronisch vliegverkeergeluid en gestoord begrijpend lezen.

Evans & Lepore deden een prospectief en dwarsdoorsnede-onderzoek naar de effecten van vliegverkeergeluid op basisschoolleerlingen. Onderzocht werden de effecten van geluid op: aandacht strategieën, aangeleerde hulpeloosheid, prestaties bij cognitieve taken en bloeddruk. Over het algemeen was er enig bewijs voor aanpassing aan lawaai gedurende de periode van 1 jaar. Geluidsreductie had kleine positieve effecten op cognitieve prestaties, het vermogen van kinderen om hun leraren te horen en schoolprestaties.

Lercher (2003) onderzocht bij 123 basisschoolleerlingen cognitieve effecten van chronisch geluid. Chronic noise exposure was significantly related to both intentional and incidental memory. Recognition memory was also worse for the chronically noise-exposed children. No effects of chronic noise exposure were seen on visual search performance. These noise effects occur at lower, more typical noise levels as found in residential areas in Europe and North America in contrast to prior noise and cognition effects around airports and other loud noise sources.

Conclusie: Chronische blootstelling aan vliegverkeergeluid is geassocieerd met geheugenstoornissen en andere cognitieve problemen.

Bijlage 2

BESPREKING VAN DE SAMENVATTING VAN LITERATUUR OVER DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN OMGEVINGSLAWAAI IN DE ALGEMENE BEVOLKING

Met dank aan dhr. Dick Bijl, oud huisarts en epidemioloog, voor het vele werk dat hij hieraan heeft besteed.

Poulsen et al.[19] vonden aanwijzingen voor effectmodificatie door leeftijd, waar bij mensen ouder dan 65 jaar de risico's op hypertensie toenamen met de leeftijd. Ook vonden zij statistisch significante resultaten bij de groep mensen met myocardinfarct en hoge windturbinegeluid blootstellingsniveaus.
Hier is onderzoek gedaan naar de gezondheidsrisico's bij 711.000 inwoners die in dunbevolkt gebied binnen een straal van 10 km van windturbines wonen. Slechts 1100 inwoners wonen binnen 500 meter van windturbines met een tiphoogte tot 100 meter en een geluidsbelasting van 42 dB en hoger. In deze kleine groep (minder dan 1% van het totaal aantal onderzochte bewoners) is wel degelijk een verhoogd risico op hart- en vaatziekten, slapeloosheid, depressie en toename gebruik van antidepressiva en slaapmedicatie aangetoond.

Poulsen et al. [15] vonden daarnaast een associatie tussen hogere geluidsniveaus van meer dan 15 dB LFG *binnen de woning* gedurende de 3 nachten voorafgaand aan een opname voor, of overlijden aan, beroerte (relatief risico van 2.3) en hartinfarct (relatief risico van 1.66) ten opzichte van een controlegroep met minder dan 5 dB LFG gedurende de nacht *binnen de woning*.

Brauner et al. [16.] stellen vast dat een groep omwonenden van windturbineparken, die gedurende 11 jaar was blootgesteld aan de effecten van nachtelijke WTN, in vergelijking met een groep met de laagste blootstelling aan WTN, een 30% hoger risico had op het ontwikkelen van atriumfibrilleren (HR 1,30 [95%BI=1,05-1,61]).

Hahad O et al. [14] concluderen: 'To our knowledge, this is the first study that investigated a close association between noise annoyance and levels of MR-proANP, a marker that reflects vascular endothelial activation and predicts future cardiovascular events in the large cohort of the GHS.' In deze studie wordt een duidelijke associatie gevonden tussen geluidshinder en een biologische indicator, MR-proANP, welke een indicator is voor een verhoogd risico op hart- en vaatziekten.

Chun-Hsiang et al. [17] vinden aanwijzingen voor het ontstaan van hartritmestoornissen (vermindering van de variaties in het hartritme) door blootstelling aan LFG. Uit het abstract het volgende: 'The results suggested that the standard deviations of all the normal-to-normal R–R intervals were reduced significantly, by 3.39%, with a 95% CI = (0.15%, 6.52%) per 7.86 dB (LAeq) of LFN in the exposure range of 38.2–57.1 dB (LAeq). The indoor LFN exposure (LAeq) ranged between 30.7 and 43.4 dB (LAeq) at a distance of 124 – 330 m from wind turbines. Moreover, households built with concrete and equipped with airtight windows showed the highest LFN difference of 13.7 dB between indoors and outdoors. In view of the adverse health impacts of LFN exposure, there should be regulations on the requisite distances of wind turbines from residential communities for health protection.

3.3 GELUIDSHINDER

Guski et al.[20] stellen vast dat het duidelijk is dat het niveau van WT-geluid systematisch gerelateerd is aan annoyance, ook bij geluidsniveaus onder 40 dB. Een kwantitatieve analyse levert inconsistente resultaten op.[20]

Freiberg et al.[21] vonden naast heterogene uitkomsten ten aanzien van slaapverstoringen, kwaliteit van leven, en geestelijke gezondheidsproblemen een '*extensive and diverse body of evidence around health impacts of wind turbines in residential settings, that increased sharply since 2010, showing particularly noise consequences concerning increased noise annoyance with its complex pathways;*
Future research needs thorough high-quality and prospective study designs.[21]

Michaud et al.[4] concludeert dat de mogelijkheid dat windturbinegeluid de menselijke gezondheid beïnvloedt controversieel blijft. Michaud heeft jonge en oudere mensen uitgesloten van het onderzoek.

Botelho et al. [22] noemen als belangrijkste bevinding dat blootstelling aan windturbinegeluid een significante invloed op het welzijn van omwonenden heeft.

Haac et al. [23] bevelen een meer holistische benadering van annoyance aan waarin perceptie (hoorbaarheid), persoonlijke evaluatie van geluid (zelf-gerapporteerde annoyance) en symptomen (stressindicatoren, gezondheidseffecten, invloed op slaap) worden meegenomen.

3.4 Slaapstoornissen

Basner et al.[24] stellen vast dat er behoefte is aan onderzoek waarin slaapverstoringen objectief worden gemeten en gerelateerd worden aan geluidsniveaus, evenals associaties tussen slaapverstoringen en windturbinegeluidsniveaus.

Poulsen et al. [25] concluderen dat bij personen van 65 jaar en ouder 5-jaars nachtelijke blootstelling aan hoge windturbinegeluidsniveaus (>42 dB) is geassocieerd met een *statistisch significant verhoogd* risico om slaapmedicatie en antidepressiva af te halen bij de apotheek.

Morsing et al. [26] concluderen dat er enig effect van windturbinegeluid is op de frequentie van wakker worden, minder N3-slaap, minder continue N2-slaap, toegenomen zelf-gerapporteerde verstoringen en ochtendmoeheid. De amplitudemodulatie had een verstorend effect op wakefulness.

Smith et al.[27] stellen vast dat er een langere Remslaap latentieperiode en minder Remslaap tijdens AM is. Ook stellen zij vast dat windturbinegeluidsnachten onder meer gepaard gingen met een verminderde slaapkwaliteit en de volgende ochtend toegenomen moeheid en irritatie, minder plezier hebben.
Song stelt vast dat annoyance, sensitivity en intensity statistisch significant geassocieerd zijn met slaapstoornissen.

Michaud et al.[4] vonden een statistisch significante relatie tussen windturbine geluidsniveaus en het gebruik van slaapmedicatie (ten minste eenmaal per week).

3.5 Kwaliteit van leven/ welzijn

Weichenberger et al.[28] stellen dat in de hersengebieden die te maken hebben met emotionele en autonome reacties subliminaal (dat wil zeggen ónder het hoorbare niveau) infrageluid aanleiding kan geven tot een aantal fysiologische en psychologische gezondheidsvraagstukken. Uit f-MRI onderzoek blijkt dat er reactie optreedt in de hersengebieden die betrokken zijn bij het horen en het autonome zenuwstelsel.
Hij concludeert o.a. dat de bevindingen ons in staat stellen om hypotheses te formuleren, over hoe continue blootstelling aan (sub-)liminale IS een pathogene invloed kan uitoefenen op het organisme. En ook dat verdere (vooral longitudinale) studies nodig zijn om deze bevindingen een verdere wetenschappelijke basis te geven.

Tonin et al. [29] beschrijven dat de Australische Senaatscommissie in 2015 concludeerde dat er in ruime mate bewijs is dat WT's verantwoordelijk zijn voor klachten van het zogenoemde windturbinesyndroom.

Ascone et al. [30] publiceerden zeer recent een longitudinale RCT naar de invloed van IS op een aantal parameters. Uit het abstract: 'Somatic and psychiatric symptoms, sound-sensitivity, sleep quality, cognitive performance, and structural MRI were assessed pre-post. Null findings emerged for all behavioral variables. Exploratory analyses revealed a trend ($p = .083$) with individuals exposed to IS reporting more physical weakness at post-test ($d = 0.38$). Voxel-based morphometry (VBM) revealed no rGMV increases, but there were decreases within clusters in the cerebellum VIIIa (bilateral) and left angular gyrus (BA39) in verum.' In dit onderzoek werden morfologische veranderingen gevonden in de kleine hersenen. De gedragsaspecten veranderden niet, wel rapporteerden de deelnemers een toename van lichamelijke zwakte.

Nguyen en Hansen [31] publiceerden recent onderzoek over het meten en de hoorbaarheid van windturbinegeluid gedurende de nacht, vergeleken met overdag. **'**The new studies find that night-time 'swoosh' sound – technical referred to as 'amplitude modulation' (AM) – from wind turbines is likely to be heard by neighboring residents up to five times more often than during day-light hours. The noise seems to worsen after sunset when amplitude modulation can be detected for up to 60% of the night-time at distances around 1 km from a wind farm. At greater than 3 km, amplitude modulation also occurs for up to 30% of the night-time.'

Lubner et al. [32] geven aan, dat wat betreft het windturbinesyndroom (slaapverstoringen, hoofdpijn, concentratiestoornissen, prikkelbaarheid, moeheid, duizeligheid, tinnitus en oorpijn) het bestaan ervan wordt onderkend maar aangegeven wordt dat het niet volledig wordt begrepen. Wat betreft infrageluid (0,1-20 Hz) zijn er diverse casuïstische mededelingen en patiënten series gepubliceerd waarin een associatie tussen blootstelling aan deze geluiden in verband is gebracht met klachten zoals duizeligheid, tinnitus en misselijkheid.

Jan de Laat et al. [33] concluderen in hun recente artikel in het Nederlands Tijdschrift voor Geneeskunde dat meer focus op laboratorium- en proefpersonenonderzoek betere verklaringen voor de klachten van omwonenden zal opleveren dan nog meer epidemiologisch onderzoek.

Literatuur

[1] World Health Organization. World Statistical Annual 11: 126-139. Geneva, Switzerland: World Health Organization. www.who int/whosis/mort/table 1. process.cfm. 1980–2015 (2018).https://doi.org/10.1016/j.mehy.2019.03.018

[2] Environmental Noise Guidelines for the European Region. WHO 2018

[3] Stansfeld S, Clark C. Health effects of noise exposure in children. Curr Environ Health Rep 2015;2:171-8. DOI 10.1007/s40572-015-0044-1

[4] Janssen SA. A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *2011* Acoustical Society of America. DOI: 10.1121/1.3653984

[5] Berg, G.P. van den. *(2006*). The sound of high winds: The effect of atmospheric stability on wind turbine sound and microphone noise. s.n.

[6] Michaud, D.S. Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects J. Acoust. Soc. Am. 139 (3), March 2016

[7] Arline L. Bronzaft. The noise from wind turbines: potential adverse impacts on children's well-being. Bulletin of Science, Technology & Society 31(4) 291–295. DOI: 10.1177/0270467611412548

[8] Klatte M, Bergström K, Lachmann T. Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. Front Psychol 2013; 4:578.

[9] Nieuwenhuijsen, MJ. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Adverse Birth Outcomes. 2017. doi:10.3390/ijerph14101252

[10] Hygge S, Evans GW, Bullinger. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren.

[11] **.** Bures Z, Popelar J, Syka J. The effect of noise exposure during the developmental period on the function of the auditory system. Hear Res 2017; 352:1-11. doi:10.1016/j.heares.2016.03.0

[12] Erickson, Newman RS. Influences of background noise on infants and children. Curr Dir Psychol Sci 2017; 26:451-7. https://doi.org/10.1177/0963721417709087

[13] Kamp, I. van, et al. Review of evidence relating to environmental noise exposure and annoyance, sleep disturbance, cardio-vascular and metabolic health outcomes in the context of ICGB. 2019. DOI 10.21945/RIVM-2019-0088

[14] Kamp, I. van, Berg, G.P. van den. Health effects related to wind turbine sound: an update. 2020. DOI 10.21945/RIVM-2020-0150

[15] Poulsen, AH. Short-term nighttime wind turbine noise and cardiovascular events: A nationwide case-crossover study from Denmark. 2018. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.02.030

[16] Bräuner, EV et al. Long-term wind turbine noise exposure and the risk of incident atrial fibrillation in the Danish Nurse cohort. 2019. DOI: 10.1016/j.envint.2019.104915

[17] Chun-Hsiang et al**.** Effects of low-frequency noise from wind turbines on heart rate variability in healthy individuals. 2021. https://doi.org/10.1038/s41598-021-97107-8

[18] Hahad, O. Midregional pro atrial natriuretic peptide: a novel important biomarker for noise annoyance- induced cardiovascular morbidity and mortality? 2021. https://doi.org/10.1007/s00392-020-01645-6

[19] Poulsen, AH. Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: A nationwide cohort study. 2018. https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.08.054

[20] Guski, R. Schreckenberg D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. 2017. doi:10.3390/ijerph14121539

[21] Freiberg A, et al. Health effects of wind turbines on humans in residential settings: Results of a scoping review. 2019. https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.11.032

[22] Botelho A, et al. Effect of Wind Farm Noise on Local Residents' Decision to Adopt Mitigation Measures. 2017. doi:10.3390/ijerph14070753

[23] Haac, TR et al, Wind turbine audibility and noise annoyance in a national U.S. survey: Individual perception and influencing factors. 2017. https://doi.org/10.1121/1.5121309

[24] Basner M. et al. Auditory and non-auditory effects of noise on health. 2013. http://dx.doi.org/10.1016/ S0140-6736(13)61613-X

[25] Poulsen AH, Impact of Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise on Redemption of Sleep Medication and Antidepressants: A Nationwide Cohort Study. 2018. https://doi.org/10.1289/EHP3909

[26] Morsing, JA. Wind Turbine Noise and Sleep: Pilot Studies on the Influence of Noise Characteristics. 2018. doi:10.3390/ijerph15112573

[27] Smith, MG. A laboratory study on the effects of wind turbine noise on sleep: results of the polysomnographic WiTNES study. 2020. doi: 10.1093/sleep/zsaa046

[28] Weichenberger, M. Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold, Evidence from fMRI. 2017. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174420

[29] Tonin, R. A Review of Wind Turbine-Generated Infrasound: Source, Measurement and Effect on Health. 2017. https://doi.org/10.1007/s40857-017-0098-3

[30] Ascone et al. A longitudinal, randomized experimental pilot study to investigate the effects of airborne infrasound on human mental health, cognition, and brain structure. 2021. https://doi.org/10.1038/s41598-021-82203-6.
[31] Nguyen, Hansen K. New measure of wind turbine night noise. 2021. DOI:10.1016/j.measurement.2021.109678
[32] Lubner, RJ. Review of Audiovestibular Symptoms Following Exposure to Acoustic and Electromagnetic Energy Outside Conventional Human Hearing
[33] Laat, J. de. et al. Geluid van industriële windturbines. Ned Tijdschr Geneeskd. 2021;165:D5999
[34] Pedersen et al. Can road traffic mask sound from wind turbines? Response to wind turbine sound at different levels of road traffic sound. Energy Policy Vol. 38 no. 5, 2520-2527.
[35] Visser, G Th. Windtunnelonderzoek naar het effect van horizontale as windturbines op een geluidswal op de lokale NO2 en PM10 concentraties. 2005. TNO-rapport R&I-A R 2005/067
[36] Gigault, J. Nanoplastics are neither microplastics nor engineered nanoparticles; Nature Nanotechnology, 2021. https://doi.org/10.1038/s41565-021-00886-4
[37] Verheijen, E. Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid. Rapport 680300007/2009
[38] Evans, GW. et al. Chronic noise and psychological stress. 1995. Psychological Science 6, 333–338.
[39] Evans, GW. et al. Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress. 1998. Psychological Science 9, 75–77.
[40] Kempen, van E. et al. Children's annoyance reactions to aircraft and road traffic noise. The Journal of the Acoustical Society of America 125, 895 (2009); https://doi.org/10.1121/1.3058635
[41] Hohmann, C et al. Health effects of chronic noise exposure in pregnancy and childhood: A systematic review initiated by ENRIECO. https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2012.06.001
[42] Ristovska, G. et al. Reproductive Outcomes Associated with Noise Exposure — A Systematic Review of the Literature. 2014. https://doi.org/10.3390/ijerph110807931
[43] Haines, MM et al. Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. 2001. doi: 10.1017/s0033291701003282
[44] Paunovic, K. Epidemiological studies on noise and blood pressure in children: Observations and suggestions. 2011. doi: 10.1016/j.envint.2011.03.017
[45] Seabi, J. An Epidemiological Prospective Study of Children's Health and Annoyance Reactions to Aircraft Noise Exposure in South Africa. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2013, *10*(7), 2760-2777; https://doi.org/10.3390/ijerph10072760
[46] Davy, JL. Et al. A Review of the Potential Impacts of Wind Turbine Noise in the Australian Context. 2020. Acoustics Australia (2020) 48:181–197 https://doi.org/10.1007/s40857-020-00192-4
[47] Pirrera, S et al. Nocturnal road traffic noise: A review on its assessment and consequences on sleep and health. Environment International, Volume 36, Issue 5, 2010. https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.03.007
[48] Öhrström, E. et al. Effects of road traffic noise on sleep: Studies on children and adults. 2006. https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2006.06.004
[49] Haines, MM. Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. 2001. DOI: https://doi.org/10.1017/S0033291701003282
[50] Stansfeld, SA. et al. Aircraft and road traffic noise and children's cognition and health: a cross-national study. 2005. The Lancet, https://doi.org/10.1016/S0140-6736(05)66660-3
[51] Lercher, P. Ambient neighbourhood noise and children's mental health. 2002. Occup Environ Med. 2002 Jun;59(6):380-6. doi: 10.1136/oem.59.6.380.
[52] Evans GW. et al. Nonauditory effects of noise on children: A critical review. 1993. Children's Environments, pp. 31-51 (21 pages)