

Zienswijze op de

‘Notitie Reikwijdte en Detailniveau Windmolens
Noorder IJ-plas en Cornelis Douwesterrein’

Simone Brands, kinder- en jeugdpsychiater, bestuurslid Windwiki.nl
Edwin van de Ketterij, moleculair farmacoloog
indieners raadsadressen m.b.t Gezondheid en Windturbines Amsterdam

Februari 2022

Deze zienswijze is tot stand gekomen in samenwerking met Windwiki.nl

INHOUD

INLEIDING, blz. 2

HOOFDSTUK 1, WINDTURBINEGELUID EN GEZONDHEIDSGEVOLGEN VOOR KINDEREN, blz. 3

HOOFDSTUK 2, BISFENOL A EN MICROPLASTICS UIT WIEKENMATERIAAL, blz. 5

HOOFDSTUK 3, CUMULATIE VAN MILIEU-/ GEZONDHEIDSEFFECTEN OP OMWONENDEN, blz.7

HOOFDSTUK 4, GEZONDHEIDSEFFECTEN IN DE VOLWASSEN BEVOLKING, blz. 9

HOOFDSTUK 5, WETENSCHAPPELIJKE ACHTERGRONDINFORMATIE, blz. 10

INLEIDING

Deze zienswijze richt zich alleen en bovenal op de *gezondheidsaspecten* met betrekking tot windturbines en de plaatsing in zeer dichtbevolkt, stedelijk gebied, zoals de Noorder IJ-plas en het Cornelis Douwesterrein.

Wij hebben ons daarbij niet laten beperken tot de gevolgen op de gezondheid van windturbine*geluid* alleen; deze zienswijze omvat ook aspecten met betrekking tot overige invloeden op de gezondheid, zoals milieuvervuiling (door Bisfenol A) en cumulatie van negatieve gezondheidseffecten. Verder zijn de gezondheidseffecten van windturbines op kinderen in deze zienswijze opgenomen.

In het navolgende stuk worden voorstellen voor onderzoek gedaan, die wij met het oog op de gezondheid van omwonenden noodzakelijk achten teneinde na zorgvuldig gezondheidsonderzoek tot een verantwoorde en wetenschappelijk onderbouwde afweging te komen binnen de MER alvorens tot eventuele plaatsing overgegaan zou kunnen worden.

Een dergelijke onderbouwde afweging is noodzakelijk aangezien er na de uitspraak door de Raad van State in juni 2021 geen landelijke normen rondom windturbine*geluid* meer gelden en gemeentes nu, mits zorgvuldig onderbouwd, een eigen afwegingen kunnen maken. Dit vraagt om de allergrootste zorgvuldigheid waarmee dit onderzoek uitgevoerd moet worden en tot zorgvuldige en uitgebreide raadpleging van de relevante beschikbare literatuur. Immers, een belangrijke aanpassing van de leefomgeving mag geen verslechtering voor omwonenden betekenen.

Wij dringen verder aan op toepassing van het voorzorgbeginsel en moet er vanwege de risico's op gezondheidsschade gestreefd worden naar plaatsing alleen op de minst schadelijke locaties (bijvoorbeeld in het Westelijk Havengebied).

In de beleidsafwegingen (incl MER) moeten de effecten op kinderen worden meegewogen, aangezien de gevolgen van een overmaat aan geluid kunnen leiden tot ontwikkelingsachterstanden en daarmee het hele leven kunnen doorwerken. Kinderen zijn niet meegenomen in de tot nu toe beschikbare RIVM rapporten hetgeen een strenge herevaluatie van het beleid noodzakelijk maakt.

HOOFDSTUK 1

WINDTURBINEGELUID EN GEZONDHEIDSGEVOLGEN VOOR KINDEREN

Introductie - probleemschets

Kinderen beneden de 18 jaar worden gewoonlijk geëxcludeerd uit het onderzoek naar de gevolgen van WTG, hoewel juist zij een kwetsbare groep zijn.

Dit is de reden dat wij uitwijken naar de -vele- wetenschappelijke onderzoeken die zijn verricht naar de gevolgen van verkeerslawaai 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.

Er is veel onderzoek gepubliceerd naar de effecten van lawaai op de gezondheid van kinderen.

Het meeste onderzoek is verricht met wegverkeer, treinen en vliegtuigen. Daarbij zijn duidelijk schadelijke effecten aangetoond.¹ Wij noemen de gevonden relaties met laag geboortegewicht en vroeggeboorte², met verhoogde systolische bloeddruk, verhoogde catecholamine concentraties in de urine, verminderde leerprestaties en geheugenstoornissen, verminderde kwaliteit van leven door het ervaren van hinder. Uit andere onderzoeken komt ook naar voren dat blootstelling van jonge kinderen aan geluid bijzonder nadelige effecten heeft op taal-, spraak- en leerontwikkeling.³

De effecten van slaapstoornissen zijn beschreven in een overzichtsartikel. Vastgesteld wordt dat dit gepaard gaat met neuronenvlies.⁴

In de recente RIVM-rapporten^{5 6} zijn de schadelijke effecten op de (hersens)ontwikkeling niet meegenomen; de conclusies in deze rapporten zijn daarom met betrekking tot de gezondheidseffecten op kinderen niet te verantwoorden.

Ondanks de voortgaande bouw van windturbines, waarvan bekend is dat het geluid bij gelijke sterkte meer hinder geeft dan transportgeluid⁸, en waarbij met name 's nachts meer geluid wordt gegenereerd vanwege thermische effecten⁹, wordt geen onderzoek gedaan naar de gevolgen voor (de slaap van) kinderen.

Immers, kinderen (en ouderen) worden geëxcludeerd uit onderzoeken.¹⁰

Het heeft de hoogste urgentie dat er een goede onderzoeksagenda wordt opgesteld voor de gevolgen van windturbinegeluid voor kinderen (en laagfrequent geluid in het algemeen).

ONDERZOEKSVORSTELLEN

- Onderzoeksvragen:
 1. Wat is de nachtelijke expositie aan infrasoen en laagfrequent geluid (ILFG), gemeten in dB(C), in de slaapkamers van kinderen en zwangeren in de omgeving van windturbineparken? Gemeten op afstanden vanaf 350 meter bij de meest gangbare typen windturbines. Met speciale aandacht voor de huidige generatie windturbines van 240-270 meter hoogte;

2. Valt het percentage ernstig gehinderden te verantwoorden wanneer het kinderen en zwangeren betreft?
 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 afstanden vanaf 350 m en wanneer de tiphoogte 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. Als er een (extra) negatieve invloed is op de slaap van zwangeren, is er een associatie met relatief lagere geboortegewichten of vroeggeboortes?
- Onderzoeksopzet:
 1. De metingen in de slaapkamers vinden plaats 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 nachten waarin de windrichting vanuit de windturbines *naar de woning toe* is gericht. Het gaat er om 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 amplitudomodulatie;
 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 gemeten wat de reactietijd van het betreffende kind is. De selectie vindt plaats a.d.h.v. afstand van de woning tot turbines (waarbij tiphoogte als variabele wordt meegenomen), maar ook een groep op basis van afstand van de school tot windturbines.

Noten:

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 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

⁶ Kamp, I. van, Berg, G.P. van den. Health effects related to wind turbine sound: an update. 2020. DOI 10.21945/RIVM-2020-0150

⁷ <https://www.windwiki.nl/wp-content/uploads/2021/11/Gezondheidseffecten-van-windturbinegeluid-D.-Bijl-2021.pdf>

⁸ 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

⁹ 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.

¹⁰ Michaud, D.S. Exposure to wind turbine noise: Perceptual responses and reported health effects *J. Acoust.Soc.Am.* 139 (3), March 2016

HOOFDSTUK 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 (leading edge erosion, LEE) van de wieken ruw, met toenemende luchtweerstand als gevolg.

Als gevolg van de steeds groter wordende turbines en wieken neemt de omtreksnelheid van de wieken toe, waardoor het fenomeen steeds dringender wordt.

Echter verontreiniging van de omgeving met de afgesleten kunststofdeeltjes is een -nog- niet onderzocht aspect. Windmolenwieken 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, of een chemisch verwante vervanger. Dit zijn chemische stoffen die een sterk versturende werking hebben op cellen en weefsels die gevoelig zijn voor het vrouwelijke hormoon, en het immuunsysteem in zijn vroege ontwikkeling ernstig kunnen hinderen. Bisfenol A verspreidt zich in oppervlaktewater, hetgeen bij de Noorder IJ-plas tot problematische situaties kan leiden wanneer verontreiniging van zwemwater (kinderen) optreedt.

De Bisfenol A deeltjes zijn namelijk een bron van steeds grotere zorg, in verband met opname door dieren en mensen, waarbij de deeltjes versturend werken op het functioneren van cellen, organen en hele organismen.

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.^{1 2} 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 niets te vinden over de kwantitatieve omvang van het verlies aan epoxy materiaal gedurende de werking van de windmolen. Op grond van modelstudies met teststukjes epoxy in een regensimulator is een berekening gemaakt van de hoeveelheid epoxy verlies per wiek, per jaar. Dit leidt tot een schatting van circa *150 kg* epoxy verlies per jaar bij een windmolen 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 windmolen. En dit wordt allemaal in de omgeving van de windmolen in het milieu vrijgelaten. Op dit moment is het onmogelijk om een inschatting te maken van het risico dat mens en dier lopen door dit fenomeen.

ONDERZOEKSVORSTELLEN

- Onderzoeksvragen:
 1. Het in kaart brengen van de gemiddelde hoeveelheid epoxy materiaal die per windmolen per jaar vrijkomt;
 2. Het onderzoeken in welke vorm en afmetingen dat epoxy versnipperd wordt (microplastics);
 3. Lokalisatie van de depositie in de omtrek van de windmolen;
 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, waaronder kinderen, in de omgeving van de windmolen;
 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 windmolen eigenaren en/of reparatiebedrijven plaatsvinden;
 2. Veldwerk bij al langer bestaande windmolens waarvan een langere registratie van uitgevoerde reparaties en herstelwerkzaamheden bekend is;
 3. Gedetailleerd veldwerk in combinatie met data uit het SCADA-systeem van de windmolen;
 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 windmolen wieken 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 ander polymeren nader onderzocht zouden moeten worden.

Noten:

¹ Feng, S. Modeling Releases of Polymer Additives from Microplastics into the Aqueous Environment. Department of Civil and Environmental Engineering Duke University. Thesis 2020.

² Gigault, J. Nanoplastics are neither microplastics nor engineered nanoparticles; *Nature Nanotechnology*, 2021.
<https://doi.org/10.1038/s41565-021-00886-4>

HOOFDSTUK 3

CUMULATIE VAN MILIEU-/ GEZONDHEIDSEFFECTEN OP OMWONENDEN

Introductie - probleemschets

De *cumulatie* van verschillende negatieve gezondheidseffecten (NGE's) heeft geleid tot een sterke achteruitgang van de volksgezondheid. 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 enzovoort wordt onvoldoende in samenhang onderzocht en gecontroleerd.

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 infrason 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. 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.

ONDERZOEKSVORSTELLEN

- Onderzoeksvragen:
 1. Wat zijn de aerodynamische kenmerken van de wake van windturbines per type, hoeveel en waar er turbulentie optreedt en over welke afstand deze meetbaar is;
 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?
 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 makkelijker 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 4

GEZONDHEIDSEFFECTEN IN DE VOLWASSEN BEVOLKING

Introductie - probleemschets

Er is veel recent wetenschappelijk bewijs (*zie voor meer uitgebreide informatie blz 13 e.v.*) voor een effect van LFG op het risico op beroerte en hart- en vaatziekten. Bovendien leidt geluidsoverlast door windturbines tot slaapstoornissen bij volwassenen en kinderen, met een scala van gezondheidseffecten en een toename in aanverwant medicatiegebruik tot gevolg. Verder leidt windturbinegeluid tot mentaal onwelbevinden/depressies. Echter, mogelijk is bovenstaande nog een onderschatting van de vermelde problematiek aangezien het beschikbare wetenschappelijke onderzoek zich beperkt tot windturbines van kleinere afmeting, met een lagere geluidsbelasting, op een grotere afstand dan de bij de Noorder IJ-plas en Cornelis Douwesterrein beoogde situatie.

ONDERZOEKSVORSTEL:

- Onderzoek bij reeds bestaande windparken aard, ernst en vóórkomen van elk van de bovengenoemde gezondheidseffecten (hart- en vaatziekten, beroertes, slaapstoornissen en de gevolgen daarvan, psychische klachten, toegenomen aanverwant medicatie gebruik) in een situatie die betrekking heeft op de rondom de Noorder IJ-plas en het Cornelis Douwesterrein beoogde situatie (d.w.z. bij een geluidsniveau opgewekt door hoge turbines, vanaf 350-500 m afstand) in relatie tot het voorkomen van deze aandoeningen in een referentie-populatie zonder blootstelling aan windturbinegeluid
- Onderzoek deze effecten ook op verschillende afstanden van windturbines, namelijk 600m, 1000m, 1500 m
- Doe een nul-meting (bijv gebruikmakend van databestanden van huisartsen en medisch specialisten)
- Maak een afweging, bijv kosten-baten analyse tussen enerzijds de te verwachten gezondheidsschade en hieruit volgende schadeclaims richting windturbine-exploitanten en de kosten t.b.v juridische procesvoering en/of schade-uitkeringen en anderzijds de opbrengsten (winst) van de opgewekte energie.

HOOFDSTUK 5

WETENSCHAPPELIJKE ACHTERGROND INFORMATIE

DE 9 BRADFORD HILL CRITERIA TOEGEPAST OP WINDTURBINEGELUID EN GEZONDHEIDSEFFECTEN	11
GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN LAWAAI BIJ KINDEREN	12
GEZONDHEIDSEFFECTEN IN DE VOLWASSEN BEVOLKING	13
CUMULATIE VAN NEGATIEVE GEZONDHEIDSEFFECTEN	16
BIJLAGEN*	20
1 SAMENVATTING VAN DE LITERATUUR M.B.T DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN OMGEVINGSLAWAAI OP KINDEREN	
2 SAMENVATTING VAN DE LITERATUUR M.B.T DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN OMGEVINGSLAWAAI IN DE ALGEMENE BEVOLKING	
LITERATUURVERWIJZINGEN	29

*Vanwege de hoeveelheid aan medisch onderzoek en de invloed daarvan op de leesbaarheid van onze zienswijze hebben wij deze informatie in twee extra bijlagen ondergebracht.

De 9 Bradford Hill criteria toegepast op de relatie windturbinegeluid en gezondheidseffecten bij omwonenden

In de jaren '90 van de vorige eeuw is uiteindelijk het bewijs, dat roken leidt tot een verhoogde kans op 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 niet te bewijzen, 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 al 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.

Gezondheidseffecten van lawaai bij kinderen

Het heeft zoals hierboven gemeld de hoogste urgentie dat er een goede onderzoeksagenda wordt opgesteld voor de gevolgen van windturbinegeluid op kinderen, inclusief de gevolgen 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.

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 het uitgebreide overzicht gegeven van de wetenschappelijke literatuur.

In een belangrijk overzichtsartikel² wordt het volgende geconcludeerd:

'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 tests.'

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.'

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.² De zorgen spitsen zich met name toe op gehoorverlies met gevolgen voor de cognitieve ontwikkeling.³

Uit proefdieronderzoek vindt men aanwijzingen dat intra-uteriene blootstelling aan overmatig geluid het gehele audire systeem kan beïnvloeden en beschadigen. Deze effecten kunnen blijvend zijn.⁴

Uit andere onderzoeken komt tevens naar voren dat blootstelling van jonge kinderen aan geluid bijzonder nadelige effecten heeft op taal-, spraak- en leerontwikkeling.⁵ De effecten van slaapstoornissen zijn beschreven in een overzichtsartikel. Vastgesteld wordt dat dit gepaard gaat met neuronenvlies.⁶

In de recente RIVM-rapporten ^{7 8} zijn de schadelijke effecten op de (hersens)ontwikkeling niet meegenomen, hetgeen een aanpassing van de momenteel in Nederland gehanteerde norm noodzakelijk maakt.

Het plaatsen van windturbines in dichtbevolkt gebied, zoals bij de Noorder IJ-plas en het Cornemis Douwesterrein leidt tot een onacceptabel gezondheidsrisico voor grote groepen kinderen.

Gezondheidseffecten van lawaai in de volwassen bevolking

INLEIDING

In dit hoofdstuk bespreken wij de resultaten van recent wetenschappelijk onderzoek naar de gevolgen van windturbinegeluid voor de volwassen bevolking.

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.

HART- EN VAATSTELSEL

Uit diverse onderzoeken blijken aanwijzingen voor een effect van LFG op het risico op beroerte, op acuut myocardinfarct, ¹³ op het optreden van atriumfibrilleren ¹⁵ en op een vermindering van de 'hartvariabiliteit'. ¹⁷ Een daling van deze variaties in het hartritme is geassocieerd met een hoger overlijdensrisico.

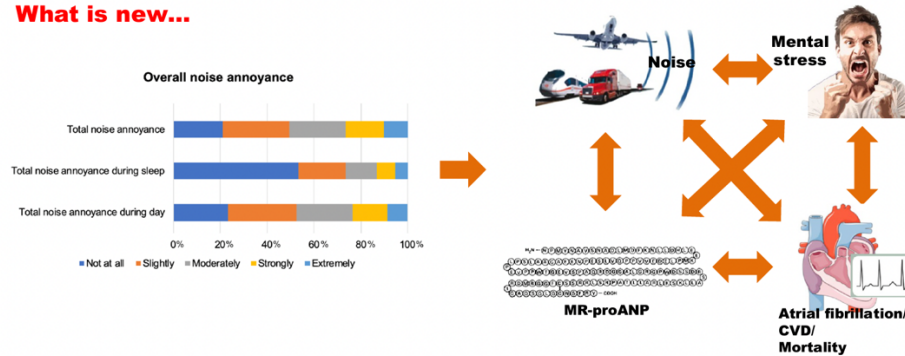
Ook is gebleken dat een indicator voor verhoogd risico op hart- en vaatziekten, het MR-proANP, stijgt bij blootstelling aan omgevingslawaai. ⁹ zie figuur 1.

Poulsen et al. ¹⁰ 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 resultaten 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, een beroerte (relatief risico van 2.3) en een hartinfarct (relatief risico van 1.66) ten opzichte van een controlegroep met minder dan 5 dB LFG gedurende de nacht *binnen de woning*. ¹¹

What is known...



What is new...



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

Brauner et al.¹² stellen vast dat een groep omwonenden van windturbineparken, die gedurende 11 jaar was blootgesteld aan de effecten van nachtelijk WTG, in vergelijking met een groep met de laagste blootstelling aan windturbinegeluid een 30% hoger risico had op het ontwikkelen van atriumfibrilleren (HR 1,30 [95%BI=1,05-1,61]).

Chun-Hsiang et al.¹³ vonden aanwijzingen voor een vermindering van de variaties in het hartritme door blootstelling aan LFG van windturbines.

GELUIDSHINDER

Guski et al. stellen vast dat het duidelijk is dat het niveau van windturbinegeluid systematisch gerelateerd is aan 'annoyance', ook bij geluidsniveaus onder 40 dB. Een kwantitatieve analyse levert inconsistente resultaten op.¹⁴

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.*'¹⁵

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

Botelho et al.¹⁶ noemen als belangrijkste bevinding dat blootstelling aan windturbinegeluid een significante invloed heeft op het welzijn van omwonenden.

Haac et al.¹⁷ 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.

SLAAPSTOORNISSEN

Basner et al.¹⁸ 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.¹⁹ 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.²⁰ 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 ochtendmoehheid. De amplitudemodulatie had een verstrend effect op 'wakefulness'.

Smith et al.²¹ stellen vast dat er een langere Remslaap latentieperiode, en minder Remslaap tijdens Amplitude Modulatie is. Ook stellen zij vast dat windturbinegeluidsnachten onder meer gepaard gaan met een verminderde slaapkwaliteit, en toegenomen moehheid 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).

KWALITEIT VAN LEVEN/ WELZIJN

Weichenberger²² et al. stellen dat in de hersengebieden die te maken hebben met emotionele en autonome reacties, infrageluid onder de gehoordrempel, tóch 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 het autonome zenuwstelsel.

Hij concludeert o.a. dat de bevindingen ons in staat stellen om hypothesen te formuleren, over hoe continue blootstelling aan 'onhoorbaar' infra-sound(IS) een pathogene invloed kan uitoefenen op het organisme. Verdere studies (vooral longitudinale) zijn noodzakelijk om deze bevindingen een verdere wetenschappelijke basis te geven.

Tonin et al.²³ 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.

Ascone et al.²⁴ publiceerde 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 Hansen²⁵ 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. ²⁶ 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. De Laat et al. ²⁷ 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.

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.

WINDTURBINES NAAST SNELWEGEN

Pedersen et al. ²⁸ 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 ziektebeelden hebben al een hoge incidentie in de zoekgebieden in de nabijheid van dichtbevolkte volkswijken. Deze 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.

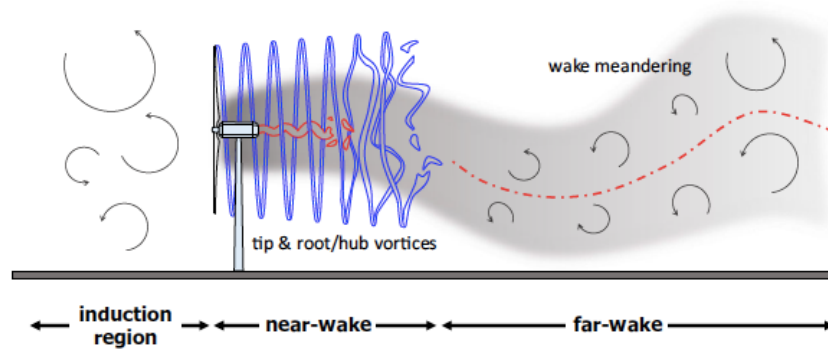
Visser et al. (TNO, 2005) ²⁹ vonden met een simulatie (windtunnel) onderzoek aanwijzingen dat een horizontale-as turbine tot een verlaging zou kunnen leiden van de gehalten aan (ultra) fijnstof bij de snelweg. Dit zou per definitie betekenen dat dit fijnstof in de omgeving wordt verspreid.

Fijnstof is een belangrijke negatieve gezondheidsfactor in onze leefomgeving, waarvan geen veilige ondergrens kan worden vastgesteld.

Recent 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 -nog?- niet verricht.

Deze turbulentie heeft gevolgen tot op onbekende afstand (plezier vliegtuigjes 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 vertaalt 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, moeten in een NRD ook de argumenten 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.

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 windmolenwiek, in de Engelstalige literatuur de leading edge erosion (LEE) genaamd.

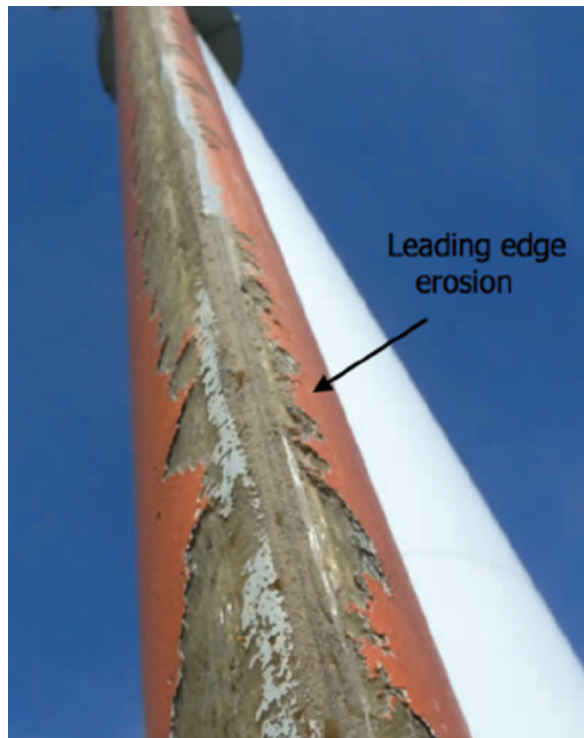
Dit materiaal bestaat uit kleine deeltjes die grotendeels uit epoxyharsen bestaan. Dat komt in de vorm van **mini-en micro plastics** in de omgeving van de windmolen in het water en op het gras terecht. In deze epoxyharsen is ook niet-gebonden Bisfenol A aanwezig, tot 60 mg per kg uitgehard epoxy. Op grond van -vele- wetenschappelijke studies is er door ons een schatting gemaakt van het materiaalverlies. Deze schatting komt uit op 50 kg wiekenmateriaal verlies, per wiek, per jaar voor een wiek van 60 m lengte.

Bisfenol A is al 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 (estrogenen) 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 molen verspreid en geven daar het niet gepolymeriseerde Bisfenol veel sneller af dan berekend is op grond 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.³⁰



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

Uit het door ons berekende verlies van 50 kg per wiek, per jaar, volgt dat 2,7 gram Bisfenol *per wiek, per jaar*, is, gebaseerd op de beschikbare data uit wetenschappelijke publicaties. En deze hoeveelheid is direct beschikbaar in de omgeving om door vissen, andere dieren, planten opgenomen te worden. De verwachting is dat de normen voor BPA in de nabije toekomst sterk zullen worden verscherpt[REF]. Dit verhoudt zich zeer slecht tot het plaatsen van windturbines die gedurende jaren Bisfenol A zullen verspreiden in het milieu.

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 toename van ziekte aanleiding geven: hoge bloeddruk, hart- en vaatziekten, angst, depressie en slaapproblemen.

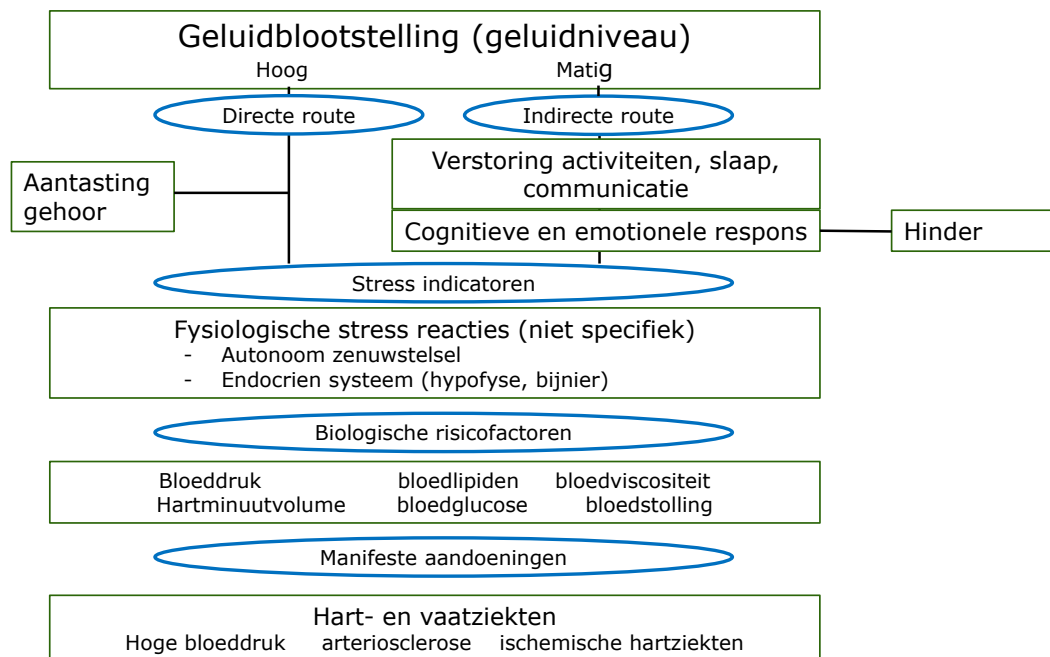
Alsook tot verhoogde niveaus van stresshormonen, waarvan sprake bleek in de onderzoeken onder kinderen die langdurig zijn blootgesteld aan verkeerslawaaai.

Ten aanzien van de cardiale effecten hebben wij in hoofdstuk 3 een aantal onderzoeken benoemd, die de verhoogde kans op atriumfibrilleren en de vermindering van de variabiliteit van het hartritme bevestigen.

Wij hebben ook het recente onderzoek van Weichenberger 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 moet volgen dat ook 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'

BIJLAGE 1

SAMENVATTING VAN DE LITERATUUR M.B.T DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN OMGEVINGSLAWAAI OP 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.

Dit betreft het optreden van laag geboortegewicht en vroeggeboorte, veranderingen in (stress)hormonen,

LAAG GEBOORTEGEWICHT EN VROEGGEBOORTE

In twee reviews van Hohmann et al. (2013) en Ristovska et al. (2014) 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. (2013) vond een suggestie voor een relatie tussen omgevingsgeluid en laag geboortegewicht, maar geen significant bewijs. Ook een Canadees onderzoek vond een relatie tussen gemodelleerd geluid van wegverkeer en laag geboortegewicht (Ghering et al., 2014).

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.

De onderzoekers concluderen: There seemed to be no associations between chronic noise and pregnancy outcomes based on studies with evidence levels up to 2+. Associations between chronic noise and health in children were based mainly on cross-sectional studies. However, the studies included in this comprehensive systematic review showed a high variation in study design, outcome, exposure and confounder assessments.

De onderzoekers geven aan dat er sprake is van een sterke variatie in onderzoeksopzet, blootstelling en het vaststellen van mogelijke confounders. Dit betekent in feite dat zij de kwaliteit van de onderzoeken te gering vinden om er sterke conclusies op te baseren. Daar komt bij dat het merendeel van de onderzoeken dwarsdoorsnede-onderzoeken betreft, die een heel lage categorie van wetenschappelijk bewijs vertegenwoordigen.

Het onderzoek van Ristovska (2014) 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.

De onderzoekers concluderen: There is evidence for associations between noise exposure and adverse reproductive outcomes from animal studies. Few studies have been conducted in humans but there is some suggestive evidence of adverse associations with environmental noise from both occupational and epidemiological studies, especially for low birthweight.

Dit betekent dat de onderzoekers in dierproeven bewijs vonden voor een associatie tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en ongewenste zwangerschapsuitkomsten. Dierproefonderzoek vormt de basis voor bijwerkingenonderzoek in de geneeskunde en is daarom van belang. De onderzoekers geven vervolgens aan dat er weinig onderzoek bij mensen is verricht. Uit het beschikbare onderzoek komen *wel* aanwijzingen voor associaties tussen omgevingsgeluid en onder meer laag geboortegewicht.

Het onderzoek van **Ghering** (2014) is een op de algemene populatie geënt cohortonderzoek. De onderzoekers stellen het volgende vast:

Noise exposure was negatively associated with term birth weight (mean difference = -19 [95%CI = -23 - -15] g per 6 dB(A)). In joint air pollution-noise models, associations between noise and term birth weight remained largely unchanged, whereas associations decreased for all air pollutants.

De onderzoekers concluderen: Traffic may affect birth weight through exposure to both air pollution and noise.

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.

HORMONALE REACTIES

Een longitudinaal onderzoek van **Evans et al.** (1995, 1998) 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) tonen geen consistente relatie tussen geluid van vliegverkeer en urinescortisol aan.

Het onderzoek van **Haines** (2001) 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)** werd verricht gedurende 2 dagen bij 135 basisschoolkinderen, zowel uit een gebied met veel geluid als een met weinig geluid.³¹ 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) werden 217 kinderen gedurende 2 jaar gevolgd voor en na de ingebruikname van een internationaal vliegveld in München.³² 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.

BLOEDDRUK

Een review van Paunovic et al. 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.

GELUIDSHINDER

Uit een onderzoek van Kempen et al. (2009) 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 (2013).

Het onderzoek van **van Kempen** (2009) 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) 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.

SLAAPSTOORNISSEN

Er is beperkt onderzoek gedaan naar de effecten van omgevingsgeluid op slaapstoornis van kinderen. Wel blijkt uit Perreira et al. (2010) en WHO (2009) dat kinderen een kwetsbare groep zijn als het gaat om de gevolgen van slaapstoornissen. Öhrström et al. (2006) vonden een relatie tussen geluid door wegverkeer in de nacht en 'slaapkwaliteit' en slaperigheid overdag.

Het onderzoek van **Perreira (2010)** 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 night time 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.

KWALITEIT VAN LEVEN/ WELZIJN/ PSYCHIATRISCHE STOORNISSEN

Het longitudinale onderzoek van Evans et al. (1995, 1998) 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) en Stansfeld et al. (2005, 2009) 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 (2005) 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 catecholamineconcentraties in de urine, verminderde leerprestaties en verminderde kwaliteit van leven.

LEERPRESTATIES

Evans & Hygge (2007) 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. (2003) 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 Cohen et al. (1986) en Evans & Lepore (1993) 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 (2001) stelt, zoals hierboven besproken, een associatie vast tussen chronisch vliegverkeergeluid en gestoord begrijpend lezen.

Cohen (1981) deed 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

SAMENVATTING VAN DE LITERATUUR M.B.T DE GEZONDHEIDSEFFECTEN VAN OMGEVINGSLAWAAI IN DE ALGEMENE BEVOLKING

Poulsen et al.³³ 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.³⁴ 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.³⁵ stellen vast dat een groep omwonenden van WT parken, 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.³⁶ 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.³⁷ 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.

GELUIDSHINDER

Guski et al. 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.³⁸

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.³⁹

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.⁴⁰ noemen als belangrijkste bevinding dat blootstelling aan windturbinegeluid een significante invloed op het welzijn van omwonenden heeft.

Haac et al ⁴¹ 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.

SLAAPSTOORNISSEN

Basner et al ⁴² 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 ⁴³ 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. ⁴⁴ 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 ochtendmoetheid. De amplitudemodulatie had een verstrend effect op wakefulness.

Smith et al ⁴⁵ 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 moetheid 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).

KWALITEIT VAN LEVEN/ WELZIJN

Weichenberger ⁴⁶ et al stellen dat in de hersengebieden die te maken hebben met emotionele en autonome reacties subliminaal (dat wil zeggen onder 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 hypothesen 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 ⁴⁷ 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. ⁴⁸ publiceerde 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 ⁴⁹ 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. ⁵⁰ geven aan, dat wat betreft het windturbinesyndroom (slaapverstoringen, hoofdpijn, concentratiestoornissen, prikkelbaarheid, moetheid, 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. ⁵¹ 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.

Literatuurverwijzingen

- ¹ Dumbrille, A, McMurtry R, Krogh C. Wind turbines and adverse health effects: Applying Bradford Hill's criteria for causation. *Environ Dis* 2021;6:65-87. DOI: 10.4103/ed.ed_16_21
- ² 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
- ³ 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.
- ⁴ Hygge S, Evans GW, Bullinger. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren.
- ⁵ 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
- ⁶ 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>
- ⁷ 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
- ⁸ Kamp, I. van, Berg, G.P. van den. Health effects related to wind turbine sound: an update. 2020. DOI 10.21945/RIVM-2020-0150
- ⁹ 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>
- ¹⁰ 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>
- ¹¹ 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>
- ¹² 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
- ¹³ 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>
- ¹⁴ Guski, R. Schreckenber D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. 2017. doi:10.3390/ijerph14121539
- ¹⁵ Freiberga 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>
- ¹⁶ Botelho A, et al. Effect of Wind Farm Noise on Local Residents' Decision to Adopt Mitigation Measures. 2017. doi:10.3390/ijerph14070753
- ¹⁷ 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>
- ¹⁸ 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](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X)
- ¹⁹ 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>
- ²⁰ Morsing, JA. Wind Turbine Noise and Sleep: Pilot Studies on the Influence of Noise Characteristics. 2018. doi:10.3390/ijerph15112573
- ²¹ 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
- ²² 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>
- ²³ 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>
- ²⁴ 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>.
- ²⁵ Nguyen, Hansen K. New measure of wind turbine night noise. 2021. DOI:10.1016/j.measurement.2021.109678
- ²⁶ Lubner, RJ. Review of Audiovestibular Symptoms Following Exposure to Acoustic and Electromagnetic Energy Outside Conventional Human Hearing
- ²⁷ Laats, J. de. Geluid van industriële windturbines. *Ned Tijdschr Geneesk*. 2021;165:D5999
- ²⁸ 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.
- ²⁹ 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
- ³⁰ Gigault, J. Nanoplastics are neither microplastics nor engineered nanoparticles; *Nature Nanotechnology*, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41565-021-00886-4>
- ³¹ Evans, G. W., Hygge, S. & Bullinger, M. (1995). Chronic noise and psychological stress. *Psychological Science* 6, 333–338.
- ³² Evans, G. W., Bullinger, M. & Hygge, S. (1998). Chronic noise exposure and physiological response: a prospective study of children living under environmental stress. *Psychological Science* 9, 75–77.
- ³³ 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>
- ³⁴ 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>
- ³⁵ 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
- ³⁶ 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>
- ³⁷ 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>

-
- ³⁸ Guski, R. Schreckenber D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. 2017. doi:10.3390/ijerph14121539
- ³⁹ Freiberga 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>
- ⁴⁰ Botelho A, et al. Effect of Wind Farm Noise on Local Residents' Decision to Adopt Mitigation Measures. 2017. doi:10.3390/ijerph14070753
- ⁴¹ 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>
- ⁴² 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](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X)
- ⁴³ 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>
- ⁴⁴ Morsing, JA. Wind Turbine Noise and Sleep: Pilot Studies on the Influence of Noise Characteristics. 2018. doi:10.3390/ijerph15112573
- ⁴⁵ 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
- ⁴⁶ 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>
- ⁴⁷ 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>
- ⁴⁸ 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>.
- ⁴⁹ Nguyen, Hansen K. New measure of wind turbine night noise. 2021. DOI:10.1016/j.measurement.2021.109678
- ⁵⁰ Lubner, RJ. Review of Audiovestibular Symptoms Following Exposure to Acoustic and Electromagnetic Energy Outside Conventional Human Hearing
- ⁵¹ Laat, J. de. Geluid van industriële windturbines. *Ned Tijdschr Geneeskd.* 2021;165:D5999