Gemeenteraad Vught
T.a.v. de griffie

Theederheyde Collectief

Datum: 16 november 2021
Onderwerp: Inspraakbijdrage zon- en windenergie Commissievergadering 18 november

Beste gemeenteraad van Vught,

Op 18 november a.s. spreekt u als gemeenteraad van Vught over de visie zon- en windenergie in Vught.

We onderschrijven de noodzaak om samen te werken aan een duurzame energietransitie, maar met de huidige visie zon- en wind van gemeente Vught worden ons inziens verkeerde keuzes gemaakt. Er zijn betere opties beschikbaar, met bestaande technieken die sneller, goedkoper en met minder risico en impact voor inwoners en omgeving kunnen worden uitgerold. Het Theederheyde Collectief wil u met deze inspraakbijdrage namens 300 bewoners en 10 landgoederen vragen om geen medewerking te verlenen om voorbereidingen te treffen om windturbines te plaatsen in Vught, gezien de volgende argumenten.

1) De gemeente heeft een zorgplicht voor haar burgers. Uit recent onderzoek van 3 november jl. blijkt dat het RIVM-onderzoek m.b.t. de impact op de gezondheid van omwonenden van een windturbine niet deugt.

In een recent 70 pagina's tellend onderzoek is aangetoond dat het onderzoek waar de Nederlandse wetgeving op leunt m.b.t. schadelijke effecten op de gezondheid door windturbines niet deugt. Nu wind op land onderbouwd omstreden is gebleken in het licht van de volksgezondheid, kan de gemeenteraad van Vught het risico eenvoudigweg niet nemen om verantwoordelijkheid te dragen voor de gezondheidsschade met deze kennis in de hand en bewust de gezondheid van de inwoners in gevaar brengen. Het Nevele arrest stelt dat er verplicht een MER (Milieu en Effect Rapportage onder meer voor de volksgezondheid) opgesteld dient te worden, ook in de zoek- en planfase nog zonder project – dit is een dure bijkomstige verplichting en het geeft 2 tot 3 jaar vertraging om deze juridische hobbel te nemen, met nog uiterste ongewisse toekomst geeft de demissionaire minister aan. Recent is er daarbij jurisprudentie ontstaan waarbij omwonenden tot 150.000,00 schadevergoeding kunnen eisen omdat hun gezondheid wel degelijk in het geding is in de omgeving van een windturbine op land. Gemeente Vught kan een dergelijke claim nooit financieel dragen. De zorgplicht voor een veilige en gezonde woonomgeving is van een hogere rangorde dan de berekende CO2 reductie van de energieopwekking door windturbines op land.

Bronnen:

1.a) Persbericht ondeugdelijk onderzoek gezondheidsrisico's van 3 november 2021. https://www.windwiki.nl/

1.b) Het volledige 70 pagina's tellende rapport over het originele onderzoek van 3 november 2021 over de bewezen ondeugdelijkheid van de berekeningen m.b.t. te lage inschattingen van de gezondheidsrisico's. *https://www.windwiki.nl/wp-content/uploads/2021/11/Gezondheidseffecten-van-windturbinegeluid-D.-Bijl-2021.pdf*

1.c) Persbericht vandaag over impact gezondheid windturbines dichtbij woningen en ondeugdelijk onderzoek RIVM; https://eenvandaag.avrotros.nl/item/windmolens-steeds-krachtiger-en-te-vaak-dichtbij-woonwijken-terwijl-dat-helemaal-niet-nodig-is

1.d) Weerstand tegen windturbines groeit; juridische problemen door verplichtstelling MER ook in zoekfase door gezondheidsissues laaien steeds verder op. https://www.gld.nl/nieuws/7171151/plannen-voor-windmolens-vangen-steeds-meer-tegenwind

2) De veronderstelling van de wethouder dat met alleen zon op dak niet voldoende CO2 reductie kan worden behaald om als gemeente Vught de RES NOB doelstelling te halen, is gebaseerd op foutieve informatie. Dit kan wel.

Deloitte heeft in opdracht van de landelijke Rekenkamer een onderzoek uitgevoerd naar alle geschikte daken – ook in Vught – met daarin een aangetoonde berekening dat 50% van ALLE energiebehoefte van gemeente Vught kan worden opgewekt op bestaande daken van bedrijven, industrie, overheidsgebouwen, scholen, maatschappelijk vastgoed en de agrarische sector. "892 km2 dakoppervlak in Nederland is geschikt voor zonnepanelen. Dit is het equivalent van 125.000 voetbalvelden". Bij navraag bleek de wethouder dit onderzoek niet te kennen en kan derhalve hier ook geen rekening mee hebben gehouden in de visie zon- en wind. Zon op dak heeft volgens de RES de voorkeur – zie de zonneladder - maar kan ook op veel meer draagvlak rekenen dan zonnevelden of windturbines. Daarnaast wordt het netwerken minder belast omdat de grootverbruiker al zelf een deel van de stroom kan gebruiken wat niet via het net hoeft te worden geleverd. Een wetswijziging waarmee gemeenten dakeigenaren kunnen dwingen om panelen te plaatsen, komt eraan. Ondertussen bouwen we elk jaar ongeveer drie miljoen vierkante meter nieuw industriedak", zegt Rotmans (hoogleraar energietransitie). "En daar ligt dan weer nauwelijks een paneel op."

Bronnen:

2.a) Onderzoek Deloitte over de potentie zon op dak, waarin wordt aangetoond dat ook in gemeente Vught de doelstellingen ruimschoots kunnen worden behaald met zon op dak. https://www2.deloitte.com/nl/nl/pages/data-analytics/articles/zonnepanelen.html Zie het originele rapport en kaart van Vught in de bijlage.

2.b) Interview Hoogleraar klimaattransitie Jan Rotmans bij de NOS https://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2369275-stop-met-zonneparken-en-leg-zonnepanelen-op-daken.

3) De huidige visie zon- en wind van gemeente Vught is niet in lijn met de richtlijnen van de RES landelijk én RES NOB waarin wordt verplicht de zonneladder te volgen. **De Provincie Noord-Brabant gaat hier bij alle gemeenten op toezien en zal zelfs beroep aantekenen tegen onrechte verleende vergunningen.**

De zonneladder houdt in: eerst zon op dak, daarna zon dichtbij industrieterreinen waar grootverbruikers zijn gevestigd, pas daarna – mits het draagvlak is gewaarborgd en de milieu effect rapportages het toestaan – zon en wind op land. Inzetten op zonnevelden en windturbines is een exponent van het geven dat Nederland te laat is gestart met verduurzamen. Deze "grote stappen snel thuis"-tactiek is schadelijk en kent een enorm risico

van "regret". Provincie Noord-Brabant heeft recent een motie aangenomen dat zij gemeenten gaan controleren op een correcte toepassing van de zonneladder. Gemeente Vught zal een corrigerende aanwijzing tegemoet kunnen zien met de plannen zoals berekend in de huidige visie zon- en wind.

Bronnen:

3.a) RES NOB richtlijnen en provinciale aanwijzingen aan gemeente voor correcte toepassing zonneladder:
https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i23173/provincie-brabant-gaat-toezien-op-correcte-toepassing-zonneladder-door-gemeenten

4) In de SDE++ subsidie voor 2022 en verder wordt de onrendabele top gesubsidieerd uitgaande van de meest goedkope vorm van duurzame energieopwekking. In Vught waait het het minst van heel Nederland. Wind op land gaat inclusief de infrastructurele kosten die mee moeten worden berekend in de toekomst, het afleggen tegen goedkopere vormen zoals CO2 opslag.

Het ministerie zal de subsidie SDE++ vanaf heden aan de meest kostenefficiënte duurzame CO2 reductie technieken gaan toekennen: CO2opslag, zon op dak en geothermie. Gemeente Vught ligt op de windkaart in het minst windrijke deel van Nederland; de onrendabele top zal daarmee enorm zijn en maakt geen kans op volledige subsidie. Windturbines en grootschalige zonnevelden zijn daarnaast niet rendabel te maken mede door de problemen waar ook Vught mee zal gaan kampen: capaciteitsproblemen in het netwerk, maatschappelijke weerstand, gebrek aan draagvlak. Gemeente Vught zal niet slagen in het behalen van subsidietoekenning door de grote concurrentie van goedkopere CO2 reductietechnieken. Volhouden om een eigen bijdrage te willen leveren als gemeente Vught met grootschalige zonnevelden en windturbines kan daarmee worden gezien als een persoonlijke missie van de betrokken wethouder, met waardering voor de consistentie en volharding, maar zonder uitzicht op een succesvolle bijdrage aan de energietransitie de praktijk.

Bronnen:

4.a) Windkaart van Nederland met Vught in minst windrijke gebied
https://www.rvo.nl/sites/default/files/2021/02/Windkaart%20windsnelheid%20per%20gemeente%20versie%20februari%202021.pdf

4.b) SDE++regeling 2022 met wijzigingscausule voor voorrang CO2 opslag t.o.v. voorgaande jaren
https://www.rvo.nl/subsidie-en-financieringswijzer/sde/aanvragen/wind

5) Het netwerk kan de komende 10 jaar de piekbelasting van zonnevelden en windturbines niet aan. Met de huidige visie zon- en windenergie kunnen de CO2 reductie doelstellingen technisch qua infrastructuur helemaal niet worden behaald.

Het duurt 8 jaar om alle voorbereidingen te treffen om het netwerk uit te breiden en twee jaar om het uit voeren. Het is een slecht doordacht en niet uitvoerbaar plan. Bovendien concurreren de grootschalige projecten met de zonneladder die pleit voor zon op dak. Duizenden dakeigenaren die zonne-energie willen terug leveren aan het netwerk kunnen dit niet omdat er congestie op het net is. Voor uitbreiding op het net geldt de regel "wie het eerst komt, wie het eerst maalt" bij de netwerkbeheerder. De buitenlandse investeerders die

de subsidies binnenhalen met grootschalige projecten ten koste van landbouwgrond en natuur, zijn veel sneller en geraffineerder dan de lokale bedrijven. Het effect is dat deze laatste groep achter het net vist en veelal buitenlandse investeerders er met de "buit" van doorgaan. Gemeente Vught kan pleiten voor aanpassingen in de wet dat niet de regel geldt "wie het eerst komt, die het eerst maalt", maar de meest duurzame vorm van groene stroom opwekking uitgaande van de zonneladder het eerst wordt bediend. Meewerken aan zonnevelden en windturbines is 1 op 1 de concurrentie aangaan met de lokale dakeigenaren ten faveure van het grote geld. Exact tegen alle bedoelingen van de RES en de gemeenteraad in die pleit voor duurzame energieopwekking en lokaal eigenaarschap.

De snelheid waarmee een zonnepark verrijst en de onvoorspelbaarheid van de exacte locatie in landelijke gebieden, stelt de netbeheerder voor problemen. Het ontbreekt aan tijd en menskracht om de netten snel genoeg te kunnen aanpassen voor alle nieuwe grote gebruikers – zowel producenten als afnemers. In regio's waar daadwerkelijk knelpunten ontstaan, geldt sinds 1 oktober 2019 de zogeheten transportindicatie. Wie gebruik wil maken van de nieuwe SDE+ subsidies, moet een transportindicatie kunnen overleggen. Op de landelijke capaciteitskaart is te zien waar voldoende transportcapaciteit is en waar schaarste dreigt of al is opgetreden. Deze transportindicatie kan in geen geval door de buurgemeente Boxtel noch Vught worden afgegeven.

Bronnen:

5.a) Netwerkbeheer Nederland https://www.netbeheernederland.nl/dossiers/netcapaciteit-60

5.b) Uitzending Pointer van 15 november jl. https://tvblik.nl/pointer/15-november-2021

5.c) Landelijke capaciteitskaart energienetwerk rondom Vught: https://capaciteitskaart.netbeheernederland.nl/

6) Samenwerken met Boxtel is een utopie in zoekgebied "wind 4"; juist op deze plek gaat gemeente Vught nooit een samenwerking rond krijgen om windturbines te plaatsen, mochten zij die ondanks vorige argumenten 1 t/m 5 dit blijven nastreven.

De redenen op een rij waarom windgebied 4 in geen geval een reële optie is:

- Gemeente Boxtel heeft enorme congestie op het netwerk (rood) en kan alleen al om die reden nooit voor 2030 een of meerdere windturbines plaatsen. Zij geen partner die deze ambitie redelijkerwijs in kan vullen.
- De gemeenteraad van Gemeente Sint-Michielsgestel heeft gekozen voor een strategie van volledig zon en op dak en de gemeenteraad heeft expliciet het besluit genomen GEEN windturbines te gaan plaatsen.
- Het zoekgebied wind 4 ligt in een beekdal. Beekdalen dienen expliciet ontzien te worden via de landelijke aanwijzingen en de RES NOB. Gemeente Boxtel heeft al aangegeven niet tegen deze richtlijnen in te gaan en geen pogingen te ondernemen om in het beekdal aan de kant van Boxtel te gaan plaatsen.
- De enige andere plek aangrenzend aan Vught en Sint-Michielsgestel voor gemeente Boxtel is het landgoed het Wilhelminapark. De langgoedeigenaar - Marggraff Stichting – heeft al expliciet uitgesproken niet mee te gaan werken. Onteigening zou dan de enige optie zijn voor gemeente Boxtel omdat ook het beekdal is afgevallen.

Gemeente Boxtel is bezig met een bezuinigingsronde van 5,5 miljoen euro en heeft helemaal geen geld om tot onteigening over te gaan. De Marggraff Stichting is daarentegen zeer kapitaalkrachtig en is gehouden aan het testament van Ewald Marggraff dat er 100 jaar tot na zijn dood niets aan het Wilhelminapark mag worden veranderd.

- Deze locatie ligt in de aanvliegroute van vliegveld Volkel en Eindhoven wat hoogtebeperkingen met zich meebrengt om windturbines te plaatsen.
- Het landschap is gelegen tegen natuurgebieden aan, midden in het Groene Woud, Van Gogh Nationaal Park en Brabantse coulisselandschap en is de leefomgeving van beschermde diersoorten zoals dassen en bevers. Allemaal redenen die het Rijk en de Provincie aangeven waarom hier geen windturbines geplaatst mogen worden.
- Op deze locatie is al 1,5 jaar een grote groep van 300 inwoners fel gekant tegen de plaatsing van windturbines. Er kan hierdoor niet aan de wettelijke eis van draagvlak onder de lokale bevolking worden voldaan.
- Ook stakeholders zoals het Brabants landschap, de Brabantse Milieufederatie, Natuurmonumenten, natuurgroepen en de landgoedeigenaren van 10 landgoederen gelegen in en om het "zoekgebied wind 4" zijn absoluut tegen de plaatsing van windturbines in dit gebied. Samen met de inwoners hebben zij zich georganiseerd en vormen een sterke oppositie. Op zijn minst zorgt dit voor strijd, lange juridische procedures, vertragingen en hoge kosten als dit gebied toch als zoekgebied wordt aangewezen. Een dergelijke strijd zal alleen maar verliezers kennen en in geen geval een positieve bijdrage leveren aan duurzame energietransitie voor Vught waarbij draagvlak cruciaal is om samen een mooie en duurzame toekomst te bouwen met vertrouwen in de lokale politiek.

Conclusie windgebied 4:

Al deze argumenten tezamen maakt het onmogelijk om "windgebied 4" aan te wijzen als geschikt gebied voor windturbines door gemeente Vught. Als er nog steeds een ambitie blijft ondanks alle argumenten om geen windturbines te plaatsen, dan is dit het minst kansrijke zoekgebied en het meest kostbaar qua aanleg. Namelijk een ander zoekgebied ligt volledig op gronden in eigendom van de gemeente; veel dichterbij een centrale in 's-Hertogenbosch die geen congestie heeft, daar is geen afhankelijkheid van medewerking van andere gemeenten, er is geen sprake van onteigening of andere vertragende en kostenverhogende factoren. Desondanks is wind in de visie zon- en wind voor gemeente Vught ons inziens een slecht een onwenselijk plan ook op deze locatie.

De oproep aan de gemeenteraad van Vught

Werk als gemeenteraad niet mee aan de voorbereidingen on windturbines op land in Vught e.o. mogelijk te maken. (H)erken zoekgebied 4 als het minst kansrijk en zet hier niet langer op in. Doorgaan op de voorgenomen weg van het College gaat naast heel veel strijd, kosten en ellende niets opleveren voor een duurzame toekomst.

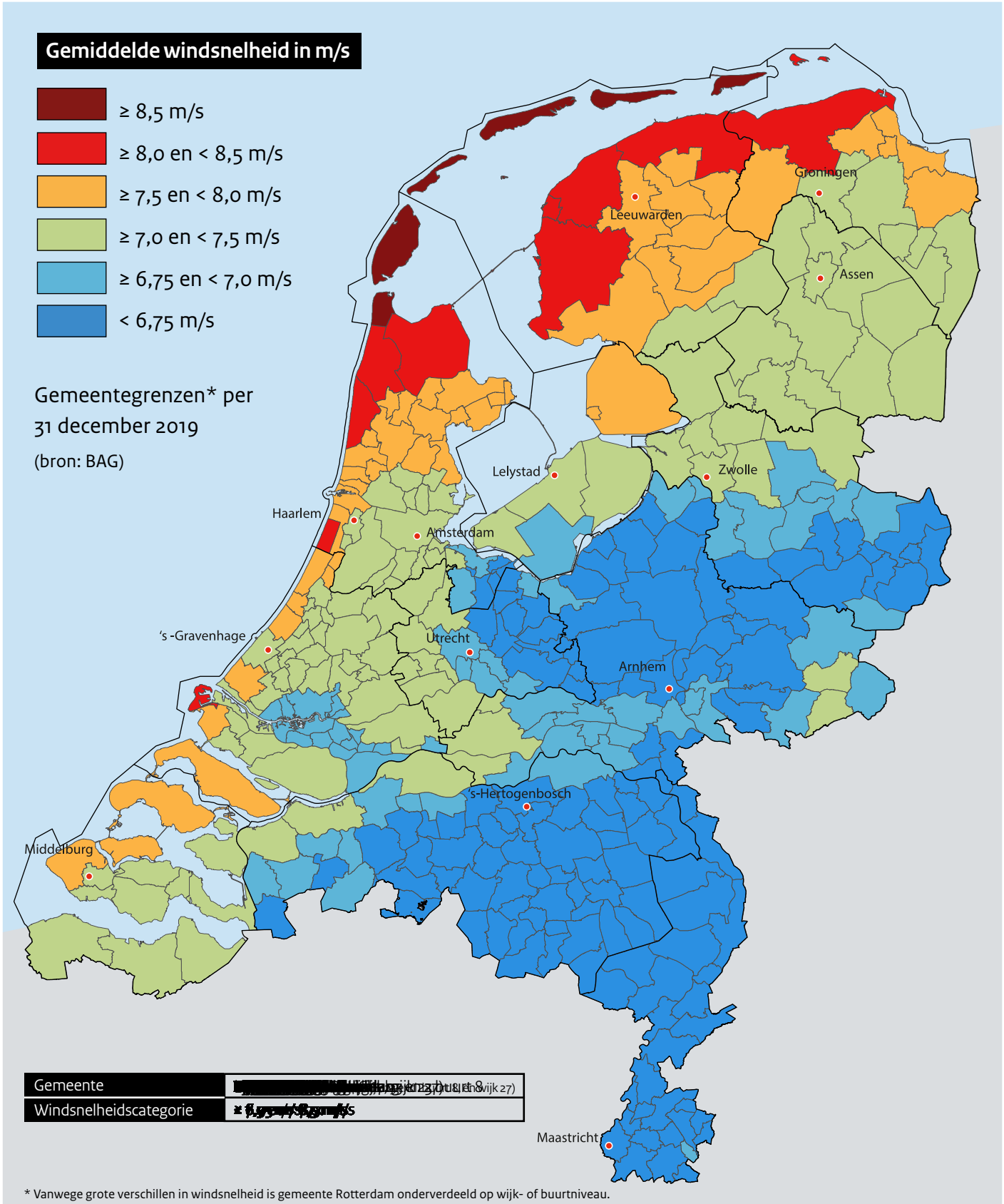
Wat dan wel?

We roepen de gemeente Vught op om:

1) Volledig in te zetten op de zonneladder en een concreet doel te stellen van 50% van alle energiebehoefte van de eigen inwoners en bedrijven in Vught via zon op bestaande daken op te gaan wekken;
2) Alle mogelijke lokale wetgeving, macht en middelen in te zetten om voorrang te geven om de netwerkcapaciteit te verruimen in de volgorde van de meest duurzame energieopwekking: zon op dak;
3) Zelf het goede voorbeeld te geven door op alle maatschappelijke vastgoed en gemeentegebouwen versneld zonnepanelen te leggen;
4) Constructief, structureel en positief het debat aan te gaan met inwoners en bedrijven en daarin vooral ook ruimte bieden voor ideeën en initiatieven die er leven, in plaats van te "zenden" tijdens een bewonersavond en geen ruimte te laten voor het delen van visies, bezwaren en ideeën.
5) Goed te luisteren naar de experts zoals hoogleraren energietransitie, Urgenda en rijksadviseurs leefomgeving die adviseren per direct te stoppen met het volleggen van landbouwgronden en natuurgebieden met grootschalige zonnevelden en windturbines.

Met vriendelijke groet,
Namens het Theederheyde Collectief
Familie van der Heijden
06-53833630
info@theederheyde.nl

Windsnelheid per gemeente SDE++ en SCE



* Vanwege grote verschillen in windsnelheid is gemeente Rotterdam onderverdeeld op wijk- of buurtniveau.

Onderwerp : SDE++ en SCE Windcategorieën per gemeente
De gemiddelde windsnelheid (m/s) op 100 meter hoogte over de periode 2004 - 2013 per gemeente.

Datum: Februari 2021

Bron: **KNMI, CBS en RVO.nl**

Deloitte.

State of the State-onderzoek

Zonnepanelen kunnen de helft van de Nederlandse elektriciteitsbehoefte opwekken

Maart 2018

“892 km^2 dakoppervlak is geschikt voor zonnepanelen. Dit is het equivalent van 125.000 voetbalvelden”

Analyse van publieke data levert inzichten op over potentieel zonne-energie

Stelt u zich eens voor dat er in Nederland op elk daarvoor geschikt dak zonnepanelen liggen. Zelfs in het lang niet altijd zonnige Nederland heeft dat veel potentie: een dakoppervlak van 892 km^2 kan met zonnepanelen worden belegd. De opgewekte energie kan voorzien in 50 procent van de Nederlandse elektriciteitsvraag, zo blijkt uit onderzoek van Deloitte's State of the State-programma.

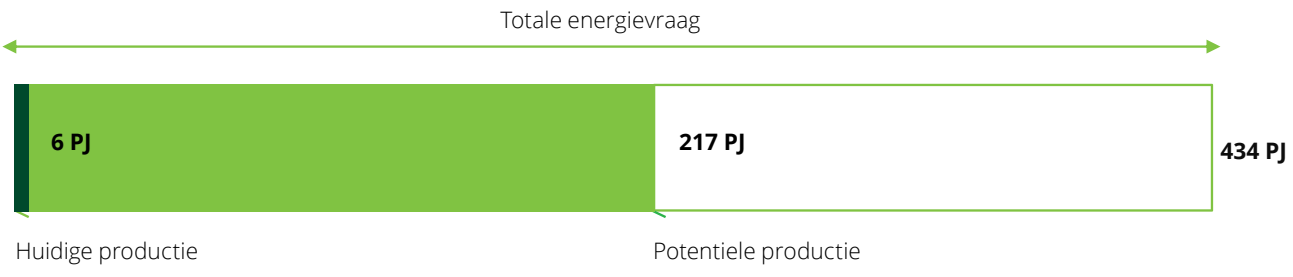
Dit onderzoek beantwoordt de vraag: hoeveel energie wekken we op als we zonnepanelen installeren op elk daarvoor geschikt dak in Nederland? De berekeningen van de maximaal mogelijke opbrengst zijn gebaseerd op openbare data en uitgevoerd in nauwe samenwerking met MapGear en Object Vision. Object Vision is een aan de Vrije Universiteit gelieerd softwarebedrijf en ontwikkelde GeoDMS, een big data geospatial modeling framework, dat kan worden gebruikt om op basis van hoogtegegevens de totale grootte, hoek en windrichting van dakoppervlakten te berekenen. MapGear ontwikkelt geo-apps en heeft vele jaren ervaring met het berekenen van de effectiviteit van zonnepanelen.

De totale zonne-energieopbrengst

Nederland heeft momenteel ongeveer 9 miljoen gebouwen. Daarvan heeft slechts 4,4 procent zonnepanelen op het dak liggen; een totaal van 3 miljoen zonnepanelen in 2017. Volgens het Nationaal Solar Trendrapport brachten de zonnepanelen in 2016 ongeveer 6 petajoule. Dat betekent dat zonnepanelen voorzien in minder dan 2 procent van de totale Nederlandse vraag naar elektriciteit.

De conclusie van onze analyse is dat er 892 km^2 dakoppervlak geschikt is voor zonnepanelen. Dit is het equivalent van 125.000 voetbalvelden. In dit optimale scenario kunnen er 270 miljoen zonnepanelen worden geïnstalleerd die in totaal 217 petajoule kunnen opbrengen, gemiddeld 139 kWh/m^2. Terwijl zonne-energie nu voorziet in slechts 2 procent van de Nederlandse elektriciteitsvraag (434 petajoule in 2016), zou het in dit optimale scenario kunnen voorzien in tot 50 procent van de totale elektriciteitsvraag.

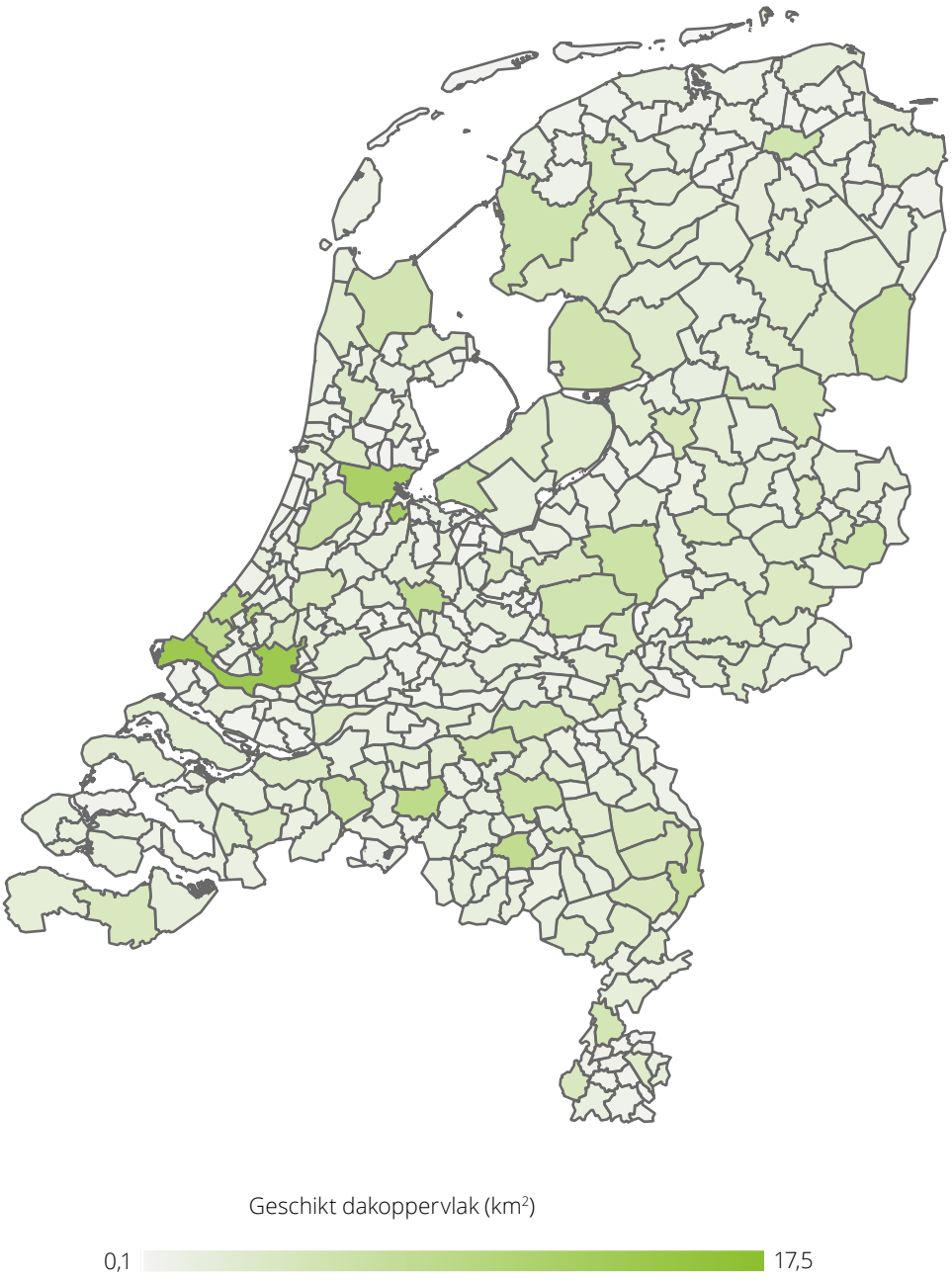
Twintig procent van de totale elektriciteitsvraag komt van huishoudens. De totale opbrengst van zonnepanelen op daken van woonhuizen zou bijna 80 petajoule zijn, wat gelijk staat aan 98 procent van de totale elektriciteitsvraag van huishoudens in Nederland. Dat betekent dat wanneer er alleen gekeken wordt naar daken van woonhuizen, vrijwel elk huishouden met zonne-energie in zijn elektriciteitsvraag kan voorzien.



Figuur 1: Huidige en potentiele elektriciteitsproductie door middel van zonne-energie op daken

Geschikt dakoppervlak en potientiele opwekking door zonnepanelen

De ene kaart laat het geschikte dakoppervlak per gemeente zien en de andere kaart laat het potentieel per inwoner per provincie zien.



Figuur 2: Geschikt dakoppervlak voor zonnepanelen

Figuur 3: Potentiele opwekking door zonnepanelen per inwoner (MapGear)

Terugdringen van CO2-uitstoot en economische voordelen

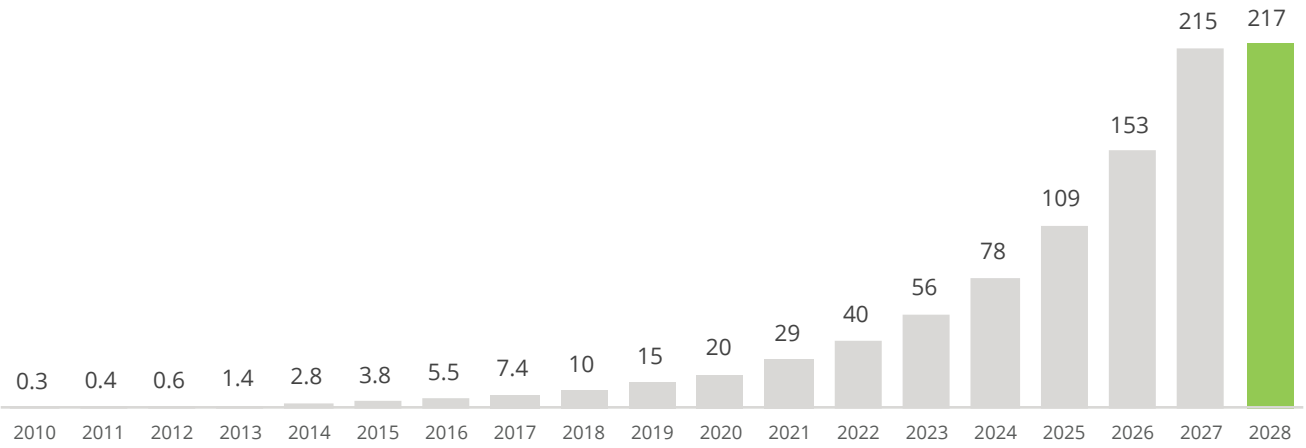
Nederland wil dat de CO2-uitstoot in 2030 met 49 procent is teruggedrongen. Zonnepanelen op elk daarvoor geschikt dak installeren kan – gebaseerd op de huidige situatie – de aan elektriciteitsproductie gerelateerde CO2-uitstoot terugbrengen met 63 procent, en de totale CO2-uitstoot met 20 procent. Gebaseerd op de huidige energieproductie en -consumptie zou het aandeel duurzame energie stijgen naar 16 procent.

Naast de afname van CO2-uitstoot zijn er andere voordelen van het plaatsen van zonnepanelen. In totaal zijn 270 miljoen zonnepanelen nodig voor het dakoppervlak van 892 km2. Volgens MilieuCentraal kost een zonnepaneel gemiddeld 365 euro, inclusief transformator en installatie. De Nederlandse zonne-energiesector zou hierdoor een impuls van 100 miljard euro kunnen krijgen. Uiteraard zorgt deze impuls ook voor een groei van het aantal banen in deze sector. Nu is dat ongeveer 9.000 fte.

Figuur 4: Potentie zonne-energie

Uitdagingen voor realisatie

Alleen weten wat zonnepanelen kunnen opbrengen, betekent niet dat ze volgend jaar op elk daarvoor geschikt dak liggen. De opbrengst van zonne-energie kan groeien van 6 petajoule naar 217 petajoule. Zelfs met een geschatte groei van 40 procent per jaar, zou de installatie van zonnepanelen op elk daarvoor geschikt dak 10 jaar in beslag nemen.



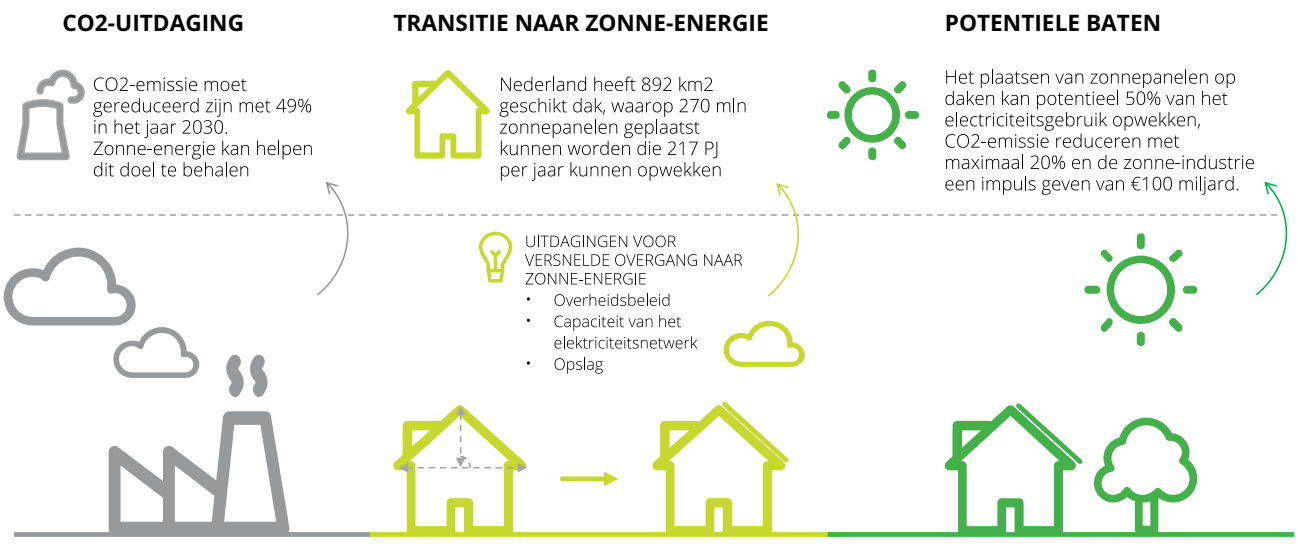
Figuur 5: Groeiprognose opgewekte energie door zonnepanelen op daken (petajoule)

Naast de groei en de installatiecapaciteit noemen we nog drie uitdagingen wanneer het tempo van de aanleg van zonnepanelen versnelt: stimuleringsprogramma's van de overheid, beperkte capaciteit van het elektriciteitsnetwerk en energieopslag.

Stimuleringsprogramma's van de overheid zijn erg belangrijk voor de groei van het aantal zonnepanelen op daken. Het Solar Trendrapport 2018 laat zien welke programma's er zijn. Over het algemeen stimuleert een hogere opbrengst voor consumenten en bedrijven de groei van de sector. De uitdaging voor de komende jaren is om de installatie van zonnepanelen aan te moedigen en tegelijkertijd de subsidiekosten in toom te houden.

Een andere grote uitdaging is de huidige capaciteit van het Nederlandse elektriciteitsnetwerk en de mogelijkheden voor opslag. Zonne-energie wordt gedurende de dag opgewekt en omdat er dan al een energieoverschot is, wordt het moeilijker om vraag en aanbod in balans te houden. Er moet dus flink geïnvesteerd worden om het energieoverschot te kunnen transporteren.

Daarnaast is het netwerk nu onvoldoende toegerust om energie op te slaan, zowel op centraal als op decentraal niveau. Batterijen zijn duur en nieuwe opslagmethoden staan nog in de kinderschoenen. Om te kunnen profiteren van de extra toevoer van energie zijn er meer decentrale opslagoplossingen nodig. Meer elektrische auto's en batterijopslag in huishoudens zouden het makkelijker maken om zonne-energie op te slaan voor later gebruik. Toename van het aantal zonnepanelen zou verdere innovatie op deze gebieden kunnen stimuleren.



Figuur 6: Haal het maximale uit zonne-energie

State of the State

Dit onderzoek naar de opbrengst van zonnepanelen is onderdeel van Deloitte's State of the State-programma, een actuele data-analyse van ons land die bedoeld is om beleidsmakers en organisaties van nuttige inzichten te voorzien op verschillende sociale thema's. State of the State is onderdeel van GovLab, Deloitte's platform voor sociale innovatie. Kijk op www.stateofthestate.nl voor meer onderzoeken.

Doel van het onderzoek

Het doel van dit onderzoek is om het potentieel van zonne-energie te laten zien, gebruikmakend van alle daarvoor geschikte daken. Gebaseerd op de gemiddelde prijs en opbrengst per zonnepaneel hebben we per gemeente de potentiële opbrengst van zonne-energie berekend. De nationale overheid kan in overleg met provincies en gemeenten besluiten hoe de groei van zonne-energie verder gestimuleerd kan worden.

Onderzoeksmethode

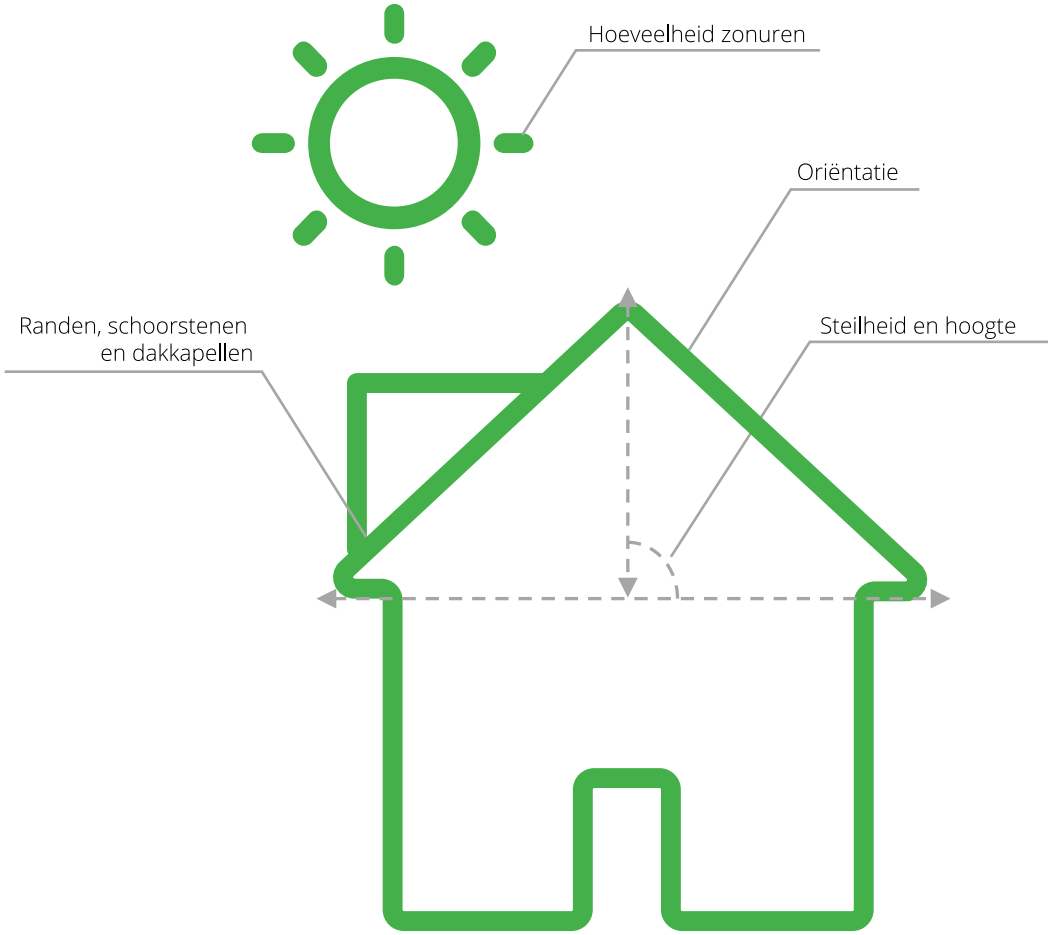
Om de potentiële zonne-energieopbrengst in Nederland te kunnen berekenen, moesten we eerst bepalen hoeveel vierkante meter dak er is in Nederland en welk deel daarvan geschikt is voor de installatie van zonnepanelen. Daarvoor hebben we gebruik gemaakt van de openbare dataset Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG), beschikbaar gesteld door het Kadaster. Samen met de digitale hoogtekaarten van het Actueel Hoogtebestand Nederland, AHN2 en AHN3, konden we de hoogte en oppervlakten van alle daken berekenen.

Niet alle daken zijn meegeteld. We negeerden daken en delen van daken die niet geschikt zijn voor zonnepanelen, zoals dakkapellen en richels. We onderzochten de oriëntatie en hellingsgraad van de daken. Als op een dak een minimum hoeveelheid zonlicht scheen van 690kWh per m^2, dan telde dat specifieke dak mee. Als op een zonnepaneel te weinig zonlicht scheen om rendabel te zijn, werd het dakoppervlak uitgesloten van de analyse.

Voor de berekening van het aantal zonnepanelen per dakoppervlak in heel Nederland hebben we een validatiedataset van MapGear voor de stad Utrecht gebruikt. MapGear is eigenaar van de Zonnekaart, een van de meeste gedetailleerde datasets over dit onderwerp.

Het aantal zonnepanelen per dakoppervlak vermenigvuldigden we met de opbrengst van een enkel zonnepaneel. Het nominale vermogen stelden we op 270 wattpiek, de werkelijke opbrengst wordt kleiner afhankelijk van de precieze oriëntatie en hellingsgraad.

Op basis van verschillende validaties en controles zijn lokale variaties meegenomen in de data-analyses. De geconsolideerde data en berekeningen zijn vervolgens in een tool gestopt waarmee we per gemeente kunnen berekenen wat de totale opbrengst zou zijn als we zonnepanelen op alle daarvoor geschikte daken zouden plaatsen.



Figuur 7: Factoren die de geschiktheid van een dakoppervlak bepalen

Aannames & Bronnen

Voor deze analyse hebben we volgende aannames gedaan:

- Alle gebouwen in Nederland die staan geregistreerd in de BAG zijn onderdeel van deze analyse. Om kassen niet mee te nemen hebben we in het Westland oppervlakten groter dan 2.500 m2 uitgesloten. Kassen in de rest van het land zijn wel meegenomen in de analyse, waardoor het werkelijke resultaat met maximaal een paar procent zal afwijken.
- Gebouwen die na het uitkomen van AHN2 zijn neergezet, zijn geen onderdeel van deze analyse, waardoor het resultaat iets kan afwijken van de werkelijke opbrengst.
- Voor de berekening van de potentiële opbrengst van zonnepanelen op huisdaken hebben we elk gebouw dat in de BAG is gelabeld als huis meegenomen, ook als deze een woon- en kantoorfunctie heeft.
- Als een gebouw in de BAG geen huisfunctie heeft maar een kantoorfunctie, dan is het gebouw als kantoor meegenomen in de berekeningen.
- Met dezelfde benadering zijn industriële en andere functies bepaald.
- Dakoppervlakten zijn alleen meegenomen wanneer ze genoeg zonuren krijgen in een jaar. Een zonnepaneel op zo'n dak verdient zichzelf in minder dan 10 jaar terug. Die duur is mede-afhankelijk van subsidies, de prijs van elektriciteit en salderingsregelingen.
- Een zonnepaneel heeft een nominaal vermogen van 270 wattpiek. Dit vermogen is bepaald op basis van data van het Kenniscentrum Zonnepanelen VoltaSolar18, dat zich baseert op het Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) van de Europese Unie.
- De zonnekracht is verondersteld overal in Nederland hetzelfde te zijn. Daarnaast is er geen onderscheid gemaakt tussen het aantal zonnepanelen dat op een plat oppervlak en dat op een oppervlak met een helling kan worden gelegd. Ook is schaduw van nabijgelegen gebouwen niet meegenomen in de berekeningen.
- De afnemende opbrengst van een zonnepaneel door de jaren heen is niet meegenomen in de berekeningen.
- Beleid dat de installatie van zonnepanelen op bepaalde daken verbiedt, bijvoorbeeld op die van monumenten, is niet meegenomen in de berekeningen. Ook dit kan de totale opbrengst met een paar procent verminderen. Het verschil zal groter zijn in gemeenten waar dit soort beleid van toepassing is.
- In dit onderzoek is alleen gekeken naar de mogelijke opbrengst van zonnepanelen op daken. De mogelijke opbrengst van zonneboerderijen is niet meegenomen in de berekeningen
- Voor de groeiprognose figuur is een factor van 1 kWh / Wp / Jaar gebruikt

Bronnen

CBS: https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/81955NED/table?ts=1518510853155
CBS: http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=80324ned&D1=01&D2=a&D3=373&HDR=G2&STB=T,G1&VW=T
CBS: https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82375NED/table?ts=1511882840671
CBS: http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=70946ned&D1=a&D2=0-1,5,15,18&D3=a&HD=160823-1750&HDR=G1&STB=T,G2
CBS: https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/82610NED/table?ts=1518511831914
CBS: https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/80324ned/table?ts=1518510986807
Milieucentraal: https://www.milieucentraal.nl/nieuwsbrieven/professionals/juli-2016/400000-huizen-met-zonnepanelen-hoe-kom-je-er-bij/
Milieucentraal: https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/zonnepanelen/zonnepanelen-kopen/kosten-en-opbrengst-zonnepanelen/
Nationaal Solar Trendrapport 2018: http://www.solarsolutions.nl/download/
Planbureau: http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2017-analyse-regeerakkoord-rutte-III-effecten-op-klimaat-en-energie_3009.pdf
Bespaarbezaar: https://www.bespaarbazaar.nl/kenniscentrum/financieel/zonnepanelen-opbrengst/

Contact

Jeroen van der Wal
Partner Deloitte Financial Advisory Services Energy & Resources
Mobiel: +31655853480
Werk: +31882880608
E-mail: jvanderwal@deloitte.nl

Pouya Zarbanoui
Senior manager Deloitte Consulting Technology
Mobiel: +31612342866
Werk: +31882881768
E-mail: pzarbanoui@deloitte.nl

Sjors Broersen
Senior consultant Deloitte Consulting Technology
Mobiel: +31683330457
Werk: +31882885790
E-mail: sjbroersen@deloitte.nl

Auteurs
- Sjors Broersen
- Niels van den Berg
- Ceiloi van Deutekom
- Rens van Erk
- Michael Hompes
- Kim Lijding
- Alberto Ogura
- Marloes de Raad
- Mirjam Streefkerk
- Hans Teuben
- Pouya Zarbanoui

Deloitte.

Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“DTTL”), its global network of member firms, and their related entities. DTTL (also referred to as “Deloitte Global”) and each of its member firms are legally separate and independent entities. DTTL does not provide services to clients. Please see www.deloitte.nl/about to learn more.

Deloitte is a leading global provider of audit and assurance, consulting, financial advisory, risk advisory, tax and related services. Our network of member firms in more than 150 countries serves four out of five Fortune Global 500® companies. Learn how Deloitte’s approximately 264,000 people make an impact that matters at www.deloitte.nl.

This communication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, its member firms, or their related entities (collectively, the “Deloitte network”) is, by means of this communication, rendering professional advice or services. Before making any decision or taking any action that may affect your finances or your business, you should consult a qualified professional adviser. No entity in the Deloitte network shall be responsible for any loss whatsoever sustained by any person who relies on this communication.

© 2018 Deloitte The Netherlands

Tilburg, 12 mei 2021

Aan: Gemeenteraad en B&W van gemeenten in Noordoost-Brabant
Kopie verstuurd aan Gedeputeerde Staten en Provinciale Staten

Kenmerk: EN 03.10-1919-sl
Betreft: reactie op RES 1.0 Noordoost-Brabant

Geachte Gemeenteraad en geacht College,

De conceptversie Regionale Energiestrategie (RES) 1.0 van Noordoost-Brabant is gereed en als Gemeenteraad en College wordt u gevraagd om al dan niet in te stemmen met de RES 1.0.

De opwarming van de aarde is een urgent probleem en de CO_2 uitstoot moet de komende jaren fors omlaag. De energietransitie van fossiele naar hernieuwbare elektriciteit en warmte moet dan ook voortvarend worden opgepakt, tegelijk met forse energiebesparing. Door het Klimaatakkoord en de RES staan deze onderwerpen letterlijk en figuurlijk bij uw gemeente op de agenda.

Als natuur- en milieuorganisaties zijn wij voorstander van een versnelde energietransitie. Om van een echt *groene en duurzame energietransitie* te kunnen spreken, moeten natuur-, landschaps- en milieubelangen volwaardig worden meegenomen. Als natuur- en milieu-organisaties zijn we via de BMF vertegenwoordigd in de bestuurlijke klankbordgroep van de RES NOB en hebben we in voorbereiding aan de Concept RES deelgenomen aan werkateliers en werkgroepen.

Met deze brief geven Brabants Landschap, Vereniging Natuurmonumenten en de Brabantse Milieufederatie u graag de volgende punten mee voor de beoordeling van de RES 1.0 en de uitvoeringsperiode erna.

Doelen van de RES zijn in Noordoost Brabant niet bereikt….

Om maar direct met de deur in huis te vallen: de RES Noordoost-Brabant is als proces feitelijk mislukt. Daarbij heeft het niet ontbroken aan kennis, expertise, inzet en toewijding van ambtelijke werkgroepen, maatschappelijke stakeholders en andere inhoudelijk betrokkenen. De RES is in onze ogen mislukt doordat het niet is gelukt om regionaal bindende afspraken te maken over de zoekgebieden/locaties voor opwekking van wind- en zonne-energie. Dat laatste is cruciaal voor de natuur en het landschap in de regio Noordoost-Brabant.

In het Klimaatakkoord staat het duidelijk omschreven (pagina 24): ‘De Regionale Energie-strategieën (RES) omvatten regionale afspraken over elektriciteit, (groen) gas en warmte’. Echter, de RES Noordoost-Brabant zet in op ‘lokale autonomie’ in plaats van ‘regionale afspraken’. De enige afspraak waar u met deze RES 1.0 mee instemt is een aandeel in de totale opwekking van hernieuwbare energie in 2030, die weer is afgeleid van individuele gemeentelijke ambities. Kortom, de wrange constatering is dat het niet uitmaakt of u voor of tegen deze RES 1.0 stemt. Hoogstens stemt u in met goede bedoelingen en intenties.

…maar als gemeenteraad kunt u nu wél het verschil maken

De RES Noordoost-Brabant bevat in de bijlagen enkele zeer bruikbare handreikingen. In de RES 1.0 hebben deze handreikingen een vrijblijvend karakter. Echter, als u als gemeenteraad

besluit om deze handreikingen daadwerkelijk te gebruiken, dan kunt u alsnog de noodzakelijke stappen zetten naar de oplossing van een urgent klimaatprobleem, waarbij transparantie en duidelijkheid in beleid de juiste voorwaarden scheppen voor maatschappelijke participatie en acceptatie. Hiermee kunnen de doelen van de Regionale Energie Strategie, zoals verwoord in het Klimaatakkoord, alsnog bereikt worden.

Naar onze overtuiging kunt u als gemeenteraad de volgende 10 stappen zetten die de energie-transitie vooruit helpen, met een transparant en maatschappelijk gedragen beleid. We lichten de stappen hieronder nader toe.

1. Neem de handreikingen 'Overwegingskader' en 'Participatie 50% lokaal eigendom' op in lokaal beleid

Ondanks het gebrek aan regionale afspraken in deze RES 1.0 zijn de inhoudelijk doordachte 'Handreiking Overwegingskader' (bijlage 4 RES 1.0) en 'Handreiking Participatie 50% lokaal eigendom' (bijlage 5) zeer geschikt om als *beleidsdocument* door uw raad vast te stellen. Hiermee biedt u zowel de eigen inwoners als initiatiefnemers/ontwikkelaars vooraf inzicht en duidelijkheid over de criteria van locatiekeuzes voor grootschalige energieopwekking.

U kunt dit doen door hiertoe een amendement of motie in te dienen waarbij u beide handreikingen als beleidsdocumenten voor uw eigen gemeente vaststelt, dan wel door de handreikingen integraal op te nemen in uw eigen (actualisatie van) beleid over grootschalige energieopwekking. Door dit te doen, borgt u in ieder geval:

a) Toepassing van de zonne- en windladder
b) Criteria voor landschappelijke inrichting en gebiedsontwikkeling
c) Beoordeling van maatschappelijke kosten en baten
d) Mogelijkheden voor koppelkansen met andere opgaven
e) Beoordeling van maatschappelijke acceptatie
f) Vormgeving van 50% lokaal eigendom
g) Aandacht voor energie-armoede

2. Borg de landschappelijke kwaliteit met de Handreiking Afwegingskader landschap

Veel inwoners maken zich zorgen om de gevolgen van grootschalige energieopwekking in het Brabantse landschap. Tijdens de totstandkoming van de RES 1.0 is een zeer gedegen 'Handreiking Afwegingskader landschap' geschreven. Deze is bijgevoegd als Bijlage 4a bij de RES 1.0. We pleiten ervoor om deze handreiking (nu nog vrijblijvend als handreiking opgenomen) op te nemen als *beleidsdocument* en dit als zodanig door uw raad vast te stellen.

U kunt dit doen door hiertoe een amendement of motie in te dienen waarbij u deze handreiking als beleidsdocument voor uw eigen gemeente vaststelt, dan wel door de handreiking integraal op te nemen in uw eigen (actualisatie van) beleid over grootschalige energieopwekking. Door dit te doen borgt u in ieder geval:

a) Leidende principes voor zon- en windprojecten
b) Verbinding met andere gebiedsopgaven
c) Ontwerpprincipes voor landschappelijke inpassing
d) Gedegen uitgangspunten voor ruimtelijke kwaliteit

3. Vraag om een openbare en transparante toetsing van het Overwegingskader bij lokale zoekgebieden

Náást bovenstaande punten 1 en 2 roepen wij u ook op om het voor zoeklocaties ingevulde Overwegingskader *openbaar te delen* met en door uw gemeenteraad, zodat aan inwoners transparant wordt verantwoord hoe de belangen voor een locatie van grootschalige hernieuwbare opwekking zijn afgewogen. Tevens vragen wij u om het College van B&W op te dragen om altijd een advies te vragen aan de RES Stuurgroep én aan de bestuurlijke klankbordgroep (dat laatste is nu een optie), en om de adviezen van deze twee overlegorganen ook *openbaar te delen* met uw raad bij besluitvorming. Ook deze openbare en transparante toetsing kunt u opnemen in een amendement of motie bij de RES 1.0, dan wel integraal opnemen in uw eigen gemeentelijke beleid over grootschalige energieopwekking.

Met een openbare en transparante toetsing van het Overwegingskader kunt u het goede gesprek met inwoners en maatschappelijk betrokken organisaties voeren over locaties van grootschalige energieopwekking, zorgt u voor lokale democratie en participatie en draagt u bij aan meer maatschappelijk draagvlak voor de energietransitie.

4. Hogere ambitie op besparen

De ambitie in de RES 1.0 op energiebesparing van 11% in 2030 ten opzichte van 2019 is gelijk aan de *autonome* ontwikkeling die wordt voorspeld in de Klimaat en Energieverkenning 2020. Dat is de besparing bij het huidige ingezette beleid, dus *zonder nieuw beleid* door de RES-en. In essentie betekent dit dat deze RES 1.0 geen extra inspanning levert om energie te besparen, terwijl de maatschappelijke consensus om energie te besparen zeer hoog is. Deze RES blijft ver achter bij de andere Brabantse RES-en, zoals die van Hart van Brabant (met 20% energiebesparing in 2030). Volgens Urgenda is in 2030 zelfs een besparing mogelijk van 40-50%. We roepen u om ambitieus te zijn.

5. Start vandaag nog met het verduurzamen van woningen

De warmteparagraaf van de RES 1.0 gaat met name over regionale beschikbare warmtebronnen (die er niet zijn). Voor uw gemeentelijke 'Transitievisie Warmte' die eind dit jaar gereed moet zijn, vragen wij om vooral aandacht te hebben voor participatie en het verduurzamen van woningen. Met isoleren kunt u vandaag al beginnen. Wacht daar niet mee tot de eerste proefwijk die van het aardgas af moet.

6. Zet sterk in op zon-op-dak

De RES 1.0 zet met 0,4 TWh voor zon-op-grote-daken in op 25% van de totale elektriciteitsopgave van 1,6 TWh. Andere Brabantse RES-en streven naar minimaal 35% van de totale opgave. Ook hierin is deze RES 1.0 weinig ambitieus te noemen. Dus pleit voor een daadkrachtige aanpak van zon-op-dak en zon-op-gevels, zodat de druk op het buitengebied beperkt blijft.

7. Bescherm het Natuurnetwerk Brabant en ongerepte natuurpanorama's

De biodiversiteit staat in Brabant onder druk, terwijl we soortenrijkdom hard nodig hebben voor onze gezondheid, welzijn, voedselproductie en natuurbeleving. Het Natuurnetwerk Brabant (NNB) beschermt kwetsbare natuur, heeft een hoge landschappelijke waarde en biedt ruimte voor ontspanning en recreatie. Windturbines vormen een bedreiging voor vogels en vleermuizen die juist in én rondom het NNB hun leefgebied vinden. In de RES 1.0 zien we meerdere zoekgebieden die dichtbij of rondom omsloten zijn door het NNB (onder andere Wijbosch Broek, Rooise Heide, Bossche Broek).

Ter bescherming van de aanwezige waarden zien we geen ruimte voor zon- en windprojecten binnen het NNB en pleiten we voor een minimale afstand van 500 meter tussen windturbines en de grenzen van het NNB. Voor weidevogelgebieden vragen we een minimale afstand van 1.200 meter tot windturbines, zoals in de Lithse polder. Dit gebied is daarnaast zeer belangrijk vanwege eendenkooien en wintergasten.

Windturbines hebben een onmiskenbare impact op het landschap en als natuur- en milieu-organisaties realiseren we ons dat een energielandschap er anders uitziet. Echter, op een aantal plaatsen is de landschapsbeleving zo waardevol, dat deze behouden moet blijven. Voor Noordoost-Brabant zijn dat: de Maashorst, de Maasheggen, het Maasdal, Het Groene Woud en de Loonse en Drunense Duinen. De veelal ongestoorde horizon is een belangrijke kwaliteit van deze grotere natuurgebieden en hoge windturbines dienen op grote afstand te blijven (wij denken aan vijf kilometer).

8. Neem als gemeente de regie en voorkom een confetti van zon- en windparken

Op basis van de in de RES 1.0 bepaalde zoekgebieden gaat u op lokaal niveau bezig met nadere invulling hiervan. We pleiten ervoor dat u binnen uw gemeente hierin de regie neemt vanuit een *gedegen gebiedsvisie* en de Handreiking Afwegingskader landschap, en dat u de invulling niet laat bepalen door de toevallige afspraken tussen projectontwikkelaars en grondeigenaren. De regie overlaten aan de markt leidt tot een confetti van zon- en windparken die het mooie Brabantse landschap voor vele jaren kunnen aantasten. Wanneer u als College en Gemeenteraad de plaatsen aanwijst waar zon en wind lokaal gewenst zijn én waar niet, met in achtneming van landschaps- en natuurwaarden, blijft u *in control* en kunt u invulling geven aan een democratisch en participatief besluitvormingsproces, en kunt u borgen dat projecten natuurpositief worden uitgevoerd.

9. Betrek kennis van lokale natuur- en milieuorganisaties

In lijn met punt 8 roepen wij u op om vooral gebruik te maken van de kennis en kunde van lokale natuur- en milieuorganisaties. Zij kennen de landschappelijke en ecologische waarden van een gebied als geen ander. Dat stelt u in staat om de juiste keuzes te maken voor geschikte locaties voor zon- en windprojecten in uw gemeente, dan wel om de juiste rand-voorwaarden te stellen. Natuurlijk zijn wij als natuur- en milieuorganisaties graag bereid om met u in gesprek te gaan.

10. Ga voor natuurpositieve, landschapsinclusieve en multifunctionele energieprojecten

We zijn van mening dat de energietransitie en natuurontwikkeling/biodiversiteit elkaar kunnen versterken, mits de goede locaties worden gekozen en de inrichting van het gebied op de juiste manier plaatsvindt. We adviseren om altijd een gedegen landschapsontwerp uit te voeren in unieke cultuurhistorische landschappen. De ecologische invulling gaat verder dan het inzaaien van kruidenrijk grasmengsel voor bijen en vlinders, en het laten grazen van schapen tussen zonnepanelen. Door een uitgekiend ontwerp dat afgestemd is op de natuur-, cultuurhistorische-, landschappelijke- en recreatieve waarden kan een energiepark een gebied verrijken en versterken. Graag delen we met u onze inzichten en goede voorbeelden over wat mogelijk is, zoals bij Energietuinen (www.energietuinen.nl).

We hopen dat we met deze brief een constructieve bijdrage leveren aan uw beoordeling van de RES 1.0 van Noordoost-Brabant en u suggesties hebben gegeven voor verdere uitwerking naar gemeentelijk beleid en uitvoering.

Spoorlaan 434 | 5038 CH Tilburg
013-535 6225 | bmf@brabantsemilieufederatie.nl | www.brabantsemilieufederatie.nl
Kamer van Koophandel: 41095498 | Triodosbank: NL22 TRIO 0212 4972 51

We hebben ook een publieksvriendelijke online infographic gemaakt met een rapportcijfer voor de concept RES 1.0 van de regio Noordoost Brabant [1].

Voor inhoudelijke vragen kunt u contact opnemen met Sandor Löwik, beleidsadviseur Energie van de Brabantse Milieufederatie: sandor.lowik@brabantsemilieufederatie.nl of op telefoonnummer 06-15350211.

Met vriendelijke groeten,

mede namens Brabants Landschap en Natuurmonumenten

Femke Dingemans,
directeur Brabantse Milieufederatie

[1] Link naar infographic: https://www.brabantsemilieufederatie.nl/nieuws/infographic-res-noordoost-brabant-haalt-doelen-niet/

Gezondheidseffecten van windturbinegeluid

Analyse RIVM-rapporten

Dick Bijl

Gezondheidseffecten van windturbinegeluid

Analyse van het RIVM-rapport 2020-0214

I. van der Kamp en G.P. van den Berg

doi 10.21945/RIVM-2020-0214

dr. D. Bijl, oud-huisarts, epidemioloog

Utrecht, oktober 2021

Op verzoek van het bestuur van Windwiki

Inhoud

Samenvatting rapport 5

1. Inleiding 7
   - Achtergrond 7
   - Vraagstelling 7
   - Leeswijzer 8
2. Wat is wetenschappelijk bewijs? 9
3. Bronnen van vertekening in observationeel onderzoek 14
4. Richtlijnen en literatuur 19
5. Analyse en beoordeling RIVM-rapport 20
6. Algemene conclusie RIVM in 2020 28
7. Conclusie en eindoordeel 32
8. Aanbevelingen voor nader onderzoek 37

Appendix A. Definities en termen. 38
Appendix B. Bespreking van onderzoeken. 40
Appendix C. AXIS-checklist. 69
Appendix D. Tabel: Kenmerken van de onderzoeken. 70
Appendix E. Literatuurlijst RIVM-rapport. 74
Appendix F. Over de auteur. 81
Appendix G. Literatuurreferenties. 82

Samenvatting

In dit rapport wordt de wetenschappelijke waarde en methodologische kwaliteit van de RIVM-rapporten over gezondheidsaspecten van windturbines beoordeeld.
Eerst wordt uitgebreid ingegaan op de voorwaarden waaraan wetenschappelijke bewijs moet voldoen en welke vormen van onderzoek binnen de wetenschap worden gebruikt.
Er wordt beschreven hoe onderzoek en onderzoeksresultaten kunnen worden vertekend, bijvoorbeeld door fouten in de onderzoeksmethode, of doordat het onderzoek wordt gefinancierd door een partij die belang heeft bij een bepaalde uitkomst.
Gerandomiseerd dubbelblind onderzoek is het onderzoek met de hoogste graad van wetenschappelijke bewijsvoering. Voor het onderzoek naar hinder van windturbines geldt de beperking dat dit niet 'dubbelblind' gedurende langere tijd kan plaatsvinden. Men is aangewezen op lagere categorieën van wetenschappelijk onderzoek: het observationele onderzoek en dwarsdoorsnede-onderzoek. Met daarnaast het laboratoriumonderzoek.
De factoren die de uitkomsten kunnen vertekenen worden benoemd: rechtstreekse geluidsmetingen óf berekende en gemodelleerde geluidsniveaus, gemiddelde waarden in plaats van piekwaarden, aantal windturbines (WT's), hoogte van de WT's, afstand tot de woningen, de invloed van het plaatselijk klimaat (temperatuur, windsterkte, vochtigheid), deelnemers die financieel profiteren van WT's, hebben deelnemers een normaal gehoor?, keuze van de gebieden (vakantiehuisjes, permanente bewoning), het verbergen van het doel van vragenlijstonderzoek (soms wel, soms niet), en zelf-gerapporteerde gezondheid of uit het medische dossier afgeleide.
Het RIVM concludeert in 2017 dat onderzoek naar slaapverstoring geen doorslaggevende conclusies heeft opgeleverd. Wel wordt een verband gevonden tussen zelf-gerapporteerde slaapverstoring en hinder door windturbines.De in 2020 nieuw toegevoegde onderzoeken dragen niet bij aan inzicht vanwege de lage wetenschappelijke waarde.
Vier onderzoeksvragen worden beantwoord:

1. Wat is de wetenschappelijke en met name methodologische onderbouwing van de conclusies van het RIVM-rapport gezondheidseffecten Windturbinegeluid?

Veel onderzoek is gesponsord door nationale overheden en soms zelfs door direct belanghebbenden, zoals windturbinefabrikanten. De aanbevelingen en conclusies van deze onderzoeken lijken vooral de sponsor gerust te willen stellen en, al dan niet

gevraagd, adviezen te geven over de wijze van omgang met windturbinecritici en annoyance.
De gebruikte literatuur die rapporteert over de gezondheidseffecten van windturbines wordt over het algemeen gekenmerkt door kwalitatief minder goed onderzoek waarin geen of onvoldoende rekening is gehouden met belangrijke bronnen van vertekening. De problemen van de onderzoeken worden door de auteurs meestal niet of onvoldoende kritisch beschreven.
De specifieke gezondheidseffecten van laagfrequent geluid en infrageluid zijn vooral onderzocht in het laboratorium. Deze onderzoeken kenmerken zich door kleine aantallen, gezonde jongvolwassen proefpersonen die kortdurend werden onderzocht waarbij specifieke onderzoeksvragen of nieuwe onderzoeksmethoden worden onderzocht. Het gaat dus om hypothese-genererend onderzoek dat niet als wetenschappelijk bewijs geldt en waaraan geen causale conclusies kunnen worden gekoppeld. Het RIVM doet dat echter toch.

2. Is de interne en externe validiteit van de onderzoeken in voldoende mate gegarandeerd om de conclusies te onderbouwen?

Vaak wordt er door onderzoekers niet of onvoldoende duidelijk gemaakt of de onderzochte groep proefpersonen representatief is voor de algemene bevolking. Sommigen, zoals de onderzoekers van de Canadese *Community Noise and Health Study*, geven expliciet aan dat ze niet geïnteresseerd zijn in representativiteit.
Wat betreft de interne validiteit van de onderzoeken zijn de statistische analysemethoden niet altijd nauwkeurig beschreven waardoor geen conclusie kan worden getrokken of deze goed zijn toegepast.

3. Is de zoekactie naar literatuur adequaat?

Het gebruik van literatuur in het RIVM-rapport kenmerkt zich door een grote mate van inconsistentie. Het RIVM-rapport bespreekt behalve oorspronkelijke onderzoek ook reviews. Dit zijn veelal niet-systematische literatuuroverzichten waarvoor geen zoekacties worden gegeven en die dus niet controleerbaar zijn. Ze moeten worden gezien als persoonlijke visies van auteurs of instellingen. Er is sprake van oncontroleerbare selectiebias. Dat geldt ook voor de RIVM-rapporten die derhalve niet gekwalificeerd kunnen worden als wetenschappelijk bewijs.

4. Is de interpretatie van de onderzoeken adequaat?

De conclusies die het RIVM trekt uit de onderzochte literatuur moeten op veel aspecten als inadequaat worden beschouwd. Het gebruik van niet-systematische

literatuuroverzichten alsmede onderzoeken uit een zeer lage categorie van wetenschappelijk bewijs, de invloed van onderzoekers met conflicterende belangen en het tekortschieten van de interne en externe validiteit van de onderzoeken gelden als voornaamste redenen daarvoor.

Eindconclusie

De eindconclusie luidt, dat op basis van slecht wetenschappelijk onderzoek geen harde conclusies kunnen worden getrokken met betrekking tot de gezondheidseffecten van windturbinegeluid op mensen. De conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor gezondheidseffecten van windturbinegeluid moet daarom worden verworpen.

Er is dringend behoefte aan goed wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd door onafhankelijke onderzoekers, die geen belang hebben bij de uitkomsten daarvan.

1. Inleiding

Achtergrond

Wereldwijd wordt sinds enkele decennia ingezet op het terugdringen van het gebruik van fossiele brandstoffen en het stimuleren van meer of minder groene, duurzame energie. Dit zou bijdragen aan schonere energie en zou meerdere positieve effecten hebben.

De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) is een groot voorstander van en stimuleert de ontwikkeling en het gebruik van groene energiebronnen. Een van die bronnen is windenergie. In Nederland is sprake van een aanzienlijke toename van het aantal windturbines en windturbineparken. Deze dragen in toenemende mate bij aan de energievoorziening.

Behalve positieve effecten van dit energiegebruik, is er vanaf het begin van de introductie van windturbines twijfel over de veiligheid en mogelijke gezondheidseffecten hiervan. Het gaat vooral om de effecten van het door de windturbines geproduceerd geluid.

Het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) heeft diverse rapporten uitgebracht over de effecten van windturbines. Hierin wordt op systematische wijze de wetenschappelijke literatuur over deze gezondheidseffecten samengevat. Achtereenvolgens verschenen rapporten in 2009, 2017, 2019 en 2020 en zeer recent verscheen een update in de vorm van een factsheet.[1] De conclusies van de RIVM-rapporten zijn over het algemeen dat er geen bewijs is voor gezondheidsschade door windturbines, uitgezonderd een effect op slaap en 'annoyance'. Ik bespreek ze in de hoofdstukken 4 en 5 en appendix B en D.

Niet iedereen onderschrijft de conclusies van de RIVM-rapporten. In Nederland is er aandacht voor gevraagd in dagbladen en op televisie. Een groep artsen heeft zich verenigd in een organisatie, genaamd Windwiki.[2] Zij beschouwen windenergie niet passend in een dichtbevolkt land als Nederland vanwege de negatieve effecten op het leefklimaat en de gezondheid van omwonenden. Zij signaleren dat de wetenschappelijke kennis over de gevolgen van laag frequent geluid en infrageluid van windturbines onvoldoende bekend is bij beleidsmakers, artsen en de algemene bevolking. Zij maken zich zorgen over de gezondheidseffecten van windturbines.

Vraagstelling

Het bestuur van Windwiki heeft mij gevraagd de RIVM-rapporten over Gezondheidseffecten van Windturbinegeluid te analyseren, met als uitgangspunt het rapport van 2020. De vraag die ik kreeg heb ik als volgt vertaald in deelvragen.

- Wat is de wetenschappelijke en met name methodologische onderbouwing van de conclusies van het RIVM-rapport gezondheidseffecten Windturbinegeluid van 2020?

- Was de zoekactie naar literatuur adequaat?

- Is de interpretatie van de onderzoeken adequaat?

- Is de interne en externe validiteit van de onderzoeken in voldoende mate gegarandeerd om de conclusies te onderbouwen?

Leeswijzer

Dit rapport begin ik met een algemene beschrijving van wat wetenschappelijk bewijs is, en met welke vormen van onderzoek wordt gewerkt. Dat is vooral observationeel onderzoek. Daarna bespreek ik de invloed van vertekenende factoren op de uitkomsten van observationeel onderzoek en de gevolgen daarvan voor de betrouwbaarheid.
Ik besteed daarin ook aandacht aan causaal bewijs: wanneer kunnen we spreken van een causaal verband tussen een determinant en een gezondheidsuitkomst.
Deze hoofdstukken, 2 en 3, zijn vrij uitgebreid en bedoeld ter onderbouwing van de beoordeling van het RIVM-rapport in hoofdstukken 5, 6 en 7. Ze zijn voor sommige lezers mogelijk wat (te) technisch, maar ik vind ze wel noodzakelijk om het onderzoekskader aan te geven.
De hoofdstukken 2 en 3 kunnen desgewenst worden overgeslagen en men kan direct beginnen met hoofdstuk 4.
In hoofdstuk 5 bespreek ik de onderzoeken die het RIVM heeft gebruikt om de conclusies die in hoofdstuk 6 zijn samengevat te onderbouwen. Mijn beoordeling en samenvatting van die onderzoeken staan in appendix B en de kenmerken van die onderzoeken staan in appendix D. De referenties alsmede de kenmerken van die onderzoeken zijn opgenomen in appendix D.
Ik sluit af met een conclusie in hoofdstuk 7.
Veel onderzoeken zijn dwarsdoorsnede-onderzoeken en een beoordelingslijst daarvoor is in appendix C opgenomen. Een deel van de beoordelingscriteria is ook opgenomen in appendix D.
De overige appendices bevatten informatie over de auteur (F) en de literatuurreferenties (E, G).

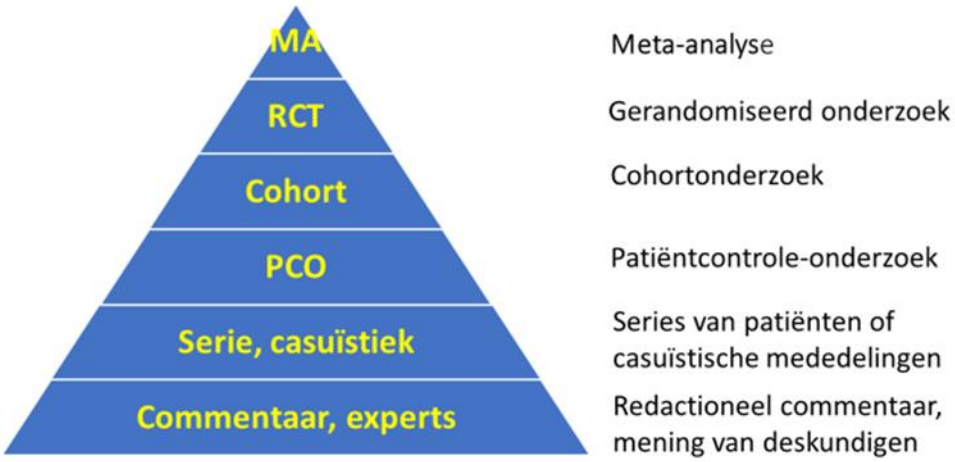
2. Wat is wetenschappelijk bewijs?

Inleiding

Ik ben oud-huisarts en heb mij gespecialiseerd in de epidemiologie. Epidemiologie is het vakgebied dat zich bezighoudt met het analyseren en beoordelen van wetenschappelijk onderzoek op uiteenlopende terreinen, zoals het milieu, intoxicaties, medicijnen en infectieziekten. Om het onderzoek van het RIVM goed te interpreteren is het nodig bespreek ik eerst wat wetenschappelijk bewijs en met welke typen onderzoek dit wordt verkregen.

Categorieën van wetenschappelijk bewijs[3]

Onderzoekers hebben indelingen gemaakt van wetenschappelijk bewijs naar sterkte van bewijs.



Figuur 1. Categorieën van wetenschappelijk bewijs in Evidence-based medicine.

De eerste en hoogste categorie van bewijs is het gerandomiseerde onderzoek of een verzameling van gerandomiseerde onderzoeken, een zogenoemde meta-analyse. In een gerandomiseerd onderzoek wordt het effect van een bepaalde interventie of behandeling vergeleken met een controlegroep die de interventie niet heeft ondergaan.

Gerandomiseerd duidt erop dat niet de onderzoeker of de proefpersoon of patiënt maar het toeval bepaalt welke interventie de proefpersoon krijgt. Dat toeval kan *at random* (aselect of willekeurig) worden bepaald met bijvoorbeeld een computer of met tabellen. Deze opzet voorkomt dat een onderzoeker een nieuwe behandeling of interventie met name zal voorschrijven aan of toepassen bij proefpersonen van wie hij denkt of hoopt dat die er het meeste baat bij zullen hebben. Dit zou leiden tot selectie en beïnvloeding van de uitkomsten van een onderzoek.

Een gerandomiseerd onderzoek is bij voorkeur dubbelblind, wat wil zeggen dat zowel onderzoekers als proefpersonen niet weten welke behandeling de proefpersonen krijgen. Dit voorkomt dat het verwachtingspatroon van onderzoekers en proefpersonen de beoordeling van het effect of de werking beïnvloedt. Vooringenomenheid speelt dan een minder grote rol. Op die manier hebben groepen proefpersonen gemiddeld ongeveer dezelfde eigenschappen en gelijke verwachtingen van de behandeling of interventie. Dit geeft de beste garantie dat de uitkomsten van het onderzoek vrijwel volledig aan de onderzochte interventie kunnen worden toegeschreven.

Het gerandomiseerde dubbelblinde en gecontroleerde onderzoek is de gouden standaard in veel onderzoeksgebieden. De afkorting daarvoor is RCT: *Randomized Controlled Trial*. Ze levert uitkomsten met de hoogste graad van bewijs van werkzaamheid. Dit betekent niet dat de uitkomsten van dergelijke onderzoeken zonder meer geaccepteerd kunnen worden. Want ondanks het sterke raamwerk van het gerandomiseerde dubbelblinde onderzoek kunnen de uitkomsten op allerlei manieren toch nog vertekend zijn.

De tweede categorie van wetenschappelijk bewijs is het observationele onderzoek. Het is afgeleid van het woord observeren en dat duidt erop dat geobserveerd wordt hoe mensen in de loop van een bepaalde periode reageren op een interventie of blootstelling (expositie). Observationeel onderzoek behoort tot een lagere categorie van wetenschappelijk bewijs omdat de uitkomsten vertekend kunnen zijn doordat niet het toeval maar een bepaalde omstandigheid, zoals de voorkeur van de onderzoeker, bepaalt welke behandeling wordt gegeven of welke expositie wordt onderzocht. Dat kan de uitkomsten in sterke mate beïnvloeden. We onderscheiden een aantal vormen van observationeel onderzoek, zoals het cohortonderzoek en het patiëntcontrole-onderzoek. We spreken van een cohort als personen voldoen aan bepaalde, door onderzoekers gedefinieerde, criteria gedurende een bepaalde periode en dan in de tijd gevolgd worden. In een patiëntcontrole-onderzoek, ook wel case-control study, wordt bij een groep personen die een bepaald gezondheidseffect heeft ervaren of waarbij gezondheidsschade is vastgesteld, een groep personen gezocht die aan dezelfde interventie zijn blootgesteld. Dit onderzoek wordt bijvoorbeeld gebruikt bij het onderzoek naar zeldzame bijwerkingen van medicijnen.

Observationeel onderzoek kan nader worden onderverdeeld in een aantal categorieën. Deze staan afgebeeld in de bovenstaande figuur. Dit is een van de mogelijk indelingen van onderzoek. Vragenlijstonderzoek en dwarsdoorsnede-onderzoek zijn hierin niet genoemd maar worden veelal ondergebracht in de voorlaatste categorie.

Observationeel onderzoek kent twee belangrijke vormen, een op de toekomst gerichte vorm (prospectief) en een terugblikkende ofwel historische vorm (retrospectief). Bij een prospectief onderzoek moeten de gegevens nog worden verzameld als het onderzoek begint. Bij een retrospectief onderzoek zijn ze al verzameld en wordt daar met terugwerkende kracht een betekenis aan toegekend. Retrospectief onderzoek wordt als

een lage categorie van wetenschappelijk bewijs gezien met veel kans op vertekening. De reden is dat de onderzoeksgegevens niet voor de desbetreffende onderzoeksvraag werden verzameld maar voor een ander doel, bijvoorbeeld door een zorgverzekeraar die wil weten hoe vaak en aan wie medicijnen werden voorgeschreven en welke kosten daarmee gepaard gingen.

Dwarsdoorsnede-onderzoek[4]

In dit derde type observationeel onderzoek, na cohort- en patientcontrole-onderzoek, wordt een steekproef van personen uit een populatie ingesloten en worden hun blootstellingen en gezondheidsresultaten tegelijkertijd gemeten. Met een dwarsdoorsnede-onderzoek kan men de aanwezigheid (prevalentie) van de gezondheidsuitkomst op een bepaald moment beoordelen, ongeacht de duur. Bijvoorbeeld, in een onderzoek naar het voorkomen van diabetes, kunnen sommige van de in het onderzoek opgenomen personen al vele jaren hebben geleefd met diabetes, terwijl anderen pas onlangs zijn gediagnosticeerd.

Vanuit een analytisch oogpunt is een dwarsdoorsnede-onderzoek zwakker dan een cohort- of een patiëntcontrole-onderzoek omdat men in een dwarsdoorsnede-onderzoek risicofactoren voor het optreden van ziekte (incidentie) meestal niet kan onderscheiden van risicofactoren voor overleving met de ziekte. Aan de andere kant is een dwarsdoorsnede-onderzoek een geschikt hulpmiddel voor beschrijvende epidemiologische doeleinden. Dwarsdoorsnede-onderzoeken worden routinematig gebruikt om de prevalentie te documenteren in een gemeenschap van gezondheidsgedrag (prevalentie van roken), gezondheidstoestanden (prevalentie van vaccinatie tegen mazelen) en gezondheidsresultaten, met name chronische aandoeningen (hypertensie, diabetes).

Samengevat is het doel van een analytische studie in de epidemiologie het identificeren en kwantificeren van de relatie tussen een blootstelling en een gezondheidsuitkomst. Het kenmerk van een dergelijke studie is de aanwezigheid van ten minste twee groepen, waarvan er één als vergelijkingsgroep dient. In een experimentele ofwel gerandomiseerde studie bepaalt de onderzoeker de blootstelling voor de proefpersonen; in een observationeel onderzoek worden de proefpersonen blootgesteld aan onder meer natuurlijke omstandigheden. In een observationeel cohortonderzoek worden proefpersonen opgenomen op basis van hun blootstelling en vervolgens gevolgd om het optreden van ziekte te documenteren. Verschillen in ziektecijfers tussen de blootgestelde en niet-blootgestelde groepen leiden ertoe dat onderzoekers concluderen dat blootstelling geassocieerd is met ziekte. In een observationeel patientcontrole-onderzoek worden proefpersonen opgenomen op basis van of ze de ziekte hebben of niet, vervolgens worden ze ondervraagd of getest om hun eerdere blootstelling te bepalen. Verschillen in blootstellingsprevalentie tussen de patiënt- en controlegroepen stellen onderzoekers in staat om te concluderen dat de blootstelling verband houdt met de

ziekte. Dwarsdoorsnede-onderzoeken meten tegelijkertijd de blootstelling en ziektestatus en zijn daarom beter geschikt voor beschrijvende epidemiologie. Oorzakelijke verbanden kan men hiermee niet opsporen.

Publicaties en bronnen van onderzoek

Er is verschil in kwaliteit van publicaties over wetenschappelijk onderzoek. Dat werd duidelijk in de huidige pandemie waarbij toonaangevende tijdschriften, zoals de *Lancet* en het *New England Journal of Medicine*, gepubliceerde artikelen moesten terugtrekken (retract) omdat bepaalde onderzoeksgegevens niet konden worden geverifieerd. Dit zijn zaken die zelden voorkomen en dat komt omdat de betere tijdschriften een beoordelingssysteem toepassen die de kans op dergelijke fouten minimaliseert. Dat heet een systeem van *peer review*, dat ik hieronder zal toelichten.

Tijdschriftredacties beoordelen de aan hun aangeboden artikelen allereerst op bruikbaarheid en degelijkheid. Als men denkt dat het artikel goed genoeg en interessant is voor hun lezers leggen ze de tekst voor aan enkele externe deskundigen (met een bepaalde status), de zogenoemde peers. Deze beoordelen de artikelen, meestal in relatief korte tijd, en geven algemene en specifieke commentaren alsmede een aanbeveling voor de redactie: aanvaarden, kleine of grote aanpassingen eisen of niet accepteren. De auteurs krijgen dan de gelegenheid om hun artikel aan te passen en opnieuw aan te bieden. De redactie bepaalt daarna, eventueel na opnieuw de peers te hebben geconsulteerd, of ze het artikel plaatsen. Dit peer-review-systeem geeft de beste garantie dat artikelen inhoudelijk geen fouten bevat.

Nu zijn er talloze tijdschriften op elk gebied van wetenschap. Op het gebied van de geneeskunde worden de betere tijdschriften verzameld in elektronische zoekmachines, zoals PubMed, Cochrane en Embase. Een artikel dat daarin is gepublicerd geeft daarmee dan ook de beste kwaliteitsgarantie. Overigens betekent dit niet, zoals wel eens wordt gedacht, dat de conclusies klakkeloos kunnen worden overgenomen. Een inhoudelijke, epidemiologische, methodologische en statistische analyse is altijd aangewezen.

Er zijn diverse vormen van publicaties en deze hebben niet altijd een even adequate vorm van peer review ondergaan. Abstracts, posterpresentaties voor congressen, advertorials, boekbijdragen, proceedings van symposia en publicaties in supplementen van tijdschriften voldoen niet aan kwaliteitscriteria en dienen niet gebruikt te worden als wetenschappelijk bewijs. Ze zijn vooral bedoeld voor onderzoekers om elkaar onderling te informeren over hun onderzoek en nieuwe ontwikkelingen snel en kort te bespreken. De resultaten van posters en abstracts blijken nogal eens af te wijken van de uiteindelijke publicaties in peer-reviewed tijdschriften.

Voor bepaalde typen onderzoek gelden voorts kwaliteitscriteria. Zo behoren auteurs van meta-analysen duidelijk aan te geven in welke gegevensbestanden van literatuur zij hebben gezocht, welke zoekactie ze hebben ondernomen en kwantitatief duidelijk te maken hoeveel onderzoeken ze hebben gevonden en welke ze vervolgens

hebben uitgesloten. Het doel hiervan is dat andere onderzoekers de zoekactie kunnen herhalen en controleren of ze tot dezelfde uitkomsten zouden komen. Men noemt deze procedure een systematisch literatuuronderzoek waarbij je er vanuit mag gaan dat alle, voor de vraagstelling relevante onderzoeken zijn gevonden en meegenomen. Hiertegenover staat een niet-systematisch literatuuronderzoek die vaak selectief literatuur bespreekt of vanuit een bepaald standpunt. Zoekacties worden dan niet opgegeven en er is geen garantie dat alle relevante literatuur is meegenomen.

Interne en externe validiteit

Belangrijke aspecten bij het beoordelen van onderzoeken zijn de interne en externe validiteit. De interne validiteit geeft aan of de analyse van onderzoeksgegevens zo degelijk is verricht dat de conclusies van de onderzoekers ook daadwerkelijk mogen worden getrokken. Aspecten die met de interne validiteit van een onderzoek te maken hebben, zijn bijvoorbeeld of de juiste statistische analysemethode is toegepast, of alle proefpersonen zijn onderzocht en of de nadelige effecten of bijwerkingen van een interventie wel goed zijn geanalyseerd.

De externe validiteit geeft aan of de onderzoeksresultaten ook van toepassing zijn op of gegeneraliseerd kunnen worden naar bredere patiëntengroepen dan alleen de onderzochte, dus bijvoorbeeld de gehele bevolking van een provincie of land. Dat heeft te maken met de manier waarop de steekproeven zijn getrokken. Die moet verifieerbaar zijn, de non-responders moeten geanalyseerd zijn en de onderzoekers moeten duidelijk maken dat hun steekproef een afspiegeling is van de algemene populatie. Deze aspecten spelen in dwarsdoorsnede-onderzoek een belangrijke rol.

Nauw samenhangend met de epidemiologie is de methodologie, ook wel de methodenleer. Methodologie is de studie van de wetenschappelijke methoden, de procedures en werkwijzen, die moeten worden gebruikt om kennis te verwerven en om de wetenschap vooruit te helpen. Statistische analysemethoden maken een belangrijk deel uit van de methodologie.

3. Bronnen van vertekening in observationeel onderzoek

De in het vorige hoofdstuk besproken onderzoekstypen worden in het RIVM-rapport besproken. Om ze goed te kunnen interpreteren is het van belang dat men zich realiseert dat de uitkomsten kunnen zijn vertekend door diverse factoren.

Cohort-, patiëntcontrole- en dwarsdoorsnede-onderzoek zijn onderhevig aan diverse bronnen van vertekening. Dat zijn selectie-bias, informatie-bias, publicatiebias en confounding. Ik bespreek deze kort. In overzichtsartikelen en leerboeken, die ik ook heb gebruikt, kan men hierover meer informatie vinden.[5] Een vijfde factor die onderzoeksresultaten in het algemeen, dus ook observationeel onderzoek, kunnen verstoren, zijn conflicterende belangen. Hiermee bedoel ik financiële relaties tussen onderzoekers en sponsoren van hun onderzoeken.

Selectiebias treedt op als de controlepersonen geen goede afspiegeling vormen van de basispopulatie waaruit ook de patiënten voortkomen. Er is sprake van een verstoring van de uitkomst ten gevolge van selectie, als personen in het onderzoek terecht zijn gekomen die een ongebruikelijke en ongelijke relatie hebben tussen blootstelling aan een externe factor en de uitkomst. Selectiebias duidt dus op de onvergelijkbaarheid van de onderzoeksgroepen, in het geval er twee of meerdere groepen worden onderzocht en vergeleken. Onderzoekers moeten duidelijk of aannemelijk maken dat de personen in de verschillende groepen vergelijkbaar zijn op alle van belang geachte aspecten, afgezien van de factor waaraan ze zijn blootgesteld, de expositiefactor. Dat gebeurt meestal in de vorm van een tabel met patiëntkenmerken.

Informatiebias. Als men voor een onderzoek gebruik maakt van medische dossiers in bijvoorbeeld ziekenhuizen, of geautomatiseerde gegevensbestanden zal niet steeds alle informatie die men nodig heeft, zijn geregistreerd. Het is voor de vergelijkbaarheid van patiënten en controlepersonen noodzakelijk dat de informatie van beide groepen volledig en kwalitatief goed is. Als dit niet het geval is spreekt men van ***informatiebias***. Belangrijke vormen van informatie-bias zijn diagnostische misclassificatie, expositie-misclassificatie en recall-bias. Informatie-bias duidt dus op het onjuist vaststellen van de expositie of de uitkomst of allebei. Het kan zowel differentieel (ten nadele van de ene of de andere groep) als niet-differentieel (ruis in het systeem, ofwel echte verschillen worden gemaskeerd) zijn.

Men spreekt van ***diagnostische misclassificatie*** als patiënten en controlepersonen foutief worden geclassificeerd als een diagnostische procedure fout-negatieve en fout-positieve diagnosen oplevert. Dit geldt met name voor aandoeningen waarvoor geen diagnostische gouden standaard bestaat. Het gaat bijvoorbeeld om het verschil tussen zelf-gerapporteerde ziekten bij vragenlijstonderzoek en diagnosen gebaseerd op dossieronderzoek bij de (huis-)artsen. Bij ***expositie-misclassificatie*** speelt het probleem van de betrouwbaarheid van het geheugen van zowel patiënten als controlepersonen. Patiënten zullen in het algemeen hebben nagedacht over de oorzaak van hun ziekte.

Hierdoor hebben zij vaak meer informatie over de invloed van bepaalde risicofactoren dan controlepersonen. Het is gebleken dat ook de soort vragen die worden gesteld van belang zijn.

Publicatiebias. Dit is het fenomeen dat niet alle onderzoeken die zijn verricht ook werkelijk zijn gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften. Dat kan te maken hebben met de tijdschriften omdat die het liefst onderzoeken met positieve conclusies publiceren. Het kan ook te maken hebben met de onderzoekers of sponsoren die liever geen onderzoeken met negatieve conclusies willen publiceren. Er zijn methoden ontwikkeld waarmee men inzichtelijk kan maken of men alle onderzoeken over een bepaald onderwerp wel zijn gepubliceerd, zoals een *funnel plot*.

Confounding. Men spreekt in onderzoek van confounding als de risicoschatting van de associatie tussen een bepaalde interventie of behandeling en een bepaalde gezondheidsuitkomst, wordt verstoord door een of meerdere factoren die zelf eveneens risicofactoren zijn voor de desbetreffende uitkomst, én verband houden met de interventie of de behandeling. Confounding is dus het fenomeen dat onderzoekers menen dat ze een expositie relateren aan een uitkomst maar in feite het effect van een derde factor, de confounder, meten. De confounder is zowel gerelateerd aan de expositiefactor als aan de uitkomst maar is geen intermediaire factor.

In het kader hieronder worden informatie- en selectiebias toegelicht voor slaaponderzoek.

Risico op bias en kwaliteit van slaaponderzoek

Het risico op bias in slaaponderzoek is mede afhankelijk van de bereidheid van proefpersonen om deel te nemen aan de onderzoeken. Analyse van persoonskenmerken en analyse van non-responders kan hierover uitsluitsel geven.
Onderzoeken waarin polysomnografie wordt gebruikt hebben het laagste risico op informatiebias en worden wel beschouwd als de gouden standaard voor slaaponderzoek. Deze onderzoeken hebben een hoog risico op selectiebias omdat over het algemeen slechts gezonde volwassen personen zonder slaapstoornissen worden onderzocht. De steekproeven zijn bovendien meestal klein en niet representatief voor de algemene populatie.
Slaaponderzoek dat is gebaseerd op zelf-rapportage via vragenlijsten hebben meestal een hoge kans op selectiebias, een hogere response en grotere steekproeven. Hierbij is echter sprake van een hoge mate van informatiebias.

Een vijfde factor die de uitkomsten van observationeel onderzoek kan vertekenen is de financiële relatie van de onderzoekers met de sponsor. We spreken dan van ***conflicterende belangen***. We kennen dit vanuit meerdere onderzoeksgebieden. Heel bekend zijn de conflicterende belangen tussen onderzoekers van medicijnen en de farmaceutische industrie. Onderzoekers met conflicterende belangen rapporteren vaker positief over het onderzochte en gesponsorde medicijn dan onafhankelijke onderzoekers. In het kader van

de transparantie dienen auteurs dan ook aan te geven wie de sponsor is van het onderzoek en welke financiële relatie ze met de sponsor hebben of met andere financiers.

Causale gevolgtrekkingen

Van belang bij het beoordelen van observationeel onderzoek is of de onderzoekers de mogelijke bronnen van vertekening van de uitkomsten adequaat hebben geanalyseerd en er rekening mee hebben gehouden in hun beoordeling.

Uiteindelijk gaat het om de vraag of er causale relaties kunnen worden getrokken uit observationeel onderzoek. Zoals al aangegeven kan dat niet met observationeel onderzoek, wel kan men de relatie enigszins aannemelijk maken. De Britse statisticus Sir Austin Bradford Hill heeft in 1965 criteria ontwikkeld voor het beoordelen van mogelijk causale relaties in observationeel onderzoek. Hij heeft deze onder meer toegepast bij het beoordelen van de relatie tussen roken en het ontwikkelen van longkanker. Deze relatie was niet in gerandomiseerd onderzoek te onderzoeken, maar er waren wel voldoende aanwijzingen om een oorzakelijk verband aannemelijk te achten. De criteria staan in het onderstaande kader aangegeven.[6]

Criteria van Bradford Hill voor causaliteit in observationeel onderzoek

1. ***Sterkte*** (grootte van het effect): een geringe associatie betekent niet dat er geen causaal effect is, ofschoon hoe sterker de associatie des te waarschijnlijker het is dat deze causaal is.
2. ***Consistentie (reproduceerbaarheid)***: Consistente bevindingen vastgesteld door verschillende personen in diverse plaatsen met verschillende onderzoeken versterkt de waarschijnlijkheid van het effect.
3. ***Specificiteit*:** Causaliteit is waarschijnlijk als er een specifieke populatie is, op een specifieke plek en met een aandoening waarvoor geen andere verklaring waarschijnlijk is. Hoe specifieker een associatie tussen een factor en een effect is, hoe groter de kans dat de associatie causaal is.
4. ***Temporaliteit:*** Het effect moet optreden na de inwerking van de oorzaak (en als er een te verwachten vertraging is tussen de oorzaak en het verwachte effect, dan moet het effect na de vertraging plaatsvinden.
5. ***Biologische gradiënt (dosis-respons relatie)***: Een grotere blootstelling zal over het algemeen leiden tot meer effect. In sommige gevallen echter kan louter de aanwezigheid van de factor het effect triggeren. In andere gevallen kan het omgekeerde gebeuren: meer blootstelling leidt tot minder effect.
6. ***Plausibel mechanisme***: Een plausibel mechanisme tussen oorzaak en effect helpt mee.
7. ***Coherentie***: Coherentie tussen epidemiologische en laboratoriumuitslagen versterkt de waarschijnlijkheid van het effect.
8. ***Experiment***: Soms is het mogelijk dat men zich beroept op experimenteel bewijs.
9. ***Analogie***: Het gebruik van analogieën of overeenkomsten tussen de geobserveerde associatie en andere associaties.

Deze criteria kunnen worden toegepast voor de hogere vormen van observationeel onderzoek. Vragenlijstonderzoek en dwarsdoorsnede-onderzoek behoren tot de lagere vormen van observationeel onderzoek. Het trekken van conclusies uit dergelijk onderzoek moet derhalve zorgvuldig en op methodologisch juiste wijze zijn gedaan, het is niet mogelijk hieruit causale inferenties op te maken.

Bij het beoordelen van vragenlijst- en dwarsdoorsnedeonderzoek zijn een aantal aspecten van belang, zie kader hieronder.

Belangrijke beoordelingscriteria voor de kwaliteit van dwarsdoorsnede-onderzoek.

- Vragenlijsten moeten gevalideerd zijn voor het onderzoek of onderzoeksgebied.
- Bij voorkeur worden internationaal gebruikte instrumenten gehanteerd.
- Bij voorkeur wordt een steekproefberekening gemaakt.
- Patiëntkenmerken moeten worden beschreven.
- De onderzoekplaatsen dienen verantwoord te worden.
- De sponsor moet worden genoemd en zijn rol bij het onderzoek.
- Zijn de onderzoekers onafhankelijk?

Voor veel onderzoek typen, zoals meta-analysen of gerandomiseerd onderzoeken zijn in de internationale literatuur richtlijnen gepubliceerd voor de methodologische beoordeling van de onderzoeken. Deze zijn samengesteld door onafhankelijke inhoudelijke deskundigen.

In de internationale literatuur zijn deze ook gepubliceerd voor dwarsdoorsnede-onderzoek. In appendix C is een voorbeeld gegeven van zo'n richtlijn, de AXIS-checklist.[7] Die richtlijn is tot stand gekomen middels een Delphi-procedure waaraan 20 deskundigen deelnamen, en is in 2016 gepubliceerd. Een beperking van deze richtlijn is dat er geen kwantitatieve score aan is toegekend en dat het nog geen algemene ingang heeft gevonden. In de literatuur van het RIVM-rapport dat in 2021 is gepubliceerd wordt niet verwezen naar de AXIS-checklist. In een van de onderzoeken wordt deze wel gebruikt en geven de auteurs een classificatie met puntentelling aan.

Laboratorium versus veldonderzoek.[8]

Onderzoeken naar de effecten van windturbinegeluid zijn ook in het laboratorium verricht en dat geldt met name voor slaaponderzoek met polysomnografie, actigrafie en EEG's. Ook zijn onderzoeken verricht naar audio-vestibulaire en cerebrale effecten van toegediend geluid. Uitkomstmaten waren uiteenlopend maar een relatie met annoyance kwam vaak voor, meestal werd de associatie met L_{Aeq} en ook met luidheid onderzocht.

Laboratoriumonderzoek betreft vaak een beperkt aantal deelnemers, steekproefberekeningen ontbreken en de representativiteit is onbekend. Dergelijk

onderzoek moet als hypothese-genererend worden gezien. Het dient in groter onderzoek met meer deelnemers bevestigd te worden.

In veldonderzoek, waarin ter plaatse van de woningen van de proefpersonen geluidsmetingen worden verricht en al dan niet klachten worden gemeten, is de relatie tussen annoyance en L_{Aeq} meestal kleiner dan in het laboratorium. Er is dus sprake van een grote mate van bias door expositie-misclassificatie.

Vanwege het hypothese-genererende aspect, wordt daarom wel aanbevolen om te beginnen met laboratoriumonderzoek en daarna veldonderzoek te doen.

4. Richtlijnen en literatuur

Er is al langere tijd aandacht voor de gevolgen van geluidseffecten van voertuigen, machines en fabrieken. Na de Tweede Wereldoorlog verschijnen er steeds meer wetenschappelijke publicaties. De WHO publiceert regelmatig overzichten en ook richtlijnen over geluid en geluidsoverlast. Windturbines komen vanaf 1996 in beeld in het toen gepubliceerde rapport. Er verschijnen aparte rapporten voor de Europese regio.[9] Belangrijke en grote rapporten zijn verschenen in landen waar al veel gebruik wordt gemaakt van windturbines, zoals Canada.[10]

Het RIVM publiceerde literatuuroverzichten over de gezondheidseffecten van windturbinegeluid in 2009,[11] 2017[12] en 2020[13]. In 2021 verscheen een factsheet[14] en een update van medewerkers van het RIVM in opdracht van de Zwitserse overheid. Daarnaast hebben medewerkers van het RIVM die betrokken waren bij de samenstelling van de richtlijnen publicaties in wetenschappelijke tijdschriften gedaan waarbij soms andere opdrachtgevers of sponsoren waren betrokken. Zo verscheen zeer recent een update van het in 2017 gepubliceerde rapport van het RIVM dat in opdracht van het Zwitserse Federale Milieubureau (FOEN) werd geschreven.[15]

Het RIVM-rapport uit 2009 evalueert nieuwe normstellingen voor windturbinegeluid. Vastgesteld wordt dat ongeveer 1500 omwonenden rondom de toenmalige windturbines in Nederland kans hebben op ernstige geluidhinder. “Een richtwaarde van 40 decibel (dB) in de nieuwe regelgeving voor windturbines kan een verdere toename tot een minimum beperken, als nieuwe windturbines worden gerealiseerd. Boven de 45 dB zijn in toenemende mate hinderklachten en gezondheidsproblemen te verwachten. In vergelijking met andere typen geluidbronnen ontstaan bij windturbines eerder hindereffecten voor omwonenden bij een lagere geluidbelasting. De keuze van grenswaarden heeft gevolgen voor de hoeveelheid ruimte op land die beschikbaar is voor nieuwe windturbines. Geschat wordt dat een grenswaarde van 40 dB ruimte biedt voor 7000 megawatt aan duurzame energie via nieuwe windturbines. Een grenswaarde van 45 dB biedt meer ruimte, ongeveer voor 25.000 megawatt.”

Het RIVM-rapport van 2017 heeft een enigszins andere opbouw dan dat van 2020. In 2017 worden de afzonderlijke onderzoeken meestal niet uitgebreid besproken en is nogal eens onduidelijk welke referenties bij welke beweringen of uitspraken horen. Dat is in 2020 veranderd. De onderzoeken worden daarin uitgebreider besproken en de referenties zijn ook duidelijk.

De factsheet uit 2021 heeft weinig wetenschappelijke onderbouwing en lijkt vooral een geruststellende functie te hebben voor het publiek.

De update van 2021 is niet als officiële publicatie van het RIVM verschenen.

Belangrijke en interessante literatuur over windturbines en de acceptatie ervan door de Nederlandse bevolking is beschikbaar maar wordt niet gebruikt of genoemd in de RIVM-rapporten sinds 2009. [16]

5 Analyse RIVM-rapport 2020, gepubliceerd in 2021

Voor het onderzoek naar gezondheidseffecten van windturbines is het moeilijk om gerandomiseerd onderzoek op te zetten en al helemaal niet dubbelblind onderzoek. Je zou dan een groep proefpersonen moeten randomiseren naar een woonplek zonder en met windturbines in de buurt, ze laten verhuizen en ze dan geruime tijd moeten volgen. Dergelijk onderzoek is niet beschikbaar. We zijn daarom aangewezen op lagere categorieën van wetenschappelijk onderzoek, het observationele onderzoek en dwarsdoorsnede-onderzoek. En voorts laboratoriumonderzoek.

In appendix D is beoordeling van de onderzoeken die in het RIVM-rapport van 2021 zijn opgenomen, weergegeven, waarbij de volgorde van het RIVM-rapport is aangehouden. Hiermee kan men een indruk krijgen van de kwaliteit van het beschikbare onderzoek. Appendix B bevat mijn samenvatting en bespreking van de onderzoeken. Ik heb afgezien van een kwantitatieve beoordeling omdat hiervoor in de literatuur nog geen consensus bestaat. Ik bespreek nu achtereenvolgens de verschillende paragrafen en sub-paragrafen van het rapport en begin steeds met de conclusies van het RIVM-rapport uit 2017. Ik begin met een bespreking van een aantal aspecten van kwaliteit en kwaliteitscriteria.

Algemene kwaliteitscriteria

Er zijn een aantal algemene aspecten van de onderzoeken en de selectie die het RIVM daarin heeft gemaakt waarmee ik deze bespreking wil beginnen. Dat is de relatie tussen onderzoekers en sponsoren, de invloed van vertekenende factoren, causaliteit en verder een aantal algemene aspecten.

Relatie onderzoekers en sponsor. Veel onderzoekers gaan er impliciet vanuit dat energie van windturbines een fait accompli is. De artikelen beginnen dan ook vaak met de vaststelling dat het streven is om het aandeel windenergie te laten toenemen in de komende jaren, conform het streven van nationale overheden en de WHO. Sponsoren zijn dan ook vaak ministeries van milieu/energie en soms ook windturbinefabrikanten. De methodologisch betere onderzoeken vermelden meestal wel de namen van de sponsoren en de rol van die sponsoren. In methodologisch zwakkere onderzoeken blijft dit vaak onduidelijk.

Opvallend is dat onderzoekers nogal eens aanbevelingen doen hoe overheden beter kunnen omgaan met kritiek van omwonenden, terwijl het geen onderdeel van de onderzoeksvraag was. Ik beschouw dat als ongevraagde adviezen.

Vertekenende factoren. In de methodologisch betere onderzoeken geven auteurs meestal wel de zwakke aspecten aan van hun onderzoek, evenals overigens de sterke aspecten. Het probleem is dat voor de meeste factoren niet gecorrigeerd kan worden in de analyse van de gegevens. Vooral het risico op en de invloed van informatie- en selectiebias op de

uitkomsten zijn dan onduidelijk en de conclusies zijn daarom aan een grote mate van twijfel onderhevig.
Causaliteit. Terwijl er uit dwarsdoorsnede-onderzoek geen causale inferenties kunnen worden afgeleid, en de meeste auteurs dat ook erkennen, zijn er desondanks auteurs die toch proberen dergelijk relaties plausibel te maken.
En verder zijn de volgende factoren die de uitkomsten kunnen vertekenen van belang: rechtstreekse geluidsmetingen of berekende en gemodelleerde, aantal WT's, afstand tot de woningen, gemiddelde waarden i.p.v. piekwaarden, invloed klimaat (temperatuur, windsterkte, vochtigheid), hoogte en sterkte van de WT's, deelnemers die financieel profiteren van WT's, hebben deelnemers een normaal gehoor?, keuze van de gebieden (vakantiehuisjes, permanente bewoning), het verbergen van het doel van vragenlijstonderzoek (soms wel, soms niet), en zelf-gerapporteerde gezondheid of uit het medische dossier afgeleide.

Beoordeling kwaliteit per hoofdstuk

Hieronder bespreek ik op hoofdlijnen de kwaliteit van de onderzoeken in de afzonderlijke hoofdstukken en paragrafen. Hoofdstuk 1 laat ik buiten beschouwing, omdat het een samenvatting is van de kennis tot 2017. Ik begin steeds met de conclusie van de review van het RIVM uit 2017[17] gevolgd door de in het rapport van 2020 genoemde nieuwe onderzoeken. In de review van 2017 worden onderzoeken veel minder uitgebreid besproken dan in die van 2020. Bovendien is de systematiek die wordt gehanteerd anders dan in het rapport van 2020. In 2017 worden als groepen besproken: noise annoyance, slaapstoornissen en andere gezondheidseffecten. Vervolgens worden enkele grote onderzoeken besproken, zoals het Canadese, Japanse, en andere.

Hoofdstuk 2. Windturbinegeluid en gezondheid

2.1 Geluidhinder

Het RIVM concludeert in 2017 op basis van de door hen geselecteerde en beschreven onderzoeken dat geluidhinder (noise annoyance) het voornaamste effect is van blootstelling aan het geluid van een operationele windturbine. Op basis van epidemiologische studies, experimenten en verhalen van mensen bleek dat het typische karakter van windturbinegeluid een van de belangrijkste kwesties was. Het effect van amplitudemodulatie wordt betwist, omdat er geen doorslaggevende conclusies uit het beschikbare laboratoriumonderzoek kunnen worden getrokken.

De onderzoeken die het RIVM gebruikt ter onderbouwing van deze conclusie betreffen dwarsdoorsnede-onderzoeken (of steekproeven daarvan, met vragenlijsten), laboratoriumonderzoeken, congresdia's, modelleringsstudies, en reviews. Ze gaan deels niet over windturbines. Van belang is dat ze dezelfde beperkingen kennen als de hieronder

beschreven onderzoeken, namelijk niet-representatieve steekproeven, kleine aantallen proefpersonen, en niet-systematische reviews.

Op basis van de nieuwe onderzoeken stelt het RIVM in 2020 vast dat hun conclusies uit 2017 niet fundamenteel zijn gewijzigd.

De review van Guski bevat 2 onderzoeken over de effecten van windturbinegeluid, die van Janssen en Kuwano. Guski kon de uitkomsten van deze onderzoeken niet meta-analyseren. Alleen het onderzoek van Janssen is opgenomen in het RIVM-rapport van 2020, Het vragenlijstonderzoek van Kuwano is ook niet in het rapport van 2017 opgenomen. Van Kamp et al. hebben 2 reviews geschreven in opdracht van de Britse overheid over de invloed van windturbinegeluid op annoyance, slaap, cardiovasculaire en metabole effecten. Deze aspecten worden in de volgende paragrafen verder besproken en geanalyseerd.

De review van Simos geeft onvoldoende informatie over de zoekstrategie en de resultaten daarvan en daarom is het niet mogelijk de volledigheid en daarmee de conclusie te onderschrijven.

Ik stel vast dat het merendeel van de nieuwe onderzoeken dwarsdoorsnede-onderzoeken zijn die op belangrijke beoordelingscriteria slecht scoren. Dat geldt voor belangrijke items zoals representativiteit, berekening steekproefgrootte en corrigeren voor bias. De herkomst van de proefpersonen is meestal onbekend, de persoonskenmerken worden niet of vrijwel niet gegeven. De respons op de vragenlijsten is vaak minder dan 50% en onderzoekers laten vaak na te onderzoeken of er sprake is van selectieve ofwel differentiële uitval.

Het grote Canadese onderzoek, de *Community Noise and Health Study* (CNHS) die door Michaud et al. zijn beschreven, zijn secundaire analysen van een dwarsdoorsnede-onderzoek. Dit betekent dat de analysen die zijn verricht niet het doel van het oorspronkelijke onderzoek waren. We kunnen derhalve daaraan niet veel betekenis toekennen. Deelnemers aan het onderzoek werden niet volledig geïnformeerd over het doel van het onderzoek. Er is een reëel risico van framen.

Zowel de interne als de externe validiteit van deze dwarsdoorsnede-onderzoeken is dus slecht. De conclusies die uit deze onderzoeken worden getrokken zijn daarmee niet-valide.

De laboratoriumonderzoeken worden gekenmerkt door kleine aantallen deelnemers, terwijl een steekproefberekening ontbreekt. De meetmethoden worden meestal wel uitgebreid besproken evenals de uitkomsten.

2.2 Slaapverstoring

Het RIVM concludeert in 2017 dat onderzoek naar het effect van windturbinegeluid 's nachts op slaapverstoring geen doorslaggevende conclusies had opgeleverd. Er konden geen eenduidige conclusies worden getrokken met betrekking tot objectieve en

subjectieve slaapindicatoren. Onderzoekers hebben wel een verband gevonden tussen zelf-gerapporteerde slaapverstoring en hinder door windturbines.

De onderzoeken waarop het RIVM zich in 2017 baseert betreffen dwarsdoorsnede-onderzoeken (vragenlijsten), een boekbijdrage, richtlijnen van de WHO en Health Canada, een congrespaper en een review van dwarsdoorsnede-onderzoeken. Kortom, onderzoeken uit een lage categorie van wetenschappelijk bewijs.

De in 2020 nieuw toegevoegde onderzoeken zijn 4 dwarsdoorsnede-onderzoeken, 2 laboratoriumonderzoeken, een verkennend veldonderzoek en een prospectief cohortonderzoek. De categorieën van wetenschappelijk bewijs alsmede de kwaliteit van deze onderzoeken zijn laag en dragen niet bij aan inzicht.

2.3 Effecten op hart- en vaatstelsel

Het RIVM concludeerde in 2017 dat er onvoldoende bewijs was voor een direct verband tussen het geluidniveau van windturbines en effecten op het hart- en vaatstelsel. Het wordt onvoldoende duidelijk op welke literatuurreferenties het RIVM zich daarbij baseerde. Er wordt gesproken over het beschikbare veldonderzoek.

De nieuwe oorspronkelijke onderzoeken in het rapport van 2020 naar de effecten van windturbinegeluid op het hart- en vaatstelsel zijn voornamelijk verricht in Denemarken. Hierin zijn gegevens uit enkele registratiebestanden gekoppeld. Het zijn secundaire analysen van cohortonderzoeken met een langdurige follow-up en grote aantallen deelnemers. Een probleem bij de interpretatie van met name de uitkomsten van de *Danish Nurses' Health Study* is expositie-misclassificatie waarmee wordt bedoeld dat de deelnemers niet zijn blootgesteld aan hoge geluidsniveaus waardoor een eventuele associatie of een dosis-respons relatie gemaskeerd kan blijven. Dit Deense verpleegkundigencohort betreft vrijwel alleen vrouwen. Het onderzoek van Poulsen et al. heeft als belangrijkste beperking dat er geen diagnosen zijn gesteld maar dat conclusies zijn gebaseerd op het afhalen van recepten/medicijnen. Voorts is het een secundaire analyse van een prospectief cohortonderzoek. Het Canadese CNHS-onderzoek is een secundaire analyse van een dwarsdoorsnede-onderzoek.

2.4 Metabole effecten

Het RIVM concludeert in 2017 dat er onvoldoende bewijs is voor een direct verband tussen het geluidniveau van windturbines en metabole effecten (diabetes en obesitas). De referenties die hierbij behoren worden niet duidelijk aangegeven, maar lijken te berusten op reviews, dwarsdoorsnede-onderzoek en proceedings. Een tekortkoming in de bespreking is dat geen referenties worden gegeven bij de genoemde gezondheidseffecten.

De nieuwe in 2020 toegevoegde oorspronkelijke studies zijn beide secundaire analysen van het Canadese CNHS-dwarsdoorsnede-onderzoek en het Deense prospectieve cohortonderzoek. De beperkingen van het Deense onderzoek zijn hierboven beschreven. Het Canadese onderzoek kent vele beperkingen. De auteurs stellen dat causale inferenties

op basis van dwarsdoorsnede-onderzoek slechts in beperkte mate mogelijk is. Zij laten na de steekproefkeuze te verantwoorden. Hiermee vervalt dan ook de mogelijkheid om de resultaten te generaliseren. En zij waarschuwen ten slotte voor overwaardering van hun uitkomsten.

2.5 Cognitieve en mentale effecten

Het RIVM heeft in 2017 geen artikelen opgenomen die cognitieve en mentale effecten bestudeerden, maar somt andere gezondheidseffecten op in een paragraaf over andere gezondheidseffecten. Specifieke referenties bij de afzonderlijke effecten worden niet gegeven, waardoor de onderbouwing ontbreekt..

Het enige oorspronkelijke nieuwe onderzoek dat in 2020 is toegevoegd is de secundaire analyse van het Deense prospectieve cohortonderzoek waarvan de beperkingen hierboven zijn aangegeven.

2.6 Andere sociale en fysieke aspecten

Het RIVM concludeert over niet-akoestische factoren in 2017 dat het effect van windturbinegeluid zal verminderen als ook een grote reeks van andere factoren wordt geadresseerd die van invloed is op de mate van hinder die verband houden met het wonen in de nabijheid van een windturbine en vanwege de gematigde effecten van het geluidniveau. De invloed van deze factoren is niet noodzakelijkerwijs uniek voor windturbines, maar bij sommige factoren is dat wel het geval.

In 2020 zijn twee reviews toegevoegd. De ene is een scoping-review en de andere is een systematisch literatuuronderzoek met beperkingen.

2.6.1 Visuele aspecten

De onderzoeken die in het rapport van 2020 worden besproken zijn dwarsdoorsnede- en laboratoriumonderzoeken, interviews, single case- studies, modelontwikkeling en analyse van mediaberichten. Deze voegen weinig toe aan de evidence-base.

2.6.2 Contextuele en andere factoren

De meeste onderzoeken die hier worden besproken betreffen dwarsdoorsnede-onderzoeken, laboratoriumonderzoeken, en een niet-systematische review. Een aanzienlijk deel van de onderzoeken gaat over de planning van de aanleg van windturbines en de aandacht die moet worden besteed aan het inschakelen van de lokale bevolking.

De overige aspecten die in deze paragraaf worden besproken, de demografische aspecten, persoonlijke factoren en de maatschappelijke en economische aspecten, geven wel interessante en leerzame gezichtspunten, maar zijn niet direct gerelateerd aan de gezondheidseffecten.

Hoofdstuk 3. Specifieke gezondheidseffecten voor laagfrequent geluid en infrageluid

3.1 Hoorbaarheid infrageluid en laagfrequent geluid

In hun review uit 2017 stelde het RIVM vast dat er dagelijks laagfrequent geluid hoorbaar is dat afkomstig is van weg- en luchtverkeer en vele andere geluidbronnen. Laagfrequent geluid wordt doorgaans gedefinieerd als onderdeel van het normale frequentiebereik van alledaagse geluiden. Er is minder bekend over infrageluid en bovendien wordt infrageluid niet zo vaak waargenomen als laagfrequent of 'normaal' geluid. Infrageluid komt echter niet alleen voor bij windturbines; natuurlijke bronnen (storm, branding), grote dieren, transportmodaliteiten en door de mens gemaakte machines produceren vrijwel dezelfde infrageluidniveaus als windparken. Door de hoge gehoordrempel voor deze frequenties bij de mens zijn we ons over het algemeen niet bewust van het meeste infrageluid.

Het RIVM baseert zich in de review van 2017 op systematische en niet-systematische reviews, veld- en laboratoriumonderzoek en proceedings van congressen, en ook een door een fabrikant gesponsord onderzoek. Het betreft over het algemeen onderzoeken uit een lage categorie van wetensschappelijk bewijs.

Er worden in het rapport van 2020 twee reviews besproken. Daarvan is er een die van het RIVM uit 2017 en de review van Carlisle is een niet-systematisch literatuuronderzoek, daardoor selectief en niet geschikt om te gebruiken. Alle nieuwe oorspronkelijke studies die in 2020 zijn opgenomen zijn laboratoriumonderzoeken, uitgezonderd een congrespaper, waarin bepaalde aspecten van laagfrequent geluid en infrageluid worden onderzocht die soms met nieuwe methoden worden gemeten. Het zijn onderzoeken met geringe aantallen deelnemers die niet-representatief zijn. De uitkomsten kunnen alleen als hypothese-genererend worden beschouwd. Een congrespaper kan niet als wetenschappelijk bewijs worden beschouwd.

3.2 Effect van lagere frequenties ten opzichte van 'normaal' geluid

Het RIVM stelt in 2017 dat gesuggereerd wordt dat infrageluid en laagfrequent geluid van windturbines andere gezondheidseffecten voor omwonenden hebben dan audiogeluid, maar er was in 2017 weinig wetenschappelijk bewijs dat deze hypothese onderbouwde. Tijdens laboratoriumexperimenten bleken andere effecten voor te komen, zoals trillingen in het lichaam, misselijkheid of duizeligheid, maar deze traden alleen op wanneer het geluidniveau van het infrageluid hoger was dan bij windturbines voorkomt. Het RIVM zal in 2020, in dit document dus, ook studies bespreken die mogelijk specifieke effecten van infrageluid en laagfrequent geluid laten zien, ongeacht of deze studies betrekking hadden op windturbines of niet.

Het RIVM baseert zich in 2017 op een systematische review van observationeel en laboratoriumonderzoek.

In het rapport van 2020 worden drie reviews genoemd. Daarvan is die van Tonin een niet-systematisch literatuuronderzoek en dus niet bruikbaar. De reviews van Van

Kamp is een review van dwarsdoorsnede-onderzoeken en dat van Lubner een review met beperkingen.

Drie van de vijf nieuwe oorspronkelijke onderzoeken zijn niet gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift, maar als congrespaper. Deze gelden niet als wetenschappelijk bewijs. De overige twee onderzoeken zijn laboratoriumonderzoeken, die als hypothese-genererend moeten worden beschouwd.

3.3 Onhoorbaar geluid en effecten op het vestibulaire systeem

In de RIVM-review uit 2017 werd geconcludeerd dat de infrageluidniveaus van windturbines in een woonomgeving onvoldoende sterk zijn om het evenwichtsgevoel te verstoren. Ook is, bij de huidige windturbinegeluidniveaus, het optreden van syndromen zoals vibro-akoestische ziekte (VAD) of de door trilling veroorzaakte evenwichts-orgaanstoornis (VVVD) die het windturbinesyndroom (WTS) veroorzaakt niet bewezen en niet waarschijnlijk. VAD en WTS worden overigens niet erkend als medische diagnoses. Symptomen die geassocieerd worden met windturbinegeluid zouden echter wel het gevolg kunnen zijn van stressreacties die mogelijk verband houden met de aanwezigheid van een windpark. In de afgelopen jaren zijn er geen studies gepubliceerd waarin wordt onderbouwd dat VAD en VVVD echt bestaan.

Het RIVM baseert zich in zijn review van 2017 wat betreft onhoorbaar geluid vooral op niet-systematische literatuuronderzoeken en een systematisch literatuuronderzoek, een boek, proceedings en een veldonderzoek.

Voor wat betreft vestibulaire effecten baseert het RIVM zich in 2017 op al dan niet systematische reviews van met name observationeel onderzoek, boeken, klachten-analyses, theoretische beschouwingen en een gerandomiseerd onderzoek.

Voor vibro-akoestische effecten baseerde het RIVM zich op twee proceedings, een laboratoriumonderzoek en systematisch literatuuronderzoek.

Van de nieuwe onderzoeken die in het rapport van 2020 zijn opgenomen, is van het literatuuronderzoek van Lubner onvoldoende duidelijk gemaakt in hoeverre hier sprake is van een adequaat opgezet en uitgevoerd systematisch literatuuronderzoek.

De twee nieuwe oorspronkelijke onderzoeken zijn laboratoriumonderzoeken, die als hypothese-genererend moeten worden beschouwd.

3.4 Effecten van trillingen

Ten tijde van de RIVM-review uit 2017 was er weinig informatie bekend over de perceptie van trillingen veroorzaakt door windturbines. In de enige beschikbare studie die na 2000 was gepubliceerd (Cooper, 2014) werd gesuggereerd dat sommige omwonenden sensaties leken te ervaren die werden veroorzaakt door de werking van windturbines en die mogelijk verband hielden met trillingen. Het RIVM speculeerde dat het ritmische karakter van windturbinegeluid er wellicht toe kan leiden dat een huis gaat trillen en dat de werking van een windturbine dus indirect in een huis zou kunnen worden waargenomen.

Het RIVM baseerde zich in 2017 op veld- en laboratoriumonderzoek en literatuuronderzoek, waarvan een uit 1985.

Van de in het rapport van 2020 besproken nieuwe oorspronkelijke studies gaat het om een veldonderzoek met drie proefpersonen, twee laboratoriumonderzoeken die niet als bewijs gelden maar hypothese-genererend zijn, en een abstract dat niet als wetenschappelijk bewijs geldt.

6 Algemene conclusie RIVM in 2020[18]

Het RIVM stelt dat de conclusies over de gezondheidseffecten van windturbinegeluid niet fundamenteel zijn gewijzigd sinds de review uit 2017. In algemene zin is er een verband gevonden tussen het geluidniveau veroorzaakt door windturbines en hinder. Ook wordt het aannemelijk geacht dat er een verband bestaat met slaapverstoring, hoewel niet met zekerheid gesproken kan worden van een direct verband, omdat er slechts een beperkt aantal studies over dit onderwerp beschikbaar zijn en de resultaten daarvan elkaar soms tegenspreken. Over het algemeen is het bewijs voor zelf gerapporteerde effecten op de slaap sterker dan voor objectieve slaapindicatoren.

De reviews voor de WHO met betrekking tot hinder, slaap, effecten op het hart- en vaatstelsel, metabole effecten en cognitieve en mentale effecten hadden allemaal mede betrekking op windturbinegeluid. Samen met enkele reviews van hoge kwaliteit en updates beschikt men nu over een meer solide basis voor de eerdere conclusies. Door het aantal studies, de omvang van de studies en de kwaliteit van het bewijs voor hinder en slaapverstoring stelt het RIVM dat een meta-analyse gerechtvaardigd is. Aanbevolen wordt om hierbij onderscheid te maken tussen objectieve en subjectieve slaapindicatoren. Bovendien komt er voor een reeks klinische uitkomsten en uitkomsten op het vlak van geestelijke gezondheid steeds meer bewijs beschikbaar, maar omdat er te weinig studies zijn, is het nog niet mogelijk een dergelijke meta-analyse uit te voeren.

Sinds 2017 zijn er verscheidene studies gepubliceerd over het verband tussen windturbinegeluid en effecten op het hart- en vaatstelsel, zoals ischemische hartziekte, beroertes en medicijngebruik voor hypertensie. Er zijn geen significante effecten gevonden. Een uitzondering is de zogeheten Danish Nurse Cohortstudie waarin een verband is gevonden met atriumfibrilleren.

Er is geen verband gevonden tussen hinder, slaapverstoring, gezondheids-uitkomsten voor het hart- en vaatstelsel en metabole effecten. Evenmin voor diabetes en obesitas. Daarnaast bestaat onvoldoende bewijs voor een direct verband tussen mentale gezondheid en de kwaliteit van leven en het geluidniveau van windturbines. De cognitieve effecten van windturbinegeluid zijn niet onderzocht. Ook zijn er geen significante verbanden gevonden tussen windturbinegeluid en een laag geboortegewicht en kanker.

Het RIVM citeert de WHO, dat de blootstelling aan geluid van een bron in de omgeving, zoals een windturbine, door eenvoudige maatregelen verminderd kan worden, zoals het isoleren van ramen of het plaatsen van geluidschermen.

Hoewel de lijst verre van volledig is, blijken geluidgevoeligheid, houding ten opzichte van windturbines, visuele aspecten en economisch voordeel wederom de belangrijkste mediatoren en moderatoren.

Uit epidemiologische studies en experimenten is nogmaals gebleken dat het typische karakter van windturbinegeluid een van de voornaamste kwesties is. Met name het ritmische karakter van het geluid (de technische term hiervoor is amplitudemodulatie

of kortweg AM) wordt als hinderlijk ervaren en wordt omschreven als een zwiepend of zoevend geluid. Op woonlocaties zijn de windturbinegeluidniveaus bescheiden te noemen in vergelijking met het geluidniveau van andere bronnen, zoals wegverkeer of geluid van industrie. Maar bij gelijke geluidniveaus leidt het geluid van windturbines tot meer hinder dan dat van andere bronnen.

In enkele studies werd het effect van landschapsbeoordeling en andere visuele aspecten onderzocht. Aangenomen wordt dat chronische hinder van deze fysieke factoren, en van geluid, verband houdt met stress. Het is in voldoende mate bewezen dat stress de gezondheid en het welzijn van mensen kan aantasten. Er bestaat echter geen bewijs voor een direct verband tussen visuele aspecten van windturbines en gezondheidseffecten. In meerdere studies zijn de doorslaggevende factoren voor acceptatie uitvoerig beoordeeld. Inspraak in het besluitvormingsproces, mede-eigenaarschap (letterlijk en figuurlijk) en gebruik van de energie die in de directe omgeving wordt opgewekt, worden aangevoerd als belangrijke aantrekkende factoren.

Over het algeheel wordt geconcludeerd dat mensen meer bereid zijn om nieuwe windturbines in hun leefomgeving te accepteren als ze inspraak hebben in het besluitvormingsproces, als de windturbines het eigendom zijn van een groep burgers, als de opgewekte elektriciteit gebruikt wordt in de regio zelf en niet wordt geëxporteerd en als mensen in algemene zin het gevoel hebben dat ze controle hebben. Dit komt overeen met de conclusies over de rol die deze factoren spelen bij het verzachten van de aversieve effecten van andere bronnen, zoals geluid van vliegtuigen. De gezondheid wordt vaak genoemd in debatten over windparken, maar de feiten over gezondheidseffecten die worden aangevoerd, spreken elkaar vaak tegen.

Dan volgen de conclusies uit hoofdstuk 3 die ten onrechte hoofdstuk 4 wordt genoemd. Recente studies bevestigen de resultaten van onze eerdere review grotendeels: de perceptie van infrageluid en laagfrequent geluid komt over het algemeen overeen met wat we al weten uit de literatuur en er bestaat geen enkele aanwijzing voor het feit dat infrageluid met een geluidniveau ver onder de gehoordrempel enig effect kan hebben op de mens.

In één studie (Weichenberger et al, 2017) wordt gesuggereerd dat er een verband bestaat tussen een onhoorbaar infrageluid met een frequentie van 12 Hz en hersenactiviteit. Niet duidelijk is welk effect deze hersenactiviteit elders in de hersenen of het lichaam kan hebben. De auteurs nemen een grote sprong door te speculeren dat dit in verband zou kunnen worden gebracht met fysiologische en psychologische gezondheidseffecten. Wij zijn van mening dat we eerst zeker moeten weten dat een onhoorbaar geluid daadwerkelijk dit effect teweegbrengt. Het geluidniveau van de stimulus lag slechts 2 dB onder de gehoordrempel. Onze conclusie luidt dat de hersenactivering door infrageluid moet worden onderzocht, waarbij de geluidniveaus vergelijkbaar zijn met die in de buurt van windturbines/windparken en er gebruik wordt

gemaakt van meer natuurgetrouwe geluiden. Pas dan kunnen we concluderen of onhoorbaar infrageluid een effect kan hebben op omwonenden.

De recente studies over de mogelijke effecten van hoorbaar infrageluid en laagfrequent geluid bevestigen de eerdere resultaten.

Eindconclusie

Het geluidniveau van windturbines is bescheiden te noemen in vergelijking met dat van andere transportmodaliteiten (weg-, spoorweg- en luchtverkeer) of industrie. Studies tonen aan dat in de praktijk de geluidniveaus meestal lager dan 45 dB(A) liggen. Desondanks leidt windturbinegeluid bij gelijke geluidniveaus tot meer hinder dan dat van vele andere bronnen.

Op basis van de huidige kennis over het effect van windturbinegeluid op de gezondheid kunnen we concluderen dat wonen in de buurt van een windturbine of het horen van geluid van windturbines kan leiden tot chronische hinder onder omwonenden. Er bestaat geen consistent bewijs voor andere gezondheidseffecten, zoals slaapverstoring, slapeloosheid en geestelijke gezondheidseffecten. Het nieuwe bewijsmateriaal bevestigt de eerdere conclusies over de invloed van de laagfrequente component van windturbinegeluid en infrageluid van windturbines: er bestaat geen enkele aanwijzing voor het feit dat dit andere effecten voor omwonenden heeft dan normaal geluid of dat infrageluid met een geluidniveau ver onder de gehoordrempel enig effect kan hebben. Wanneer mensen worden blootgesteld aan windturbinegeluid (over alle frequenties), vormen het geluidniveau en de amplitudemodulatie van al het windturbinegeluid samen de voornaamste oorzaak voor meer hinder, dus niet laagfrequent geluid of infrageluid.

Het is bewezen dat slaapverstoring eerder verband houdt met hinder dan met windturbinegeluid boven een bepaald geluidniveau. Nieuw bewijsmateriaal heeft bovendien aangetoond dat er een verband bestaat tussen de totale hinder en gezondheidsklachten, maar we kunnen geen conclusies trekken over de richting van dit verband: hebben mensen die ernstig worden gehinderd door windturbinegeluid meer gezondheidsklachten of worden mensen met gezondheidsklachten meer gehinderd door windturbinegeluid?

Toch kan chronische hinder op zich leiden tot het gevoel dat de kwaliteit van de leefomgeving is verslechterd of in de toekomst zal verslechteren. Dit kan een negatieve impact hebben op het welzijn en de gezondheid van mensen die in de buurt van windturbines wonen. Het gematigde effect van windturbinegeluid op hinder en de reeks factoren die de mate van hinder voorspellen houden in dat het effect van windturbinegeluid zal verminderen als ook andere aspecten worden geadresseerd die worden geassocieerd met hinder. De invloed van deze factoren is niet per se uniek voor windturbines. Belangrijke factoren zijn geluidgevoeligheid, houding ten opzichte van windturbines, gezondheidsproblemen, visuele aspecten en aspecten die verband houden met de procedure voorafgaand aan de plaatsing van een windpark. De rol van factoren,

zoals inspraak in het planvormingsproces, procedurele rechtvaardigheid, het gevoel rechtvaardig te worden behandeld, en de balans tussen kosten en baten van windturbines worden zelfs nog sterker onderstreept in het beschikbare bewijsmateriaal.

Samengevat: de gezondheidsklachten houden voornamelijk verband met een reeks niet-akoestische factoren en niet per se met de daadwerkelijke mate van blootstelling.

7. Conclusie

Algemeen

Er is veel onderzoek beschikbaar naar de gezondheidseffecten van windturbinegeluid. Dat onderzoek kenmerkt zich door een uiteenlopende kwaliteit. Er is slechts een enkel onderzoek uit de hoogste kwaliteitscategorie, het gerandomiseerde onderzoek of meta-analysen daarvan, beschikbaar. Dat er zo weinig gerandomiseerd onderzoek beschikbaar is, is goed verklaarbaar. Het is immers vrijwel niet mogelijk en wellicht zelfs onmogelijk om een groep mensen zonder voorkennis over windturbines te randomiseren naar een situatie waarin ze gedurende korte of langere tijd worden blootgesteld aan windturbinegeluid en naar een groep die daar niet aan wordt blootgesteld.

We zijn dus aangewezen op onderzoek uit ***minder hoge categorieën van wetenschappelijk bewijs***. Het gaat om cohortonderzoek dat al dan niet is samengevat in meta-analysen, waarin mensen worden gevolgd in de tijd en vergeleken worden met een controlegroep. Daarbij kunnen allerlei gezondheidsmetingen worden verricht. Wanneer voldoende mensen deelnemen aan dergelijke onderzoeken, dan kan dergelijk onderzoek vooralsnog de beste bewijzen leveren voor gezondheidseffecten van windturbines. De onderzoeksgroepen dienen op belangrijke prognostische factoren vergelijkbaar te zijn. Voorbeelden van dergelijk onderzoek zijn de Deense onderzoeken, zoals de Deense Nurses' Health Study en de Zweedse onderzoeken van Poulsen et al.

Ik bespreek nu de onderzoeksvragen die mij zijn gesteld, hoe ik deze heb beantwoord en de conclusies die ik daaruit trek.

Wat is de wetenschappelijke en met name methodologische onderbouwing van de conclusies van het RIVM-rapport gezondheidseffecten Windturbinegeluid?

Een aanzienlijk deel van de cohort- en dwarsdoorsnede-onderzoeken maakt gebruik van ***geautomatiseerde gegevensbestanden*** van nationale overheden, ziekenhuizen, apothekers en zorgverzekeraars. Van belang is dat de gegevens die daarin zijn opgenomen niet zijn verzameld voor specifieke onderzoeksvragen ten aanzien van de effecten van windturbinegeluid. Men kan dan soms enigszins opmerkelijke zaken constateren, zoals het verbinden van het effect van windturbines aan het afhalen van medicijnen voor slaapstoornissen en depressie terwijl deze medicijnen voor een aantal diagnosen kunnen worden voorgeschreven en niet noodzakelijk gerelateerd zijn aan de effecten van windturbines.

Nogal wat onderzoeken betreffen ***steekproeven van mensen uit dergelijke bestanden*** waarmee vervolgens diverse analysen worden gedaan. Dat noemt men secundaire analysen en de wetenschappelijke betekenis daarvan is beperkt. Zoals gezegd

zijn de gegevens niet verzameld voor onderzoek naar de gezondheidseffecten van windturbinegeluid, maar er bestaat ook een aanzienlijk risico van kanskapitalisatie. Dat duidt op het fenomeen dat door veel statistische toetsen te doen er vanwege het toeval sowieso een aantal positief zullen uitvallen. Hiermee kunnen onderzoekers wel rekening houden en er in hun analysen voor corrigeren, maar dat gebeurt niet altijd.

Dan is er nogal wat onderzoek verricht waarbij geluidsmetingen in woningen (veldonderzoek) werden verricht en tevens vragen over de gezondheid werden afgenomen of via vragenlijsten werden verkregen. Echter, in een groot deel van de onderzoeken werden geluidsterkten berekend op basis van ***modellen***. Dergelijke modellen leveren slechts gemiddelden op over een bepaalde tijdsperiode en geven geen indruk over piekbelastingen en lokale meteorologische afwijkingen.

Ten slotte is een aanzienlijk deel van het onderzoek in het ***laboratorium*** verricht. Met veelal een klein aantal, geselecteerde jongvolwassen en gezonde proefpersonen worden vraagstellingen onderzocht of nieuwe procedures getest om bepaalde effecten van geluid op het oor, gehoor, evenwichtsorgaan en de hersenen te onderzoeken. Dergelijk onderzoek is hypothese-genererend, dat in groter opgezet onderzoek moet worden bevestigd. Het RIVM beschouwt dergelijk onderzoek echter in veel gevallen als bewijzend in plaats van hypothese-genererend.

Uit geen van de beschreven onderzoeken kunnen met zekerheid ***causale conclusies*** worden afgeleid. Een aantal onderzoekers erkent dat maar er zijn ook onderzoekers die dit terzijde leggen en ten onrechte van mening zijn dat hun onderzoek causale factoren in beeld heeft gebracht. Toch trekt het RIVM uit observationeel onderzoek met meer of minder grote methodologische beperkingen harde conclusies, hetgeen ongerechtvaardigd is.

Er is nog geen algemeen erkende checklist om de ***kwaliteit van dwarsdoorsnede-onderzoek*** te beoordelen. Wel is er een instrument hiervoor gepubliceerd, de AXIS-lijst, maar deze wordt nog niet algemeen gebruikt. In appendix D heb ik de kwaliteit van onderzoeken op basis van een aantal criteria beschreven waarmee men een indruk kan krijgen over de kwaliteit van de onderzoeken. Meer dan een indruk is het vooralsnog niet. Ook van de andere onderzoeken heb ik op deze manier een indruk gegeven over de kwaliteit.

Nationale overheden en ook de WHO hebben zich verplicht hun energievoorziening minder te baseren op fossiele brandstoffen en meer op natuurlijke energiebronnen, zoals wind- en waterkracht. Veel artikelen beginnen dan ook met deze constatering. Veel onderzoek is gesponsord door nationale overheden en soms zelfs door direct belanghebbenden, zoals windturbinefabrikanten, en de aanbevelingen en conclusies van onderzoeken lijken vooral de sponsor gerust te willen stellen en al dan niet gevraagd adviezen te geven over de wijze van omgang met windturbinecritici en annoyance.

Het onderzoek naar de gezondheidseffecten van windturbines wordt over het algemeen gekenmerkt door kwalitatief minder goed onderzoek waarin voor belangrijke

bronnen van vertekening geen of onvoldoende rekening is gehouden en door de auteurs niet-kritisch wordt beschreven.

De specifieke gezondheidseffecten van laagfrequent geluid en infrageluid zijn vooral onderzocht in het laboratorium. Deze onderzoeken kenmerken zich door kleine aantallen, gezonde jongvolwassenen proefpersonen die kortdurend werden onderzocht waarbij hypothesen werden onderzocht en nieuwe onderzoeksmethoden werden onderzocht. Het gaat dus om hypothese-genererend onderzoek dat niet als wetenschappelijk bewijs geldt en waaraan geen causale inferenties kunnen worden gekoppeld. Het RIVM doet dat echter toch.

Voorts wordt het onderzoek naar de effecten van laagfrequent geluid en infrageluid gekenmerkt door niet-systematisch literatuuronderzoek met een inherent risico op selectie- en informatiebias.

Is de interne en externe validiteit van de onderzoeken in voldoende mate gegarandeerd om de conclusies te onderbouwen?

De ***representativiteit*** van de onderzoeken, dus de externe validiteit, is onderwerp van discussie. Een aantal grote cohortonderzoeken, zoals de Deense, zijn gebaseerd op de algemene populatie en er zijn dan meestal geen redenen om de uitkomsten niet geldig te verklaren voor de gehele bevolking van een land. In Denemarken zijn gegevens van alle Denen, over bijvoorbeeld medicijnen en ziekten, opgenomen in gegevensbestanden. Maar vaak worden er door onderzoekers geen of onvoldoende pogingen gedaan om duidelijk te maken dat de onderzochte groep proefpersonen representatief is voor de algemene bevolking van een regio of land, zoals uit appendix D blijkt. Sommigen, zoals de onderzoekers van de Canadese *Community Noise and Health Study*, geven expliciet aan dat ze niet geïnteresseerd zijn in representativiteit.

Wat betreft de interne validiteit van de onderzoeken zijn de statistische analyse methoden niet altijd nauwkeurig beschreven waardoor geen conclusie kan worden getrokken of deze goed is toegepast. De interne validiteit van onderzoeken heeft vooral ook te maken met de betrouwbaarheid van onderzoek en de conclusie.

Daarentegen worden, vooral bij het laboratoriumonderzoek, de statistische analysemethoden uitvoerig beschreven, maar deze zijn zoals gezegd hypothese-genererend.

Is de zoekactie naar literatuur adequaat?

Het ***gebruik van literatuur*** in het RIVM-rapport kenmerkt zich door een grote mate van inconsistentie. Zo worden abstracts en proceedings van symposia en niet-gepeerreviewde artikelen of boekbijdragen gebruikt om beweringen te onderbouwen terwijl de wetenschappelijke waarde van deze publicaties uiterst gering zo niet afwezig is. In de artikelen uit Oost-Europese landen wordt vaak verwezen naar onderzoek dat in die landen is verricht maar die door het RIVM vrijwel niet wordt genoemd. En dat is een probleem dat algemeen en regelmatig terugkomt in het rapport. Weliswaar worden de termen voor de zoekacties aangegeven maar hoe in de zoekacties dan abstracts en proceedings terechtkomen is op zijn zachtst gezegd enigszins opmerkelijk.

Het RIVM-rapport bespreekt behalve oorspronkelijke onderzoek ook reviews. Dit zijn veelal niet-systematische literatuuroverzichten waarvoor geen zoekacties worden gegeven en die dus niet controleerbaar zijn. Ze moeten worden gezien als persoonlijke visies van auteurs of instellingen. Dat geldt ook voor de RIVM-rapporten die daarom niet gekwalificeerd kunnen worden als wetenschappelijk bewijs.

Is de interpretatie van de onderzoeken adequaat?

De conclusies die het RIVM trekt uit de door hun onderzochte literatuur moet op veel aspecten als inadequaat worden beschouwd. Het gebruik van niet-systematische literatuuroverzichten, alsmede onderzoeken uit een zeer lage categorie van wetenschappelijk bewijs, de invloed van onderzoekers met conflicterende belangen en het tekortschieten van de interne en externe validiteit van de onderzoeken gelden als voornaamste redenen daarvoor.

Uit laboratoriumonderzoek met een beperkt aantal deelnemers waarvan de representativiteit en de persoonskenmerken niet is aangegeven kunnen geen andere conclusies worden getrokken dan die geldig zijn voor de onderzochte groep. Dat onderzoek is hypothese-genererend.

Ik vermeld hier nog dat een groot deel van het onderzoek is verricht bij gezonde (jong)volwassenen maar dat er vrijwel geen onderzoek is verricht bij kinderen en adolescenten, personen met klachten en aandoeningen of met risicofactoren. Die risicofactoren zijn overigens door medewerkers van het RIVM in 2013 in een wetenschappelijk artikel besproken.[19]

Eindconclusie

Ik stel daarom vast dat de conclusies die het RIVM trekt op basis van hun literatuuronderzoek niet zijn gebaseerd op het beste wetenschappelijke bewijs. De gebruikte literatuur kent meer of minder ernstige tekortkomingen waardoor de conclusies in twijfel moeten worden getrokken.
Op basis van slecht wetenschappelijk onderzoek kunnen geen harde conclusies worden getrokken met betrekking tot de gezondheidseffecten van windturbinegeluid op mensen. De conclusie dat er geen aanwijzingen zijn voor gezondheidseffecten van windturbinegeluid moet daarom worden verworpen.
Er is dringend behoefte aan goed wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd door onafhankelijke onderzoekers die geen belang hebben bij de uitkomsten daarvan.

8 Aanbevelingen voor nader onderzoek

In dit rapport is verslag gedaan van onderzoek naar een specifieke vraagstelling. Tijdens dat onderzoek kwamen de nodige vragen op die interessant en belangrijk zijn om nader te onderzoeken:

- De evolutie van de RIVM-rapporten in de tijd;
- De rol van framing van tegenstanders van windturbines en de herkomst van het begrip annoyance;
- Conflicterende belangen bij onderzoekers en de relatie met uitkomsten van onderzoeken;
- Worden de WHO-criteria voor geluid en windturbinegeluid gevolgd in Nederland?

Appendix A.

Definities en termen

Downwind-turbines geven veel infrageluid en laagfrequent geluid. Dat laatste geldt ook voor zwaardere turbines.

Setback: minimale afstand tussen een WT en het dichtstbijzijnde gebouw (550 m. in Canada).

Geluid: drukgolf die door een medium gaat.

Geluidskracht (sound power): de totale hoeveelheid geluid (in alle richtingen) die wordt geproduceerd, uitgedrukt in watt W. Referentiewaarde: 1 x 10-12 (=0 dB). Het geluidskrachtniveau van WT ligt tussen 95 en 110 dB.

Geluidsdruk (sound pressure): de amplitude van de geluidsfluctuaties in een geluidsgolf die door lucht gaat (en door een ontvanger wordt opgepikt), uitgedrukt in Pascal Pa. Is een relevante maat voor expositie aan geluid. Referentiewaarde: 20µPa (=0 dB).

DB-schaal: logaritmische schaal. Verdubbeling geluidsdruk komt overeen met een toename van 6dB van het geluidsdrukniveau, hetgeen het gemiddelde niveau over een bepaald tijdsinterval representeert.

De voortgeleiding van geluid is afhankelijk van afstand, meteorologische omstandigheden, luchtdichtheid en kenmerken van de grond.

Mensen hebben relatief hoge gehoordrempel voor infrageluid (80-110 dB).

De belangrijkste kenmerken van geluid zijn de druk (amplitude) en frequentie.

Frequentie is het aantal drukgolven per seconde uitgedrukt in Hertz Hz. Dit bepaalt de geluidshoogte of -toon.

Frequenties tussen 200Hz-2kHz is middengebied.

Frequenties tussen 2kHz en 20kHz is hoogfrequent geluid.

Frequenties boven 20kHz is ultrageluid en niet hoorbaar voor mensen.

Frequenties lager dan 20Hz is infrageluid en in het algemeen niet hoorbaar.

Laagfrequent geluid tussen 20 en 200 Hz.

A-gewogen geluid t.b.v. internationale vergelijkingen, minder geschikt voor geluid dat anders is samengesteld zoals laagfrequente componenten.

WT-geluid is mechanisch en aerodynamisch van oorsprong, met name de laatste.

Amplitude modulatie: geluidsdruk wisselt regelmatig in de tijd, afhankelijk van de snelheid, richting en turbulentie van het geluid.

Het karakteriseren van WT-geluid is moeilijk vanwege variatie in de veroorzakende mechanismen, veranderingen die door de transmissie ontstaan en gebrek aan gestandaardiseerde metingen.

Twee geluiden met hetzelfde A-gewogen geluidsdruk niveau hoeven niet geassocieerd te zijn met dezelfde gezondheidseffecten omdat andere effecten belangrijker kunnen zijn, zoals het maximumniveau, duur van de blootstelling en de interpretatie door de hoorder.

Geluidsmetingen moeten bestaan uit geluidsdruk niveaus en frequenties. Deze metingen worden vaak gewogen op basis van frequenties die het menselijk gehoor reflecteren, en samengevat worden door een gemiddelde over een tijdsperiode (equivalent geluidsniveau Leq).

Het vestibulaire systeem kan door bepaalde geluiden worden geactiveerd. Vestibulaire haarcellen zijn over het algemeen gevoelig voor relatief lage vibrerende frequenties.

Het menselijk oor is het meest gevoelig tussen 2 en 5 kHz.

Infrageluid (typisch lager dan 20 Hz) kan alleen boven 70 tot 100 dB worden waargenomen, in feite niet ‘gehoord’ ondanks dat het de auditieve cortex bereikt, maar eerder ‘gevoeld’.

Mensen met hyperacusis kunnen een ongewone intolerantie hebben voor gewone omgevingsgeluiden (Baguley 2005).

Voor omgevingsgeluid, zoals WT, wordt vaak de gemaskeerde gehoordrempel gebruikt De reden is dat de absolute gehoordrempel beïnvloed wordt door andere geluiden.

Lawaai (noise) is een ongewenst geluid.

Luidheid is de subjectieve gewaarwording van de intensiteit van een signaal.

Appendix B.

Bespreking van de onderzoeken in het RIVM-rapport.

Hoofdstuk 2 Windturbinegeluid en gezondheid

2.1 Geluidhinder

Van Kamp et al.[20] Nederlands review op basis van dwarsdoorsnede-onderzoek

De gegevens voor dit artikel zijn gepresenteerd op een symposium in Perth (Australië) in 2017. Ze zijn gepubliceerd in de Proceedings van het symposium.

Het ministerie van ROM heeft aan het RIVM gevraagd een onderzoek te doen naar de kennis van laagfrequent geluid (LFG) en de beschikbare kennis te verzamelen. De achterliggende idee was dat er onduidelijkheid bestond over de effecten van LFG. Het RIVM verrichtte een steekproef in drie grote steden in Nederland en zond vragenlijsten naar een steekproef van de inwoners. Het onderzoek werd opgezet vanuit de aanname dat maatregelen om geluidsoverlast te verminderen, zoals dubbel glas, succesvol zijn en het geluidsniveau binnenshuis verminderen.

Er werden een aantal aspecten van geluid gevraagd, zoals annoyance, noise sensitivity, tevredenheid met de woonomgeving en geluidswerende maatregelen. De analysen werden verricht met een multi-level regressiemodel, maar dit model wordt niet uitgebreid besproken.

In totaal namen 3972 personen deel aan het onderzoek, respons was 26%. Deze steekproef was niet representatief voor de Nederlandse bevolking. Zo waren er relatief minder personen jonger dan 40 jaar en waren personen met een niet-Nederlandse nationaliteit ondervertegenwoordigd.

Het bleek dat 7% van de respondenten highly annoyed was door zoemende geluiden in hun omgeving. De onderzoekers geven aan dat deze uitkomst weliswaar statistisch significant is maar niet noodzakelijk klinisch relevant. Achtergrond geluidsniveaus, geluidsgevoeligheid en ontevredenheid met de woonomgeving waren sterk geassocieerd met een hogere mate van annoyance. Omdat het een dwarsdoorsnede-onderzoek betreft kunnen geen causale inferenties worden getrokken.

De onderzoekers bespreken de sterke en zwakke punten van hun onderzoek. Sterk punt is dat annoyance vanuit verschillende bronnen is onderzocht en dat er rekening kon worden gehouden met lichamelijke, contextuele en persoonlijke factoren. De lage respons sluit selectiebias niet uit. Ook geven ze aan dat er geen modellen of berekeningen voor LFG beschikbaar zijn. Nader onderzoek is nodig.

2.1.1 Reviews waarin geluidshinder aan bod komt.

Guski et al.[21] Literatuuronderzoek naar omgevingsgeluid en annoyance.
Deze Duitse onderzoekers verrichten, gesponsord door de WHO en het Zwitserse Federale Milieubureau (FOEN), een systematisch literatuuronderzoek en kwantitatieve meta-analyse. Onderzocht werden vliegtuig-, weg, trein- en WT-geluid. De onderzoekers beschrijven uitgebreid de zoekcriteria, het risico op vertekening (bias), publicatiebias, de kwaliteit van de onderzoeken en ook hoe zij de statistische analysen hebben verricht. Ten slotte bespreken ze ook de sterke en zwakke punten van hun onderzoek. Dit onderzoek bevat veel belangrijke methodologische informatie.
In totaal gebruikten zij 57 onderzoeken met 68.116 deelnemers voor hun kwantitatieve analyse. Personen van 18 jaar en ouder namen deel.

De conclusie is dat het bewijs over de correlatie van blootstelling-response tussen geluidsniveaus en %HA matig is voor vliegtuig- en treingeluid en zwak voor weg- en WT-geluid. Het bewijs voor correlaties tussen geluidsniveaus en annoyance is hoog voor vliegtuig- en treingeluid en matig voor weg- en WT-geluid. Sterke punten van hun onderzoek betreffen het hoge aantal deelnemers (resp. 18.947, 34.211, 12,477, 2481). Een zwak punt betreft de uiteenlopende definitie van geluidsniveaus en %HA.
Wat betreft WT-geluid werden 2 onderzoeken opgenomen (alleen het onderzoek van Janssen is opgenomen in het RIVM-rapport).[22] De onderzoekers 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.
Algemene conclusie: De toename van %HA in de nieuwere onderzoeken (tussen 2000 en 2014) over vliegtuig-, weg- en treingeluid die vergelijkbare L_{den} niveaus gebruikten als in onderzoeken voor 2000, wijzen op de noodzaak om de geluidslimieten aan te passen in de aanbevelingen.

Van Kamp et al.[23] [24]Nederlandse review-updates.

Het gaat hier om een scoping-review en een update van de literatuur. Het zijn rapporten die zich richten op alle geluidstypen en geluidsoverlast.

De scoping-review en de literatuur-update zijn geschreven in opdracht van het Britse Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) en richten zich in het bijzonder op annoyance, slaapverstoringen, cardiovasculaire en metabole effecten van omgevingsgeluid.

Bespreking van deze artikelen laat ik buiten beschouwing vanwege de te brede insteek van de auteurs. De nieuwe onderzoeken over de relatie tussen windturbinegeluid en gezondheidseffecten komen in de nieuwe rapporten van het RIVM aan bod.

Simos et al.[25] Zwitserland, systematisch literatuuronderzoek.

Zwitserse onderzoekers van de universiteit van Geneve verrichtten een onderzoek naar de negatieve effecten van WT. Zij concentreerden zich op de effecten op inwoners in de omgeving. Zes belangrijke aspecten werden onderzocht: noise, laagfrequent geluid, WT-syndroom, bewegende schaduwen en stroboscopische effecten, omgevingseffecten, en sociale aspecten en invloeden op de koopprijzen van onroerend goed.

De onderzoekers geven globaal hun zoekactie aan, maar niet de in- en exclusiecriteria.

De bespreking van de literatuur (67 ond.) geeft een globaal overzicht van wat er bekend is, er is echter weinig systematiek te ontdekken in de bespreking.

In de discussie zetten ze een aantal zaken op een rij en sluiten af met 9 aanbevelingen die als checklist kunnen dienen bij het ontwikkelen van WT-parken. Dit is opmerkelijk. De onderzoekers geven aan geen conflicterende belangen te hebben en ook dat het onderzoek niet gesponsord is. In de Inleiding en in de methodenparagraaf wordt niet aangegeven dat zij aanbevelingen zullen gaan doen. Nimbyisme en nocebo-effect worden genoemd.

Freiberg et al.[26] Duits verkennend onderzoek naar gezondheidseffecten WT.

Een groep Duitse onderzoekers deed een zogenoemde scoping review, een verkennende analyse van de gezondheidseffecten van WT op de gezondheid van mensen die leven in woongebieden. Een scoping review wordt gedaan als een onderzoeksgebied relatief nieuw is of de onderzoeksuitkomsten nogal heterogeen zijn. In een zeer uitgebreid en goed onderbouwde analyse, waarin ze onder meer hun zoekactie naar literatuur goed verantwoorden, namen ze 84 onderzoeken op naar de gezondheidseffecten van WT.

Sinds 2010 is sprake van een sterke toename van het aantal publicaties. Met name betrof dit de gevolgen van geluid in relatie tot noise annoyance, het ontbreken van relaties tussen annoyance en stress-effecten en biofysische slaapvariabelen. Verder werden heterogene uitkomsten gevonden ten aanzien van slaapverstoringen, kwaliteit van leven, en geestelijke gezondheidsproblemen. Er bestond onduidelijkheid dan wel tekort aan onderzoek op het gebied van annoyance (m.n. hoe het werkt), vergelijkend onderzoek waarin een groep is onderzocht die niet is blootgesteld aan geluid, objectief onderzoek naar visuele aspecten van WT, de interactie tussen alle WT, en observationele onderzoeken naar het effect van laagfrequent en infra-geluid van WT. Toekomstig onderzoek zou moeten voldoen aan hoge eisen en prospectieve opzet.

2.1.2 Oorspronkelijke studies naar hinder.

Klæboe et al. [27]Noors onderzoek naar ergernis/overlast.

Vragenlijstonderzoek naar gezondheidseffecten nadat lokale gezondheidsautoriteiten de klachten van omwonenden wilden analyseren. Deze eisten een socio-acoustisch onderzoek. Het gaat om een gebied met 31 WT met binnen 2 km 179 eigendommen. Het betreft dus een na-onderzoek, metingen vooraf konden niet worden gedaan omdat de onderzoekers pas werden ingeschakeld toen bewoners al klaagden over de WT.

De onderzoekers bespreken in de inleiding met name de overlast en de ergernis van de omwonenden. Ook geluidssensitiviteit wordt besproken. Heeft iets weg van framing. Ook noemen zij dat het niet-ongebruikelijk is dat autoriteiten pas reageren op nieuwe projecten als er klachten van burgers komen. Het is verre van ideaal als onderzoekers pas laat in het proces worden ingeschakeld als de infrastructuur al op zijn plaats is. Bovendien vond het onderzoek plaats in een situatie waar sprake was van een conflict tussen de lokale bevolking en de autoriteiten. Het doel van het onderzoek was dan ook niet verborgen te houden voor bewoners ofschoon de onderzoekers probeerden het onderzoek te brengen als een onderzoek naar de algemene leefomstandigheden.

Het onderzoek is een socio-acoustisch onderzoek waarin de antwoorden op vragenlijsten worden geanalyseerd in relatie tot expositie-indicatoren in de vorm van berekende geluidsniveaus buitenshuis van elke deelnemer, en de lineaire afstand tot de dichtstbijzijnde WT.

De validering van de vragenlijsten is ontleend aan eerder onderzoek, extra vragen werden toegevoegd.

Onderzoekspopulatie van 18 jaar en ouder (n=240). Respons 38%. Slechts 39% van de eigenaren woont er het hele jaar, 60% slechts een deel. Van mensen die vooral voor recreatiedoeleinden het gebied bezoeken kan men een andere attitude verwachten ten aanzien van geluidsoverlast. Ofschoon aangegeven is dat ze specifiek gaan kijken naar de relatie tussen type bewoning en klachten staat dat niet in hun artikel.

Van personen met een lage expositie aan geluid, kwam minder response.

Mensen die WT een visuele vloek vinden zijn statistisch significant meer annoyed.

De onderzoekers concluderen dat geluid van WT 17-18dBA erger is dan geluid van wegverkeer. Ze kunnen geen harde conclusies trekken maar stellen wel vast dat de tegenstand tegen de windfarm niet monolithisch is maar het resultaat van diverse individuele factoren.

Pawlaczyk M, et al.[28] Pools onderzoek.

Dwarsdoorsnede-onderzoek bij omwonenden van WT-parken. Het doel van het onderzoek was de relatie te analyseren tussen het percentage mensen dat annoyed is door WT-geluid en het geluidsniveau buitenshuis of de afstand tot de dichtstbijzijnde WT. Een tweede doel was het verkennen (exploreren) van objectieve en subjectieve factoren die het ervaren annoyance kunnen verklaren.

Het onderzoek werd uitgevoerd in totaal in 9 regio's in Noord, centraal en ZO-Polen. Uiteindelijk deden 517 personen van 18-88 jaar mee aan het onderzoek. Zij woonden op204-1726 meter afstand van de dichtstbijzijnde WT.

Het resultaat van het vragenlijstonderzoek liet zien dat de A-gewogen SPL's van 33-50 dB als annoyed of sterk annoyed werd ervaren door respectievelijk 46 en28% van de deelnemers. Binnenshuis ervaarden de deelnemers respectievelijk 34 en 18% annoyance of sterke annoyance. Circa 48-66% van de variantie in annoyance zou verklaard kunnen worden door de algemene mening over WTs, gevoeligheid voor geluid, vorm van het leefgebied en de intensiteit van het verkeer. Geschat werd dat op een afstand van 1000 meter WTN door respectievelijk 43 en 2% als annoyance zou worden ervaren door mensen met negatieve of positieve houding ten opzichte van WTs. Er was geen statistisch significante relatie tussen geluidsniveaus (of afstand) en diverse gezondheids- en welzijnsaspecten. Daarentegen waren alle variabelen die gezondheid en welzijn maten positief geassocieerd met annoyance ten aanzien van WTs.

Radun T, et al[29]. Fins dwarsdoorsnede-onderzoek.

Doel van het onderzoek was om vast te stellen hoe akoestische en niet-akoestische variabelen geassocieerd zijn met WTN-annoyance binnenshuis en buitenshuis en de door WTN geïnduceerde slaapverstoringen.

In drie gebieden in Finland werden interviews afgenomen dan wel vragenlijsten ingevuld door 318 deelnemers. De gebieden lagen in de buurt van WT's (3-5 MW) en de onderzoekers beschouwen deze gebieden als representatief voor de moderne Finse WT-gebieden.

Wat precies wordt verstaan onder slaapproblemen wordt aangegeven op een schaal van 1-6.

Het lijkt er op dat dit onderzoek een secundaire analyse is van een eerder gepubliceerd onderzoek.

De analyse beperkte zich tot de vaste bewoners. Van recreërende mensen verwacht men dat ze negatiever staan tegenover WT's.

Geluidsniveaus (SPLs) werden berekend op basis van internationale standaarden en vervolgens gecontroleerd ter plaatse. Statistische analysen worden uitgebreid verantwoord en beschreven, evenals de vragenlijsten en de gebruikte modellen. Ook de uitkomsten worden zeer gedetailleerd beschreven.

Tussen de drie gebieden waren aanzienlijke verschillen, bijvoorbeeld in aantallen WT's, aantal deelnemers en opleidingsniveau.

De uitkomsten tonen dat zorgen omtrent de gezondheid de belangrijkste verklarende factor is voor de associatie tussen WTN-annoyance binnenshuis en buitenshuis en de door WTN geïnduceerde slaapverstoringen. Andere, minder belangrijke factoren, zijn het gebied, geluidsgevoeligheid en algemene houding ten aanzien van WT's. Sound level verklaarde ook een deel.

Met de modellen werd een voorspellende waarde van 67 tot 71% bereikt.

De onderzoekers gaan uitgebreid in op de sterke en zwakken punten van hun onderzoek. Beperkingen zijn onder meer het geringe aantal deelnemers, het beperkte aantal deelnemers in de hogere geluidsniveaus, en het geringe aantal niet-akoestische factoren. Bijna 80% van de deelnemers kwam uit een van de onderzoeksgebieden.

Opmerkelijk is dat de onderzoekers aanbevelingen doen aan bestuurders en anderen hoe ze beter kunnen communiceren naar de bevolking over mogelijke zorgen over gezondheidseffecten. Dit kan zorgen en annoyance verminderen en ze het gevoel geven dat er beter naar ze geluisterd wordt.

In de uitgebreide lijst sponsoren staan onder meer de Finse Wind Power associatie, producenten van WT en andere grote bedrijven.

Song et al. 2016.[30] Dwarsdoorsnede/onderzoek op Chinees platteland.

Doel van het onderzoek was om de modererende invloed van factoren als annoyance en expositie-respons van WT-geluid vast te stellen en de invloed op slaap en algemene gezondheid.

Face-to-face dwarsdoorsnede-onderzoek op het platteland in China in een gebied met 25 WT waar veel huizen binnen 1,2 km van de WT staan en 41% binnen 400 meter. De WT staan op heuvels. Zware WT, 2 MW.

Onduidelijk is of het onderzoeksinstituut onafhankelijk is.

De onderzoekers gebruikten de vragenlijst die door Pedersen is ontworpen en geven aan dat ze hem eerst gevalideerd hebben. Bevat 4 onderdelen, waarvan algemene gezondheid als laatste (zelf gerapporteerd, niet helemaal duidelijk welke vragen er werden gesteld). Voor de veelheid aan analysen is gecorrigeerd met Bonferroni.

326 bewoners geraadpleegd, 227 lijsten bruikbaar voor analyse (70%). De deelnemers hebben geen economisch voordeel van de WT. Er werd gemeten op 5 dagen, op 1,5 meter hoogte en gedurende 15 minuten.

Annoyance, sensitivity en intensity statistisch significant geassocieerd met slaapstoornissen maar niet met algemene gezondheid. Er is geen causaal verband aangetoond.

Het is onduidelijk hoe de gezondheidseffecten zijn gemeten.

Health Canada heeft in 2012 aangekondigd dat het in samenwerking met ***Statistics Canada*** een onderzoek wil laten doen naar de effecten van geluid, de zogenoemde Community Health and Noise Study CHNS). De onderstaande onderzoeken zijn onder meer het resultaat hiervan waarvan de meeste door Michaud et al. zijn geschreven. Het doel van het onderzoek werd gemaskeerd voor de deelnemers, om te vermijden dat een groep deelnemers met een andere kijk op WT een onevenredig aandeel in de einduitslag krijgt. Het ging vooral om WT's en de relatie met gezondheid, maar het werd gebracht alsof het om geluid in het algemeen ging. Het betrof een dwarsdoorsnede-onderzoek dat tussen mei 2013 en september 2013 werd uitgevoerd.

In totaal namen 1238 personen, aselect gekozen, deel aan het onderzoek (respons 78,9%). De steekproef zou vrij homogeen zijn volgens de onderzoekers, maar details worden niet gegeven. Leeftijd van de deelnemers 18-79 jaar, die van 0,25 tot 11,22 km van WT wonen. Output van de WT gemiddeld 2,0 MW. De berekende WT noise levels bereiken waarden tot 46 dBA

Michaud DS, et al.[31] Canadees dwarsdoorsnede-onderzoek van CHNS

Dit onderzoek beschrijft de effecten van WT's waarin modellen werden gemaakt met factoren die WT-annoyance in het algemeen kunnen verklaren. Het ging met name om persoonlijk en situationele factoren.

Er werden 2 modellen gebruikt. Eén zonder restricties (univariaat) waarin de belangrijkste factoren werden bepaald met de sterkste statistische associatie met WT-annoyance. In een tweede beperkter model (multivariaat) werden die factoren uit de eerste analyse juist niet meegenomen en richtte zich op community annoyance.

Het betrof een vragenlijstonderzoek waarin een aantal gevalideerde vragenlijsten over kwaliteit van leven, slaap en stress waren opgenomen. De vragenlijsten waren gepiloteerd en zijn elders beschreven. De onderzoekers pasten Bonferroni-correcties toe. De methoden van analyse worden uitgebreid beschreven.

Toenemende WTN leidt tot statistisch significante toenemende annoyance.

Factoren die gerelateerd waren aan WTN-annoyance in het multivariate model voor community annoyance waren onder meer andere aan WT gerelateerde annoyance, persoonlijk gewin, geluidsgevoeligheid, zorgen over de lichamelijke veiligheid, en eigendom van de woningen.

Veel lichamelijke klachten waren gerelateerd aan WT annoyance. Echter veel chronische klachten, onderzocht door een gezondheidszorgwerker, neigden ertoe niet gerelateerd te zijn. Het multivariate model kon 60% verklaren.

De onderzoekers komen met aanbevelingen om de gemeenschaps-annoyance te verminderen. Met name gaat het om vooraf bespreken van zorgen omtrent de lichamelijke veiligheid van WT's. Het gaat om vertrouwen in autoriteiten, betrokkenheid van de bevolking en verwachtingen van de bevolking. Het lijkt er haast op dat dit het doel van het onderzoek was. Daarbij past de eerste zin van de samenvatting: ´De mogelijkheid dat WT-geluid de menselijke gezondheid beïnvloedt blijft controversieel´. Volgens literatuur zou annoyance een intermediaire factor kunnen zijn tussen expositie en gezondheid.

Er is geen bespreking van de beperkingen van het onderzoek.

Michaud et al. [32] Canadees dwarsdoorsnede-onderzoek van CNHS.

Dit is een tweede publicatie in het kader van CHNS en beschrijft de percepties en zelf-gerapporteerde gezondheidseffecten van WT's. Er was geen associatie tussen zelf-gerapporteerde gezondheidseffecten met betrekking tot migraine, duizeligheid, oorsuizen, slaapverstoringen en slaapstoornissen, kwaliteit van leven en ervaren stress en WT-noise levels.

Visuele en auditieve perceptie van WT nam statistisch significant toe met de toename van WT-noise levels als wel hoge annoyance ten aanzien van diverse kenmerken van WT's, zoals licht-flikkeringen, visuele effecten en vibraties.

De onderzoekers concluderen dat behoudens annoyance er geen associatie is tussen blootstelling aan WT-noise levels tot 46 dBA en de geëvalueerde gezondheidseffecten.

Er is sprake van een beperkte differentiële misclassificatie ten aanzien van het uitsluiten van adressen. Onduidelijk is waarom slechts een beperkt aantal gezondheidseffecten werd gemeten. Opmerkelijk is de vaststelling van de onderzoekers dat het ontbreken van een verband tussen WT-noise levels en prevalentie van klachten een indicatie kan zijn van het gegeven dat klachten niet altijd goed correleren met veranderingen in geluid. Ook geven zij aan dat de precieze bewoordingen in de vragen tot onduidelijkheid over bepaalde associaties kan leiden.

Een andere beperking van de CHNS kan zijn dat de verwachtingen ten aanzien van rust en vrede niet expliciet werden geëvalueerd.

Ten slotte geven de onderzoekers in de discussie nog aan dat de prevalentie van gezondheidseffecten opvallend overeenkomt met die van grootschalige op de algemene populatie gebaseerde onderzoeken. Als bewezen wordt geacht dat medicatiegebruik (bv. voor angst, depressie of hypertensie) niet gerelateerd is aan WT-noise levels.

Van dezelfde auteurs is in 2016 nog een derde artikel verschenen ontleend aan de CHNS. Deze bespreek ik in de volgende paragraaf over slaapverstoring.

Keith SE et al.[33] Canadees dwarsdoorsnede-onderzoek, verantwoording keuzes.

In dit artikel wordt de wiskundige onderbouwing van de in de CHNS gebruikte modellen en metingen van de sound pressure levels SPL's verantwoord. Er worden vergelijkingen gemaakt met een Zweeds model. Afwijkingen en marges worden berekend. De SPL's worden gebruikt om de blootstelling-response relaties te bepalen binnen de CHNS.

Van belang is dat modellen worden gebruikt en, zoals bekend, zijn aannames, veronderstellingen en schattingen daarbij de basis. De onderzoekers verantwoorden hun keuzes met literatuur en andere bronnen. Daarbij is niet duidelijk in hoeverre hier alle uiteenlopende gezichtspunten worden meegenomen. Zo ontbreken bijvoorbeeld sensitiviteitsanalysen.

Michaud et al.[34] CHNS – analyse van kritiek op het onderzoek.

In dit artikel gaan de CHNS-onderzoekers in op kritiek die is geuit in media en andere bronnen. Zij leggen de opzet van het onderzoek uit en benoemen de sterke en zwakke punten ervan.

Constructieve kritiek betrof onder meer het uitsluiten van jonge en oudere mensen, niet alle onderzoeksgegevens zijn beschikbaar voor het publiek, het niet betrekken van mensen die mogelijk verhuisd zijn vanwege overlast van WT, vertekende conclusie omdat ondanks toename van annoyance er geen nadelige gezondheidseffecten zouden zijn. De onderzoekers pareren deze kritiek over het algemeen goed onderbouwd. In de conclusie stellen zij dat dwarsdoorsnede-onderzoeken geen causaliteit kunnen aantonen, ze kunnen wel meerdere uitkomsten en blootstellingen op hetzelfde moment bepalen in grote gemeenschappen. Ze geven voorts aan dat generalisatie naar de algemene populatie in Canada op basis van hun onderzoek niet mogelijk is.

Ze gaan echter voorbij aan het probleem dat er geen voor- en/of nametingen worden verricht waardoor de interpretatie van de uitkomsten problematisch wordt. Ook hebben zij onvoldoende psychologische kenmerken van de deelnemers in kaart gebracht.

Opmerkelijk ten slotte is dat dit artikel is gepubliceerd in een Australisch tijdschrift.

Michaud et al.[35] CNHS en ontwikkeling van een samengestelde annoyance-schaal.

In een andere secundaire analyse van de CNHS gaan onderzoekers van Health Canada, die aangeven geen conflicterende belangen te hebben, een samengestelde annoyance-schaal ontwikkelen op grond van de meest gerapporteerde wijzen van annoyance: vibraties, flikkerend licht, schaduw flikkeringen, geluid en visuele effecten. Deze 5 elementen hadden de onderzoekers opgenomen in de oorspronkelijke CNHS-vragenlijst.

De onderzoekers verantwoorden dit doordat ze hebben gevonden dat sterke annoyance niet zozeer gericht is tegen WTN maar tegen andere elementen. Een schaal zou ook belanghebbenden beter van dienst kunnen zijn bij het verminderen van negatieve invloeden op andere gemeenschappen.

De onderzoekers beschrijven hoe ze de schaal hebben ontworpen en wat de voor- en nadelen ervan zijn. Ten slotte stellen ze vast dat dit de eerste analyse van deze soort is en dat het prematuur is om de huidige resultaten te sterk te interpreteren.

Michaud et al.[36] CNHS en de samengestelde annoyance-schaal en WT.

In een volgende secundaire analyse gaan de onderzoekers vervolgens de annoyance-schaal die ze op grond van de gegevens uit hun eigen onderzoek hadden ontworpen weer testen in diezelfde onderzochte groep, hetgeen toch wel enigszins opmerkelijk is. Ze bevelen hun schaal ook aan om te gebruiken in de rechtspraak,

dus juridische maatregelen, mee te onderbouwen. Vrijwel alle auteurs van de 6 besproken CNHS-onderzoeken zijn verbonden aan Health Canada, de opdrachtgever en sponsor van de CNHS.

Met een duidelijk beschreven statistisch analysemodel willen de onderzoekers de scores op de schaal vergelijken met de zelf-gerapporteerde gezondheidstoestand van de deelnemers. De onderzoekers berekenen waarden tussen 0-20 maar geven vervolgens ook aan dat bij het ontbreken van een drempelwaarde (waarboven er een duidelijke relatie is tussen gezondheidseffecten en de score op de schaal), het niet duidelijk wat de betekenis van deze waarden is.

In de discussie geven de onderzoekers nog aan dat een relatie tussen beide niet betekent dat annoyance de gezondheidseffecten veroorzaakt. Er is slechts sprake van statistische observaties van een gegevensbestand dat op een bepaald moment in de tijd is verzameld zonder gedocumenteerde historische gegevens die ook invloed op annoyance en gezondheid kunnen hebben.

Hongisto et al.[37] Fins dwarsdoorsnede-onderzoek.

Doel van dit dwarsdoorsnede-onderzoek was om te bepalen wat de expositie-blootstellingsrelatie was tussen de sound level buitenshuis vergeleken met de noise annoyance binnenshuis. In 3 gebieden in Finland, die representatief zouden zijn voor Finland, werden deelnemers geworven met in totaal 753 respondenten afkomstig uit 429 huishoudens tot 2 km afstand van de WT's. Het zijn dezelfde 3 gebieden die ook in het onderzoek van Radun zijn gebruikt. De blootstelling aan WT-geluid bedroeg 26,7 – 44,2 dBA

De analysemethoden en uitkomsten worden uitgebreid beschreven.

Opmerkelijk is dat de auteurs aangeven dat de resultaten kunnen worden gebruikt voor politieke besluitvorming. Des te opmerkelijker is daarom dat onder de sponsoren onder meer grote bedrijven, windbedrijven, ministeries zijn opgenomen.

Botelho et al.[38] Portugees onderzoek naar relatie WTN en isolatiemaatregelen.

In het noorden van Portugal, in een heuvelachtig gebied met hoge en lage delen, hebben onderzoekers onderzocht of er een verband is tussen WTN en maatregelen die mensen hebben genomen om hun huizen beter te isoleren. Metingen en procedures worden beschreven. Enkele gegevens ontbreken zoals het aantal mensen dat in de omgeving woont waardoor de representativiteit niet duidelijk is. Er wordt een vragenlijst gemaakt en getest en de SPLs worden gemeten. In totaal deden 80 personen mee aan het onderzoek, waarvan 29 aanpassingen in hun woningen hadden aangebracht.

De onderzoekers hebben een model gemaakt om de relatie SPL en aanpassingen te onderzoeken. In dat model zijn opgenomen WT SPLs, zelf-gerapporteerde annoyance, en hun intentie of gebleken bereidheid aanpassingen te doen. Een van de uitkomsten is dat verschil in hoge en lage gedeelten medebepalend is voor de auditore sensatie en perceptie van SPLs.

De onderzoekers noemen als belangrijkste bevinding dat blootstelling aan WTN een significante invloed op het welzijn van omwonenden is. Ze geven aan dat hun onderzoek ook van belang is voor beleidsmakers en de politiek.

Schäffer et al.[39] Zwitsers laboratoriumonderzoek.

Omgevingsgeluid kenmerkt zich door een breed frequentiebereik. Het is niet bekend welke delen van het geluidsspectrum met name bijdragen aan annoyance. Doel van dit onderzoek was om in het laboratorium korte termijn-annoyance reacties te meten met verschillende breedband geluiden met 40 dBA, een

luistertest dus. Drie belangrijke bronnen worden gebruikt: SPLs, vorm van het geluidsspectrum en amplitudemodulatie (AM). Men maakte gebruik van een factorieel ontwerp waarmee men meerdere relaties kan onderzoeken.

Er deden 52 mensen aan het experiment mee, waarvan het merendeel werkzaam was in het bedrijf waar de testen werden verricht. Er is geen steekproefberekening verricht. Annoyance werd gemeten op een schaal van 0 – 10 en er werd een vragenlijst afgenomen.

Annoyance nam toe met toenemende energie in het laagfrequente gebied en met de diepte van de periodieke AM en was ook sterker in situaties met random AM.

De onderzoekers concluderen dat behoudens standaard SPL-metingen ook andere akoestische kenmerken meegenomen moeten worden bij het bepalen van de omgevingsinvloeden van geluid.

Schäffer et al.[40] Zwitsers laboratoriumonderzoek.

Dezelfde onderzoeksgroep heeft bij een groep vrijwilligers de invloed van diverse audiovisuele effecten van WTN-situaties op korte termijn-annoyance van WT onderzocht, wederom met een factorieel ontwerp. 43 vrijwilligers namen deel, grotendeels werkzaam in het bedrijf. Het betrof gezonde jongvolwassenen van 19-52 jaar die zich gezond voelen en over het algemeen positief staan tegenover WT's.

De onderzoekers concluderen dat visuele effecten van WT's als effect-modificator op annoyance optreden. SPLs en AM vergroten annoyance, de visualisatie van een landschap vermindert het en de zichtbaarheid van een WT vergroot het.

Haac et al.[41] Amerikaans dwarsdoorsnede-onderzoek.

In dit door het Amerikaanse ministerie van Energie gesponsorde onderzoek, is onderzocht hoe WTN wordt ervaren door individuen en welke factoren daarop van invloed zijn. Het onderzoek moest representatief zijn voor de gehele VS.

De WT's moesten minimaal 1,5 MW zijn. Er werden steekproeven genomen uit de WT-projecten, met en zonder geluidsmodellen. Er namen 1043 personen deel aan het onderzoek. De ervaringen werden bepaald over het afgelopen jaar. Gevoeligheid voor geluid werd op een 5-puntschaal gemeten. Uitvoerig wordt besproken hoe de regressiemodellen werden samengesteld.

Het WT-geluidsniveau was de beste voorspeller van de hoorbaarheid van WT-geluid en een significante voorspeller van annoyance. Geluids-annoyance bleek het best verklaarbaar uit visuele afkeuring (OR 11,0 [95%BI=4,8-25,4]). De uiteindelijke modellen bleken hoorbaarheid voor 80% te voorspellen en annoyance-niveau voor 62% van de individuen. Vooral mensen die financieel niet profiteren van de WT's hebben een hogere mate van annoyance.

Zwakke punten waren onder meer dat het gehoor van de deelnemers niet is onderzocht, interpretatie van sterke annoyance is de conclusie van de onderzoekers op basis van vragenlijsten.

De onderzoekers 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.

Hübner et al.[42] Vergelijkend dwarsdoorsnede-onderzoek EU en VS.

In dit onderzoek werden dwarsdoorsnede-onderzoeken uit de VS (2016) naar effecten van WTN vergeleken met Europese (2009-2013) i.c. Duitse (waaronder Pohl) en Zwitsers dwarsdoorsnede-onderzoeken. In de VS was de minimum capaciteit van de WT 1,5 MW. Response bedroeg 22% In de EU was de minimum capaciteit van de WT 0,6 MW, respons bedroeg 25%. Vergelijkingen tussen beide steekproeven op uiteenlopende variabelen, zoals beroep, geslacht, leeftijd en opleiding toonden geen belangrijke verschillen. Annoyance werd gemeten op een 5-puntsschaal. Gemeten werden annoyance, stress-symptomen, coping respons en een aantal moderatoren. Onderzoekers gebruiken een nieuw ontwikkelde annoyanceschaal om stress te meten.

Minder dan 5% van de deelnemers ervaarden psychologische en fysieke klachten. Ze stellen ook vast dat de wijze waarop ze metingen hebben verricht niet precies genoeg is omdat ze daarmee de subgroep personen die deze klachten hebben onvoldoende terugzien in hun onderzoek. Maar ze stellen ook vast dat WT-annoyance en gerelateerde stresseffecten geen grootschalig probleem vormen.

Ze bespreken de zwakke punten van dit onderzoek, namelijk de verschillende manieren waarop de steekproeven zijn getrokken, pre- en post-metingen zijn beter dan dwarsdoorsnede-onderzoek. Desondanks zijn ze van mening dat de resultaten gegeneraliseerd kunnen worden. Bovendien geven ze adviezen over de aanpak van WT-parken, onder meer om de bevolking er actief bij te betrekken.

Gesponsord door windenergiebedrijf.

Pohl et al.[43] Duits longitudinaal onderzoek.

In dit onderzoek in Saksen worden elementen van stress-psychologie met geluidsmetingen geïntegreerd om een beter begrip te krijgen van oorzaken en effecten van WTN. De onderzoekers kozen voor een longitudinale opzet omdat daarmee onderzocht kan worden of WTN-annoyance een stabiel fenomeen in de tijd is of dat het beïnvloed kan worden door informatie over oorzaken en effecten van WTN. Er werd geworven bij 590 personen, maar er deden 212 mee aan het eerste deel en 133 ook aan het tweede deel. Er werd een non-respons-analyse verricht, karakteristieken van de deelnemers worden summiers beschreven. Interviews werden in 2012 en 2014afgenomen. De steekproef zou representatief zijn voor Duitsland, maar gegevens worden niet getoond, wel resultaten van vergelijkingen.

De vragenlijsten bevatten 450 items (ontleend aan eerder onderzoek naar stresseffecten van WT). waaronder psychologische en medische. Diverse stressindicatoren en 5 moderatoren werden onderzocht. Deelnemers konden zelf geluidsmetingen doen. De deelnemers kregen informatie over de aard en effecten van WTN.

69,3% van de deelnemers had WTN ervaren. 34,9% waren annoyed en 9,4% sterk annoyed. 9,9% had psychologische of fysieke symptomen die ze toeschreven aan WTN en die ze tenminste eenmaal per maand ervaarden. In 2014 werd een lagere score bereikt en bovendien ervaarden de bewoners meer last van verkeersgeluid. Het ging algemeen performance, emotie, stemming en slaap. Duizeligheid als symptoom werd niet genoemd, waarmee de onderzoekers zeggen dat er geen negatieve invloed van laagfrequent geluid werd gevonden. Gedachten om te verhuizen kwamen zelden voor. Lokaal verkeersgeluid zorgde voor evenveel annoyance als WTN. Mensen met de meeste annoyance hadden ook de meeste stressreacties. De onderzoekers geven aan dat positieve copingstrategieën ondersteund kunnen worden als onderdeel van een stress managementtraining. AM zou een van de verklaringen kunnen zijn voor annoyance. Ten slotte bevelen de onderzoekers aan om de strategie die ze hebben toegepast verder te ontwikkelen en te repliceren. WTN-annoyance kan verminderd worden door empirische informatie aan de bewoners te geven.

Krogh et al.[44] Canadees kwalitatief onderzoek.

67 personen namen deel aan een kwalitatief onderzoek waarin de overwegingen werden onderzocht waarom mensen hun huizen willen verhuren of verkopen omdat er WT's in de omgeving geplaatst gaan of

gingen worden. 28 van de 67 had hun huis verhuurd of verkocht, 31 overwoog dat, 4 hadden hun huis al verkocht voordat er gebouwd werd en 4 hadden besloten te blijven. De belangrijkste motivatie om te verhuren/verhuizen was dat hun gezondheid zou verslechteren dan wel hun gezondheidsklachten zouden verergeren. Dat werd ook gemeld door deelnemende artsen.

Dit waren voorlopige resultaten, de definitieve volgen. Een van de auteurs is medewerker van een groene energie-organisatie. De onderzoekers beoogden 25 deelnemers te werven.

2.2 Slaapverstoring.

2.2.1 Reviews over slaapverstoring.

Basner et al.[45] Review voor de WHO.

In een systematisch literatuuroverzicht en kwantitatieve meta-analyse hebben Amerikaanse onderzoekers voor de WHO de effecten van omgevingsgeluid op slaap onderzocht. De gegevens worden gebruikt om Europese richtlijnen te onderbouwen. Het was de onderzoekers vooral te doen om non-laboratoriumonderzoek. De geluidsniveaus mochten zowel gemeten als berekend zijn. De kwaliteit van de onderzoeken werd bepaald met behulp van GRADE-criteria. De onderzoekers vonden 74 onderzoeken die gepubliceerd waren in de periode tussen 2000 en 2015. Daarvan waren 41 geschikt voor kwantitatieve analysen en 33 voor kwalitatieve analysen. Onderzocht werden de effecten van blootstelling aan verkeers-, trein- en vliegtuiggeluid en andere bronnen en zelf-gerapporteerde slaapverstoringen.

De uitkomsten toonden dat als in de vragenlijstonderzoeken specifiek werd gevraagd naar grote slaapverstoringen in relatie tot geluid de associaties voor alle drie geluidstypen statistisch significant werden. Als in de vragen geen geluid in relatie tot slaapverstoringen werden genoemd waren de associaties statistisch niet-significant.

Polysomnografisch onderzoek laat zien dat elke toename van geluid van 10 dB van L_{max} binnenshuis gemeten statistisch significant was geassocieerd met wakker worden ‘s nachts.

Er waren te weinig gegevens om kwantitatieve analysen te doen over mobiliteit, hart- en bloedrukgegevens en over kinderen en slaapverstoringen.

Voor de beoordeling van de effecten van WTN werden 6 onderzoeken gevonden. Het ging om de associatie tussen zelf-gerapporteerde slaapverstoringen en berekende A-gewogen SPL’s. Als tenminste een maal per maand een slaapverstoring werd gerapporteerd dan gold dit als zodanig. Vijf onderzoeken konden kwantitatief worden geanalyseerd. Het resultaat toonde dat slaapverstoringen per 10 dB toename van het geluidsniveau niet-significant waren geassocieerd. Er was sprake van een grote mate heterogeniteit.

Er is behoefte aan onderzoek waarin slaapverstoringen objectief worden gemeten en gerelateerd worden aan geluidsniveaus, evenals associaties tussen slaapverstoringen en WTN-niveaus. Ze geven ook aan dat het bewijs beperkt is.

Wat betreft het gehele onderzoek wordt geconcludeerd dat transportgeluid zowel de objectief vastgestelde slaapfysiologie als zelf-gerapporteerde slaap bij volwassenen verstoort. De kwaliteit van het bewijs, op basis van GRADE-criteria was alleen voor (corticaal vastgestelde) wakker worden en zelf-gerapporteerde slaapverstoringen matig, voor de rest laag tot zeer laag.

Micic et al.[46] Niet-systematisch literatuuronderzoek.

Bespreking van deze review blijft achterwege. De reden is dat de auteurs hun zoekactie niet hebben verantwoord waardoor niet gecontroleerd kan worden of zij de literatuur selectief hebben geciteerd. Zoals eerder al aangegeven is dat een belangrijke voorwaarde voor het gebruik van een review.

Het onderzoek van ***Michaud et al*** 2016c wordt verderop besproken.

2.2.2 Oorspronkelijke studies naar slaapverstoring.

Lane et al.[47] Canadees veldonderzoek.

In een steekproef werden de effecten van WTN op slaap onderzocht bij 22 personen. 12 behoorden tot een groep die binnen 795 meter van een WT woonden en 10 op 2931 meter. De gebieden waren vergelijkbaar wat betreft terrein en demografische kenmerken (data worden niet getoond). De uiteindelijke respons bleek 45%. De groep niet-blootgestelde waren gemiddeld bijna 20 jaar jonger dan de blootgestelden. Slaap werd gemeten met actigrafie en slaapdagboeken, gebaseerd op de gevalideerde Pittsburgh Sleep Diary. Metingen vonden gedurende 5 nachten plaats. SPL's werden ook in de slaapkamers gemeten bij 1 persoon in elke groep. Er werden geen statistisch significante verschillen gevonden in slaapparameters, zoals totale slaaptijd, slaapefficiëntie en periodes met wakkerzijn. De slaapdagboeken lieten significante verschillen zien wat betreft de tijd van het naar bed gaan en de tijd tot inslaapvallen. Beide waren eerder/korter in de blootgestelde groep. Ten aanzien van de wakkere periodes noemden de deelnemers niet WT's.

De onderzoekers noemen als belangrijkste beperking van hun onderzoek het geringe aantal deelnemers waardoor de statistische power klein is. Ze bevelen het gecombineerde gebruik van actigrafie en slaapdagboeken aan.

Poulsen et al.[48] Deens prospectief cohortonderzoek.

Van het verderop beschreven prospectieve Deense cohortonderzoek hebben Poulsen en collega's ook een secundaire analyse gedaan naar de associatie van WTN en slaapmedicatie en antidepressiva. Dit cohort bestond uit 583.968 personen die slaapmedicatie hadden afgehaald bij de apotheek en 584.891 die antidepressiva hadden afgehaald. De indicaties voor deze medicijnen was niet bekend.

De onderzoekers concluderen dat bij personen van 65 jaar en ouder 5-jaars nachtelijke blootstelling aan hoge WTN-niveaus (>42 dB) is geassocieerd met een statistisch significant verhoogd risico om slaapmedicatie en antidepressiva af te halen bij de apotheek.

De onderzoekers bespreken ook hier de positieve en zwakke aspecten van dit onderzoek. Naast de verderop genoemde positieve aspecten, speelt als zwak aspect mee met name dat antidepressiva voor meerdere indicaties zijn geregistreerd en de indicaties voor de gebruikers van deze middelen niet bekend is. Bovendien wordt het feitelijke gebruik van de medicijnen niet gemeten.

Radun T, et al[49]***.*** Fins dwarsdoorsnede-onderzoek.

Doel van het onderzoek was om vast te stellen hoe akoestische en niet-akoestische variabelen geassocieerd zijn met WTN-annoyance binnenshuis en buitenshuis en de door WTN geïnduceerde slaapverstoringen.

In drie gebieden in Finland werden interviews afgenomen dan wel vragenlijsten ingevuld door 318 deelnemers. De gebieden lagen in de buurt van WT's e(3-5 MW) n de onderzoekers beschouwen deze gebieden als representatief voor de moderne Finse WT-gebieden.

Wat precies wordt verstaan onder slaapproblemen wordt aangegeven op een schaal van 1-6.

Het lijkt er op dat dit onderzoek een secundaire analyse is van een eerder gepubliceerd onderzoek.

De analyse beperkte zich tot de vaste bewoners. Van recreërende mensen verwacht men dat ze negatiever staan tegenover WT's.

Geluidsniveau´s (SPLs) werden berekend op basis van internationale standaarden en vervolgens gecontroleerd ter plaatse. Statistische analysen worden uitgebreid verantwoord en beschreven, evenals de vragenlijsten en de gebruikte modellen. Ook de uitkomsten worden zeer gedetailleerd beschreven.

Tussen de drie gebieden waren aanzienlijke verschillen, bijvoorbeeld in aantallen WT's, aantal deelnemers en opleidingsniveau.

De uitkomsten tonen dat zorgen omtrent de gezondheid de belangrijkste verklarende factor is voor de associatie tussen WTN-annoyance binnenshuis en buitenshuis en de door WTN geïnduceerde slaapverstoringen. Andere, minder belangrijke factoren, zijn het gebied, geluidsgevoeligheid en algemene houding ten aanzien van WT's. Sound level verklaarde ook een deel.

Met de modellen werd een voorspellende waarde van 67 tot 71% bereikt.

De onderzoekers gaan uitgebreid in op de sterke en zwakken punten van hun onderzoek. Beperkingen zijn onder meer het geringe aantal deelnemers, het beperkte aantal deelnemers in de hogere geluidsniveaus, en het geringe aantal niet-akoestische factoren. Bijna 80% van de deelnemers kwam uit een gebied.

Opmerkelijk is dat de onderzoekers aanbevelingen doen aan bestuurders en anderen hoe ze beter kunnen communiceren naar de bevolking over mogelijke zorgen over gezondheidseffecten. Dit kan zorgen en annoyance verminderen en hen het gevoel geven dat er beter naar ze geluisterd wordt.

In de uitgebreide lijst sponsoren staan onder meer de Finse Wind Power associatie, producenten van WT en andere grote bedrijven.

Morsing et al.[50] Zweeds piloot-laboratoriumonderzoek.

Voorafgaande aan het hierboven beschreven onderzoek Zweeds laboratoriumonderzoek van Smith et al. hebben dezelfde onderzoekers twee pilotonderzoeken verricht om de apparatuur en het ontwerp van het onderzoek te testen. Met name werden bepaalde aspecten van WTN onderzocht en werd bekeken welke het meeste effect op de slaap hadden. Aan het eerste onderzoek namen 6 personen deel. De PSG, het geluid en de vragenlijsten werden uitgeprobeerd en bleken te voldoen. In het tweede onderzoek werd het geluid gevarieerd toegediend, er namen 6 personen aan deel.

In de analyse werd gecorrigeerd voor multipele vergelijkingen.

De onderzoekers concluderen dat er enig effect van WTN is op frequentie van wakker worden, minder N3-slaap, minder continue N2-slaap, toegenomen zelf-gerapporteerde verstoringen en ochtendmoeheid. AM had een verstorend effect op wakefulness.

De onderzoekers geven aan dat de conclusies beperkt zijn vanwege de geringe steekproefgrootte en niet representatief zijn.

Smith et al.[51] Zweeds laboratoriumonderzoek.

In dit onderzoek werden polysomnografie en vragenlijsten gebruikt om het effect van een nacht blootstelling aan WTN op de slaap te bepalen. Ook werd het effect van AM gemeten.

50 vrijwilligers namen deel, zij waren gezond, gebruikten geen medicatie en meldden dat ze geen gehoorproblemen hadden. 24 personen woonden in de buurt van WT's (<1 km) en 26 niet. Deelnemers mochten geen alcohol gebruiken, wel was het gebruik van cafeïne toegestaan. Deelnemers brachten drie nachten door in het laboratorium, waarvan één om te wennen, één om te meten en één diende als controle. Ze ondernamen verder hun dagelijkse activiteiten.

Het onderzoek werd uitgevoerd volgens richtlijnen van de American Academy of Sleep Medicine. Cortisolconcentraties werden in het speeksel bepaald. Slaapverstoringen werden op een 11-puntsschaal gemeten en op een 5-puntsschaal werden de effecten van WTN bepaald. De wijze waarop geluideffecten werden gemeten en de kenmerken van het geluid worden uitvoerig beschreven. Een getrainde en geblindeerde laboratoriummedewerker scoorde de gegevens.

De resultaten lieten geen significante verschillen zien wat betreft begin van de slaap, slaapduur, of indicatoren voor slaapfragmentatie of doorslapen tussen de WTN-nacht en de controlenacht. Wel was er een langere REM-slaap latentieperiode en minder REM-slaap tijdens AM. Er waren geen verschillen in cortisolconcentraties tussen beide groepen op enig moment. Uit de vragenlijsten kwam naar voren dat WTN-nachten onder meer gepaard gingen met een verminderde slaapkwaliteit de volgende ochtend, toegenomen moeheid en irritatie, minder plezier hebben. Er waren geen effecten op gespannenheid 's ochtends, ervaren slaapdiepte en oriëntatie. Tijdens hoge AM was er minder N2-slaap. Personen die dichtbij WT's woonden rapporteerden slechtere slaap in zowel de WTN-nacht als de controlenacht in vergelijking met de referentiegroep.

Bij de bespreking van de sterke en zwakke aspecten van het onderzoek noemen de onderzoekers dat het geluidsniveau van 32 dB mogelijk aan de lage kant is en dat mensen die het meest gehinderd worden door WTN niet in het onderzoek waren opgenomen. Ze geven voorts aan dat uit de vragenlijsten aspecten naar voren komen die op de lange termijn de gezondheid kunnen bepalen en niet worden gemeten door polysomnografie. De steekproef van 50 personen was mogelijk te klein om effecten te meten. Zelf-selectiebias kan niet worden uitgesloten. En het feit dat de deelnemers niet-geblindeerd waren kan de uitkomsten beïnvloed hebben.

Kageyama et al. 2016.[52] Japans dwarsdoorsnede-onderzoek. Voornamelijk universitaire onderzoekers.

Doel van het onderzoek was de expositie-respons relatie te onderzoeken tussen gezondheidsklachten en WT-geluid. Het ging om slaapstoornissen en algemene gezondheidseffecten, zelf-gerapporteerd via directe interviews met hulp van vragenlijsten.

Deze relatie zou niet eerder binnenshuis zijn gemeten, alleen op basis van afstandsmetingen en mathematische modellen.

De onderzoekers geven aan dat de volgorde van de vragen van belang zijn voor de uitkomsten. Zo probeerde men het doel van het onderzoek verborgen te houden voor de deelnemers, hen werd gezegd dat het om een algemeen omgevingsonderzoek ging.

Er werd gebruik gemaakt van een internationaal erkende slaapdefinitie en getrainde interviewers. Voor de algemene gezondheidseffecten werd een gevalideerde Japanse vragenlijst gebruikt. Geluidsniveau´s werden ter plekke gemeten, 3 maal per week gedurende 10 minuten gedurende 5 dagen.

Er deden 747 respondenten mee uit 34 gebieden met WT (49%) en 332 (45%) uit 16 gebieden zonder WT. In totaal dus 1079 personen, waarvan 80% 50 jaar en ouder was.

Bij 1,2% van de respondenten was sprake van insomnia volgens een strikte definitie. Deze personen hadden ook overdag klachten door de slaapstoornis.

De onderzoekers bespreken vrij uitgebreid de beperkingen van hun onderzoek: er zouden meerdere geluidsmetingen in het jaar gedaan moeten worden, er is niet binnenshuis gemeten, rol hyperacusis is niet onderzocht, bij bepalen oorzaak-gevolg relatie is van belang wat men eerst benoemd de DSI of geluidssensitiviteit, de steekproef is mogelijk niet representatief omdat ernstig zieke personen niet deelnamen en ook werd niet gevraagd naar life events.

Michaud et al.[53] Canadees dwarsdoorsnede-onderzoek.

Dit is een derde onderzoek dat is ontleend aan de CHNS en gepubliceerd in 2016. Doel van deze analyse was de effecten van WTN te onderzoeken in relatie tot zelf-gerapporteerd en objectief slaaponderzoek. Het betrof dezelfde groep mensen die in de vorige paragraaf zijn beschreven, maar de respons was geringer.

De onderzoekers geven aan dat mensen vaak een slechte indruk hebben van hoeveel ze hebben geslapen, vaak slapen ze langer dan ze denken en daarom is objectief slaaponderzoek wenselijk.

De Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) werd afgenomen als subjectieve maat en als objectief instrument werd een Actiwatch2-slaaphorloge gebruikt, een band die om de pols wordt aangebracht en die allerlei slaapeigenschappen registreert. Eindpunten waren slaapefficiëntie, slaaplatentie, totale duur van wakkerzijn na het inslaapvallen, totale slaaptijd en het aantal keren dat men wakker is. De statistische analyse wordt uitgebreid beschreven.

De sound pressure levels buitenshuis waren max 46 dB(A). 821 mensen namen deel aan het actigrafisch onderzoek (66%). Vastgesteld wordt dat de WTN-niveaus geen statistisch significante relatie hebben met gerapporteerde slaapproblemen. Er werd wel een statistisch significante relatie gevonden tussen WTN-niveaus en het gebruik van slaapmedicatie (ten minste eenmaal per week). De onderzoekers stellen in hun discussie dat er geen bewijs is voor welke vorm van slaapproblemen dan ook met WTN-niveaus.

De onderzoekers bespreken wel de beperkingen van hun onderzoek. Variatie in nachtelijke WTN-niveaus buitenshuis kan de actigrafische resultaten hebben beïnvloed. Gemiddelde lange termijnmetingen zeggen nog niet zoveel incidentele afwijkingen die de slaap wel kunnen beïnvloeden. Ten slotte geven ze aan dat er geen aanwijzingen dat de WT's tijdens de looptijd van het onderzoek minder output hebben geleverd. De vraag of de onderzoeksopzet mogelijk niet sensitief genoeg was om effecten op slaap goed te onderzoeken wordt door de onderzoekers ontkend.

2.3 Effecten op het hart- en vaatstelsel.

Van Kempen et al.[54] Systematisch literatuuronderzoek naar effecten van geluid op voorkomen van HVZ.

Dit systematische literatuuronderzoek en kwantitatieve meta-analyse is een update van de beschikbare gegevens over de associatie tussen blootstelling aan omgevingsgeluid en hart- en vaatziekten en metabole ziekten (diabetes mellitus). Het is uitgevoerd volgens de richtlijnen van en in opdracht van de WHO. De onderzoekers vonden 61 onderzoeken die voldoende informatie over de onderzochte variabelen bevatte om te kunnen analyseren. Kwaliteit werd beoordeeld met de GRADE-criteria. De zoekacties en GRADE-beoordelingen worden uitgebreid beschreven.

De meeste onderzoeken gingen over de associatie tussen verkeersgeluid en hypertensie en waren dwarsdoorsnede-onderzoeken. Deze hadden een hoog risico op bias. Blootstelling aan verkeersgeluid gaf een statistisch significant verhoogd relatief risico op ischemische hartziekten (RR 1,08 [95%BI-1,01-1,15]) per 10 dB toename. Deze onderzoeken hadden een hoge kwaliteit. Er waren slechts een beperkt aantal

onderzoeken die de associatie tussen transportgeluid en beroerte, diabetes en/of obesitas onderzochten. De kwaliteit van deze onderzoeken was matig tot heel laag.

Er waren drie onderzoeken die de associatie tussen blootstelling aan WTN en IHZ onderzochten. De kwaliteit van deze onderzoeken was dermate laag dat ze geen conclusie toelieten. Het betrof dwarsdoorsnede-onderzoeken met een veelal lage respons. Voorts werd de aanwezigheid van aandoeningen gebaseerd op zelf-rapportage en interviews.

De onderzoekers bevelen aan dat er meer onderzoek van betere kwaliteit moet komen, vooral longitudinaal onderzoek.

Poulsen et al[55]. Deens prospectief cohortonderzoek.

Poulsen en collega's hebben meerdere artikelen gepubliceerd op basis van een cohortonderzoek waarin zij de associatie hebben onderzocht van blootstelling aan WTN en het gebruik van medicatie en/of bepaalde aandoeningen. Dit artikel onderzoekt de associatie met antihypertensiva.

Het cohort was gebaseerd op de gehele Deense populatie en was prospectief gevolgd van 1996 tot 2013. Via koppelingen met databestanden van WT's, bevolking, ziektekostenverzekeraars, ziekten, weergegevens, en medicijnen werd een steekproef getrokken die bestond uit ruim 700.000 volwassen personen (binnen een radius van 20 WT-hoogten en 25% aselect getrokken, leefden langer dan een jaar op hetzelfde adres). Voor aanvang van het onderzoek werden diverse verstorende variabelen gedefinieerd, zoals geslacht, leeftijd, opleiding, inkomen, huwelijkse staat, afstand tot de dichtstbijzijnde weg, hoogte van de WT's en de geschatte validiteit van de geluidsmetingen. WTN werd berekend met modellen en zowel binnenshuis als buitenshuis berekend waarbij ook laag-frequent geluid werd meegenomen. Langdurige nachtelijke 5-jaars gemiddelden werden berekend. Antihypertensiva werden gedefinieerd op basis van ATC-codes (Anatomical Therapeutic and Chemical codering van de WHO). Apart werd ook gekeken naar antihypertensiva met uitsluiting van diuretica. Beschikbaar waren gegevens over het afhalen van de medicijnen maar niet over de dosering en de indicatie. Het onderzoek is gesponsord door drie ministeries: van gezondheid, energie en milieu.

Het cohort dat voor antihypertensiva werd gevormd bestond uiteindelijk uit 535.675 volwassenen en hiervan hadden 83.729 personen meer dan 2 recepten afgehaald met meer dan 180 DDD's (defined daily dosages). Personen werden ingedeeld in groepen op basis van de berekende blootstelling aan WTN, waarbij de groep met laagste WTN-blootstelling (<24 dBA) als referentiegroep fungeerde.

De onderzoekers vonden geen statistisch significante associatie tussen langdurige nachtelijke blootstelling aan WTN binnenshuis of buitenshuis en het afhalen van antihypertensiva. Dit gold zowel voor de groep met als zonder diuretica. Analyse van de invloed van confounders leidde niet tot andere uitkomsten. De onderzoekers geven aan dat zij wel aanwijzingen vonden voor effectmodificatie door leeftijd waarbij mensen ouder dan 65 jaar risico's toenamen met de leeftijd. Dit aspect verdient volgens de onderzoekers nader onderzoek.

De onderzoekers bespreken de positieve punten van hun onderzoek, zoals het prospectieve karakter en dat het representatief is voor de gehele Deense bevolking. Ook noemen ze de zwakke punten, zoals het feit dat het afhalen van medicijnen gelijkgesteld wordt als een diagnose hypertensie. Ook geven ze aan dat bij veel mensen sprake is van hypertensie zonder dat dit bekend is bij hen en bij artsen. Voorts beschikken ze niet over factoren behorend bij leefstijl, zoals voeding, roken en lichamelijke activiteit. En ten slotte hebben ze geen metingen ter plekke gedaan om hun modellen te valideren.

Poulsen et al.[56] Deens prospectief cohortonderzoek.

In een andere, secundaire, analyse van het bovengenoemde Deense cohortonderzoek hebben Poulsen en collega's de associatie onderzocht tussen WTN en risico op myocardinfarct en ischemische beroerte. Ze maakten gebruik van ICD-codes (International Classification of Diseases). De steekproef bestond uiteindelijk uit 711.259 personen voor myocardinfarctanalyse waarvan2,7% een myocardinfarct ontwikkelde en 712.401 voor beroerte-analyse waarvan 2,5% een beroerte ontwikkelde.

De onderzoekers concluderen dat zij geen overtuigend bewijs hebben gevonden voor een associatie tussen WTN en myocardinfarct en beroerte. Ze geven echter ook aan dat er een risico op expositie-misclassificatie bestaat. Ze vonden wel statistisch significante resultaten bij de groep mensen met myocardinfarct en hoge WTN-blootstellingsniveaus met een hoge validiteitsscore, zowel binnenshuis als buitenshuis berekend. Het betrof echter kleine aantallen personen. Nader onderzoek is daarom wenselijk naar de associatie tussen hoge blootstelling aan WTN en myocardinfarct.

Bräuner et al.[57] Deens cohortonderzoek.

Geïnspireerd op de American Nurses' Health Study hebben Deense onderzoekers in 1993 een cohort Deense verpleegkundigen samengesteld met als doel om de effecten van hormonale suppletie therapie te onderzoeken. Er werden in eerste instantie 23.170 vragenlijsten gestuurd naar circa 95% van Deense verpleegkundigen. De gegevens van het onderzoek werden gekoppeld aan dat van het Deense bevolkingsregister, patiëntenregister en doodsoorzakenregister. Ook werden ze gekoppeld aan het Deense energieagentschap waarin alle WT's zijn opgenomen. Windsnelheden en andere meteorologische gegevens werden geschat, gekoppeld aan gegevens over luchtverontreiniging en verkeer en in een model ingebracht. Het model beoogde de incidentie van myocardinfarct te meten als een functie van de blootstelling WTN met leeftijd als tijdschaal. Analysen vonden plaats met het hele bruto model maar ook met een beperkt model aangepast met potentiële confounders.

Voor de uiteindelijke analyse bleven 23.994 verpleegkundigen over. De gemiddelde follow-up bedroeg 20,0 jaar en in die periode kregen 686 vrouwen een myocardinfarct. Deze vrouwen waren onder meer vaker ouder, hadden overgewicht, rookten meer en waren minder lichamelijk actief.

De onderzoekers vonden geen statistisch significante associatie tussen WTN en de incidentie van myocardinfarct bij verpleegkundigen boven 44 jaar. Ook was er geen dosis-respons relatie aantoonbaar. De invloed van confounders en effect-modificatoren was verwaarloosbaar.

De onderzoekers bespreken de sterke en zwakke aspecten van hun onderzoek. Sterke punten zijn onder meer dat de vaststelling van de incidentie van myocardinfarct en de risicofactoren daarvoor objectief is vastgesteld in de registraties en niet is gebaseerd op zelfrapportage. Het risico van informatie- en recall bias is daarom minimaal en er is geen selectiebias. Een zwak punt is dat de blootstelling aan geluid klein was, namelijk slechts circa 25% woonde binnen een afstand van 6 kilometer van één of meer WT's. Een groot deel van de vrouwen heeft nooit in de buurt van WT's gewoond. Dat de invloed van confounders en effect-modificatoren verwaarloosbaar is, is niet goed onderbouwd aangezien gegevens hierover zijn verzameld aan het begin van het onderzoek, dus zo'n 20 jaar geleden. Voorts geven ze aan dat een belangrijke beperking van hun onderzoek is dat de WTN-niveaus zijn berekend en geen afspiegelingen hoeven te zijn van persoonlijke blootstellingen. Ook konden er geen pieken worden meegenomen in de modellen. Er is ook geen informatie over de ligging van de slaapkamers ten opzichte van het geluid. Belangrijk is ook dat er weinig myocardinfarcten waren in de groep die blootgesteld was aan het hoogste WTN-niveau, hetgeen expositie-misclassificatie wordt genoemd. Informatie ontbrak ook over de persoonlijke gevoeligheid voor geluid en annoyance-niveau. Derhalve kan het zo zijn, zo stellen de onderzoekers dat ze de effecten van WTN hebben onderschat.

Bräuner et al.[58] Deens cohortonderzoek.

Van het hierboven beschreven Deense cohortonderzoek zijn meerdere secundaire analysen gemaakt. Een daarvan richtte zich op de associatie tussen langdurige blootstelling aan WTN en het risico op beroerte.

Voor de uiteindelijke analyse bleven 23.912 verpleegkundigen over. De gemiddelde follow-up bedroeg 19,4 jaar. In die periode ontwikkelden 1097 vrouwen een beroerte. Deze vrouwen hadden meer risicofactoren, zoals roken, minder bewegen en vaker hypertensie.

De onderzoekers concluderen dat er geen associatie bestond tussen WTN en incidentie van beroerte. Er was geen aanwijzing voor een causale relatie tussen langdurige blootstelling aan WTN en de incidentie van beroerte.

De onderzoekers bespreken de sterke en zwakke aspecten van hun onderzoek en die wijken in essentie niet af van het vorige onderzoek naar myocardinfarcten

Bräuner et al.[59] Deens cohortonderzoek.

In een andere secundaire analyse van het Deense verpleegkundigencohort is de associatie onderzocht tussen langdurige WTN-blootstelling en atriumfibrilleren.

Voor de uiteindelijke analyse bleven 24.137 verpleegkundigen over. Gedurende de gemiddelde follow-up van 17 jaar ontwikkelden 1430 vrouwen atriumfibrilleren. Evenals bij de vorige twee analysen hadden deze vrouwen meer risicofactoren.

De resultaten lieten zien dat de groep die gedurende 11 jaar was blootgesteld aan de effecten van nachtelijke WTN het risico, in vergelijking met de 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]). Dat gold ook voor de blootstelling overdag, 's avonds en de gehele dag. Er was geen invloed van confounders op de uitkomst. De associatie van de gewogen 24-uurs blootstelling was statistisch niet-significant. De onderzoekers manen toch tot voorzichtige interpretatie van de bevindingen omdat de blootstellingsniveaus gering waren.

De onderzoekers bespreken de sterke en zwakke aspecten van hun onderzoek en die wijken in essentie niet af van het vorige onderzoek naar myocardinfarcten

2.4 Metabole effecten.

Bakker et al.[60] Nederlands dwarsdoorsnede-onderzoek.

In dit vragenlijstonderzoek naar de associatie tussen WTN, annoyance, zelf-gerapporteerde slaapverstoringen en psychologische distress komt het woord diabetes niet aan bod.

Pedersen et al.[61] Zweeds dwarsdoorsnede-onderzoek.

Dit betreft een dwarsdoorsnede-onderzoek naar de associatie tussen WTN, annoyance en zelf-gerapporteerde gezondheid. In dit artikel worden geen gegevens over het voorkomen van diabetes mellitus beschreven. Er wordt wel aangegeven dat in de vragenlijsten die werden gebruikt ook is gevraagd is naar de gezondheid van de deelnemers, waaronder de vraag of ze diabetes hadden. Er deden 754 mensen mee aan het onderzoek, respons was 57,6%. Hoe volledig de vragenlijsten zijn ingevuld wordt niet vermeld.

Pedersen et al.[62] Samenvatting van drie onderzoeken.

Gegevens van drie dwarsdoorsnede-onderzoeken (2 Zweedse, 1 Nederlandse) werden samengevat. In totaal namen 1830 mensen deel aan het vragenlijstonderzoek, daarvan hadden 1755 alle vragen ingevuld. SPL-niveaus werden berekend en er werd gevraagd naar diverse gezondheidsitems, waaronder diabetes. De keuze voor de gezondheidsitems lijkt enigszins arbitrair en onduidelijk en omvat zeker niet alle op dat moment onderzochte items.

De onderzoekers ondernamen veel analysen, maar corrigeerden hiervoor niet. In plaats daarvan moesten relaties tussen SPL-niveaus en de gezondheidsitems in alle drie onderzoeken statistisch significant zijn om feitelijk als een associatie te worden benoemd. Voor diabetes mellitus gold dat niet voor alle onderzoeken en ook niet voor alle deelanalysen.

De auteur bespreekt de zwakke punten van het onderzoek, vooral het gegeven dat het om zelf-gerapporteerde gezondheidseffecten gaat. Zij stelt ten slotte dat de resultaten niet alarmerend zijn maar vragen om politieke actie en meer onderzoek.

Poulsen et al.[63] Deens prospectief cohortonderzoek.

Van het hierboven en verderop genoemde Deense prospectieve cohortonderzoek hebben Poulsen en collega's ook een secundaire analyse verricht naar de associatie tussen langdurige nachtelijke blootstelling aan WTN en het ontstaan van diabetes. Het uiteindelijke cohort bestond uit 614.731 personen van wie 25.148 diabetes ontwikkelden.

De onderzoekers vonden geen aanwijzingen voor een statistisch significante associatie tussen langdurige nachtelijke blootstelling aan WTN (binnenshuis en buitenshuis) en het ontstaan van diabetes. Ze tekenen hierbij wel aan dat er maar weinig personen in de hoogste WTN-niveaus waren, een reden om hier nader aandacht aan te besteden.

Ook hier bespreken de onderzoekers weer de positieve en zwakke aspecten van hun onderzoek. Met name zijn leefstijlfactoren van belang bij het ontstaan van diabetes en die hebben ze niet gemeten. Residuele confounding kunnen ze ook niet geheel uitsluiten.

2.5 Cognitieve en mentale gezondheidseffecten van windturbinegeluid.

Clark et al.[64] Systematisch literatuuronderzoek.

In een door de WHO gesponsord onderzoek voor de Europese regio is een systematisch literatuuronderzoek gedaan naar de relatie tussen omgevingsgeluid en kwaliteit van leven, welzijn en geestelijke gezondheid. Aangegeven wordt dat de richtlijn voor SPL's binnenshuis de grens van 50 dB L_{Aeq} 16 uur niet mag overschrijden en voor binnenshuis 30 dB L_{Aeq} 8 uur.

De zoekstrategie wordt omschreven evenals de kwaliteitscriteria. De nadruk ligt op verkeers-, trein- en vliegverkeersgeluid. Dit laat ik buiten beschouwing. Wat betreft WTN noemen de onderzoekers 5 literatuuroverzichten die eerder zijn gepubliceerd. Ze gaan deze niet uitgebreid bespreken, omdat er weinig onderzoeken zijn gedaan die gepeer-reviewed zijn en van voldoende methodologische kwaliteit.

Ze stellen vast dat er geen consistent bewijs is voor een associatie tussen blootstelling aan WTN en een slechte kwaliteit van leven, welzijn en geestelijke gezondheid.

De problemen met de onderzoeken zijn dat afstand wordt gebruikt om SPLs te berekenen in plaats van te meten bij de woningen van de onderzoek deelnemers. Ook werd te weinig rekening gehouden met de sociaaleconomische status en andere belangrijke confounders. Onderzoeken hadden vaak een klein aantal deelnemers, respons was laag, er waren onduidelijke definities van blootgestelden en controlegroepen. Ook werden niet-gevalideerde meetinstrumenten gebruikt, bijvoorbeeld voor het meten van de QoL. Het was niet

mogelijk om effect sizes te berekenen. Dosis-responsrelaties konden daarom niet worden berekend. Psychologische voorgeschiedenis van deelnemers ontbreekt vaak evenals informatie over hun coping-gedrag.

De evidence is daarom niet compleet. Er moet meer cohortonderzoek worden gedaan van blootgestelden en ook voor kinderen, volwassenen en ouderen, en risicogroepen. Dat geldt ook voor infrageluid en laagfrequent geluid. Het beschikbare onderzoek is van een zeer laag kwaliteitsniveau.

De auteurs sluiten af met de vaststelling dat het gebrek aan bewijs niet betekent dat er geen effecten zijn, deze alleen nog niet (tot oktober 2015) op robuuste wijze zijn onderzocht.

Clark et al.[65] Brits systematisch literatuuronderzoek.

Dit literatuuroverzicht beschrijft de gegevens over omgevingsgeluid in het Verenigd Koninkrijk na publicatie van de WHO-richtlijnen voor Europa in 2014. In feite worden alleen de effecten van verkeer-, trein- en vliegverkeer besproken. Slechts in drie onderzoeken komen de effecten WTN aan de orde. Het gaat om de effecten op geboortegewicht, prematuriteit en 'small for gestational age'. Op geen werd een effect gevonden.

De onderzoekers geven aan dat er meer en beter, vooral longitudinaal, onderzoek moet worden verricht om onder meer iets over het effect van WTN te kunnen zeggen. Dit onderzoek moet onderzoeksprioriteit krijgen.

Poulsen et al.[66] Deens prospectief cohortonderzoek.

Dit is een secundaire analyse van het al beschreven Deense prospectieve cohortonderzoek. Nu werden de associatie tussen WTN en ongewenste zwangerschapsuitkomsten onderzocht. Dit betrof de relatie zwangerschapsduur en geboortegewicht: premature geboorte, SGA (small for gestational age) en laag geboortegewicht. In de onderzoeksperiode 1982-2013 werden 135.795 zwangerschappen geanalyseerd. Er werden schattingen gemaakt over de nachtelijke blootstelling aan WTN binnen- en buitenshuis. De resultaten toonden geen statistisch significante associaties tussen de blootstelling aan WTN en de drie ongewenste zwangerschapsuitkomsten. De onderzoekers merken op dat er weinig gevallen in de groep met de hoogste blootstelling aan WTN waren.

2.6 Andere sociale en fysieke aspecten dan geluid.

2.6.1 Visuele aspecten.

Review.

Freiberg et al. [67]Duits systematisch literatuuronderzoek en meta-analyse.

In een kwalitatief hoogwaardig artikel beschrijven Duitse onderzoekers de resultaten van hun onderzoek naar de vraag of de directe of indirecte zichtbaarheid van WT de gezondheid beïnvloedt van mensen die direct in de omgeving wonen. Het gaat om de invloed van visuele annoyance en akoestische factoren. Het onderzoek was niet gesponsord en de onderzoekers beschrijven hun werkwijze dermate gedetailleerd dat het reproduceerbaar is voor anderen.

Zij namen 17 onderzoeken van uiteenlopende methodologische kwaliteit op in hun overzicht.

De resultaten toonden onder meer dat 6% van de mensen hoge annoyance rapporteerden door veranderd uitzicht en schaduw flikkering. Effecten op andere gezondheidsuitkomsten waren inconsistent. Wel was er een aanwijzing dat directe zichtbaarheid van WT slaapstoornissen verhoogt. Verder was annoyance door

directe zichtbaarheid, schaduw flikkering, en knipperende lichten geassocieerd met een statistisch significant verhoogd risico op slaapstoornissen.

De onderzoekers komen ook met aanbevelingen om de publieke acceptatie van WT, zoals het betrachten van transparantie en het betrekken van de bevolking. Oppositie tegen WT leidt namelijk tot meer gezondheidseffecten en zorgen.

De onderzoekers bevelen meer onderzoek van hoge kwaliteit aan.

NB. Dit onderzoek maakt gebruik van de AXIS-checklist. Deze is ook opgenomen in appendix C.

Oorspronkelijke studies.

Delicado et al.[68] Portugees onderzoek naar visuele aspecten van WT's.

Dit betreft een hoofdstuk in een boek waarin controversiële aspecten rondom WT's op het Portugese platteland worden besproken. Het is dus geen wetenschappelijke publicatie.

Portugal behoort tot de landen met de grootste WT-dichtheid. Op nationaal niveau bleken Portugezen minder enthousiast te zijn geworden. De auteurs doorzochten 4 grote dagbladen van 2001-2013 op berichten over WT's en vonden 2211 artikelen. Daarvan werd in 25 het woord landschap gebruikt. Op lokaal niveau bleken vooral NGO's protest aan te tekenen tegen WT's. Op bestuurlijk niveau werden vooral maatregelen genomen om de last van WT's te verminderen door aandacht te vragen voor maatregelen die de zichtbaarheid verminderen en meer groenvoorzieningen aan te brengen.

Opmerkelijk is dat in de literatuurlijst veel Nederlandse publicaties worden genoemd die bijvoorbeeld in de rapporten van het RIVM niet zijn opgenomen.

Grima-Murcia et al.[69] Spaans laboratoriumonderzoek met elektro-encefalografie.

De onderzoekers proberen met dit onderzoek meer inzicht te krijgen in de temporale dynamiek van emotieverwerking als mensen naar verschillende landschapsbeelden kijken.

Bij 14 vrijwilligers zonder neurologische of psychiatrische voorgeschiedenis, intoxicaties, medicijngebruik en met normale visus werd het effect van 60 landschapsfoto's met of zonder WT's, zonnepanelen of kernenergiecentrales op de hersenactiviteit op het EEG in het temporale gebied gemeten en vergeleken met vragenlijsten. Wat betreft WT's en zonnepanelen werden geen bijzondere waarnemingen gedaan, wel in relatie met kernenergiecentrales. Daar werden op het EEG patronen waargenomen die passen bij negatieve emoties. De waarnemingen kwamen overeen met de scores op de vragenlijsten.

De onderzoekers zijn van plan meer onderzoek op dit gebied te verrichten.

Lamy et al.[70] Amerikaans interview.

Dit artikel is niet opgenomen in de literatuurlijst van het RIVM-rapport.

Bij 15 vrijwilligers werd een semigestructureerd interview afgenomen met als doel positieve en negatieve percepties van WT's te krijgen in 2 dicht bij elkaar gelegen plaatsen aan de oostkust in de VS. Een steekproef van 15 mensen zou voldoende zijn om de meest voorkomende meningen op te sporen. Het interview bevatte zowel open als gesloten vragen en omvatte zowel bestaande als hypothetische WT's.

Het resultaat toonde dat economische voordelen en visuele aspecten erg belangrijk voor de inwoners waren. Daarna volgen geluid, voordelen voor het milieu, gevaren voor de natuur en veiligheidsaspecten. In de

discussieparagraaf gaan de auteurs in hoe de geïdentificeerde problemen het beste kunnen worden aangepakt.

Frantal et al.[71] Tsjechisch vragenlijstonderzoek.

In een steekproef met 474 inwoners van 6 plaatsen (met WT's) in Tsjechië die van 0,5 tot 9 km van relatief kleine WT's wonen (aangevuld met inwoners van 12 andere plaatsen) die geen financieel voordeel van WT'S ontvingen).

De onderzoekers concluderen dat hun onderzoek nieuw empirisch bewijs levert voor de hypothese dat landschapsverstoring door WT's een subjectieve en relatieve kwestie is. Landschapsverstoring wordt niet bepaald door het aantal WT's, de afstand tot de dichtstbijzijnde en zichtbaarheid, maar vooral de indruk van financieel gewin, andere negatieve effecten zoals noise annoyance, en door de sociaaleconomische status van de mensen.

Onduidelijk is hoe de steekproef werd getrokken, wat de kenmerken van de inwoners zijn en hoe de regressieanalyse precies werd verricht. Ook is niet duidelijk hoe de vragen werden gesteld en of de geïnterviewden wisten waar het onderzoek over ging.

Sklenicka et al.[72] Centraal-Europees onderzoek.

Tsjechische onderzoekers hebben een model ontwikkeld om zo objectief mogelijk de visuele impact van WT's te bepalen op basis van landschapskenmerken. In Duitsland, Oostenrijk, Polen en Tjechie werden in elk 4 gebieden 100 respondenten geworven die elk 32 foto's van landschappen beoordeelden met en zonder WT's. Voorts werden 12 landschapskenmerken geanalyseerd, zoals bebossing, watergebieden en hoogteverschillen. Deze werden gebruikt om voorspellingen te doen in hun regressiemodel. De belangrijkste waren percentage industrieel gebied, percentage bos, dichtheid van de infrastructuur, aantal hoogteverschillen/heuvels en de verspreiding daarvan.

Het uiteindelijke model is bruikbaar voor een groot deel van Midden-Europa om de visuele impact van WT'S te voorspellen. Dit met als doel om negatieve invloed op het milieu en de gemeenschap te voorkomen.

Landeta-Manzano et al.[73] Spaans onderzoek naar acceptatie.

Spaanse onderzoekers hebben onderzocht welke inspanningen en acties een grote Spaanse fabrikant van WT's heeft ondernomen om steun van lokale gemeenschappen te krijgen voor het aanleggen van WT's. Sociale dan wel maatschappelijke acceptatie bestaat uit sociaal-politieke acceptatie, marktacceptatie en maatschappelijke acceptatie.

Dit onderzoek is een exploratorisch/verkennend onderzoek en is met name geschikt voor gebieden waar nog weinig of geen onderzoek naar is verricht. Het is verricht tussen 2014 en 2017. Er werd gebruik gemaakt van interne en externe documenten van het bedrijf. 147 belanghebbenden werden geïnterviewd en 6 experts. Semigestructureerde vragenlijsten werden afgenomen en telefonische contacten volgden.

Vier belangrijke aspecten kwamen naar voren: visuele aspecten (de nieuwere modellen zijn groter), gezondheid en veiligheid (veel trainingen voor veiligheid werknemers), deelname en medewerking lokale gemeenschappen (extra maar meestal tijdelijk werk) en sociale investeringen in gemeenschappen (vnl. compensaties voor die gemeenschappen).

In de discussieparagraaf worden acties besproken die de lokale acceptatie kunnen vergroten, zoals het bepalen van de locaties die niet alleen op wettelijke of juridische gronden moet plaatsvinden.

In de literatuurlijst komt veel onderzoek naar voren over acceptatie.

De onderzoekers vinden dit onderwerp van belang met name omdat er vrijwel geen ander onderzoek naar is verricht.

2.6.2 Contextuele, situationele, en persoonlijke factoren.

In deze paragraaf wordt naar 3 onderzoeken verwezen die worden genoemd als gedeeltelijke verklaring waarom sommige mensen meer worden gehinderd door WT-geluid dan anderen. Deze onderzoeken gaan respectievelijk over vliegvelden[74], autoverkeer[75] en vliegverkeer[76]. Ik laat deze buiten beschouwing omdat ze geen onderbouwing kunnen geven voor het door het RIVM gestelde.

Voorts geeft het rapport aan dat geen artikelen over situationele factoren werden gevonden. Onduidelijk is echter wat daar onder wordt verstaan.

Persoonlijke factoren.

Van Kamp et al.[77] Geluid en gezondheid in subgroepen.

Naar dit artikel wordt in de tekst wel gerefereerd maar is niet opgenomen in de literatuurlijst.

In dit artikel wordt specifiek gekeken naar de effecten van geluid in groepen van kwetsbare personen, zoals kinderen, ouderen, chronisch zieken en mensen met gehoorstoornissen. Voorts mensen die in ploegendienst werken, gevoelige personen en mensen met psychiatrische aandoeningen. Het gaat in het algemeen over geluid en niet specifiek over WTN.

De auteurs concluderen dat er te weinig onderzoek is gedaan naar het effect van omgevingsgeluid bij kwetsbare groepen. Deze groepen zijn ondervertegenwoordigd in onderzoek en bewijs voor effecten is anekdotisch. Er is gebrek aan goed opgezette onderzoeken waarin vergelijkingen worden gedaan tussen de algemene populatie en specifieke subgroepen.

Kinderen zijn minder gevoelig voor annoyance, wel zijn ze gevoeliger voor cognitieve effecten. Er is mogelijk een relatie met astma. Geslachtsverschillen moeten meer onderzocht worden.

Maatschappelijke en economische aspecten.

Er worden meerdere artikelen genoemd waarin de maatschappelijke aspecten worden onderzocht. Het betreft hier vooral de maatschappelijke aanvaardbaarheid van WT's.[78] Daaruit blijkt vooral dat van belang is dat het planningsproces rechtvaardig verloopt en dat de lokale bevolking erin betrokken wordt en inspraak krijgt.

Clark et al.[79] Interviews met voor- en tegenstanders en 'middle of the roads'.

In dit Australische onderzoek wordt uit elke categorie 2 personen (behorend tot een huishouden) geïnterviewd over hun attitude tegenover WT's. De interviews worden kwalitatief geanalyseerd en gezondheidseffecten worden als een sociaal fenomeen gezien. Ze worden beoordeeld in het kader van discursieve psychologie. Dit artikel bespreekt 3 interviews. Het is onderdeel van een groter interview waarin 16 interviews worden geanalyseerd.

Het artikel laat zien hoe de geïnterviewden 'feiten' construeren over de gezondheidseffecten van WT's. Retorische bronnen worden gebruikt door voor- en tegenstanders. Ook worden lokale onderhandelingen

over de legitimiteit van gezondheidsklachten besproken. Terwijl enerzijds voorstanders vinden dat mensen met gezondheidsklachten het recht hebben om hun verhaal te vertellen, gaat dit niet zover dat ze ook op correcte wijze de oorzaak van de klachten kunnen aanwijzen. Hierdoor wordt de legitimiteit van de klachten ondermijnt.

Wind turbine syndroom is een omstreden aandoening en politiek controversieel. Directe belangen, en financiële opbrengst en legitimiteit spelen een belangrijke rol bij het beschrijven van de feiten.

Een opmerkelijk citaat komt uit een onderzoek van de Australische Senaat. Hierin komt een man aan het woord die 19 WT's op zijn terrein had en daarvoor in de afgelopen vijf jaar 2 miljoen dollar had verdiend. Hij meldde over de gezondheids- en sociale gevolgen: slaaponderbreking, hoofdpijn, agitatie en een algemeen gevoel van onwelbevinden. Vanwege de herrie konden ze hun ramen niet open doen en geen sociale contacten buiten ontvangen.

De Senaatscommissie beoordeelde deze uitspraken als sterk bewijs dat financiële opbrengst tot positieve oordelen over WT's leidt.

Wen et al.[80] Voorstel voor nieuw regressiemodel.

In dit onderzoek wordt een nieuw regressiemodel ontwikkelt waarin aandacht is voor meer elementen van WT'S die onvoldoende in eerdere onderzoeken naar visuele aspecten aan de orde kwamen. Het gaat om de hoogte, het aantal WT's en de afstand tot het WT-park. Door deze visuele elementen in het model op te nemen en te relateren aan de bereidheid WT's te accepteren dan wel financiële vergoeding te accepteren, zouden betere voorspellingen gedaan kunnen worden. Ook zouden minder proefpersonen nodig zijn.

De auteurs wijzen op de beperkingen van hun voorstel, vooral vanwege het geringe aantal data. Het artikel is 18 keer geciteerd volgens Google Scholar.

Thomson et al.[81] Amerikaans vragenlijstonderzoek naar verschillen in attitudes.

In dit onderzoek worden attitudes, visuele en auditore invloeden en bereidheid te betalen vergeleken tussen bewoners die dichtbij een WT van 2MW wonen en bewoners die dichtbij een steenkolencentrale wonen. 2000 bewoners werden gemaild, de totale respons was 34,1%. De mensen woonden al meer dan 4 jaar in deze buurten.

De resultaten lieten zien dat de visuele en auditore effecten tegenover fossiele energie negatiever waren dan tegenover WT's. Ook bleek dat bij WT de positieve meningen overheerste over de negatieve, terwijl dat bij steenkool omgekeerd was. Mensen die in de buurt van de WT woonden waren bereid 2,56 dollar per maand te betalen om de WT te behouden. Mensen in de buurt van een steenkoolcentrale waren bereid 1,82 dollar per maand te betalen om het laten verdwijnen. Noch afstand tot de energiebronnen noch demografische kenmerken beïnvloedden dit.

De onderzoekers geven de beperkingen van hun onderzoek aan: het betrof maar een WT en die stond dichtbij de woonhuizen, veel dichter dan normaal het geval zou zijn.

hoofdstuk 3 Specifieke gezondheidseffecten van laagfrequent geluid en infrageluid.

3.1 Hoorbaarheid van infrageluid en laagfrequent geluid.

Behler et al.[82] Duits laboratoriumonderzoek.

Laagfrequent geluid en infrageluid worden in verband gebracht met annoyance en zorgen (distress). Hoe infrageluid precies wordt waargenomen in het auditore systeem is niet geheel duidelijk. In een laboratoriumonderzoek bij 20 gezonde personen (21-34 jaar, gem. 26 jaar; gegevens van 19 personen konden worden geanalyseerd) werden sinusoïden van 8 en 32 Hz aangeboden. De deelnemers moesten het geluidsniveau bepalen en mate van onaangenaamheid. Vervolgens werd het schatten van het geluidsniveau herhaald terwijl functionele MRI werd gemeten.

De onderzoekers concluderen dat de hersengebieden die laagfrequent geluid en infrageluid verwerken dezelfde zijn die normale geluidsfrequenties verwerken, namelijk de primaire en secundaire auditore cortex. Er bleek sprake te zijn van een grote mate van interindividuele variatie in het beoordelen van luidheid en onaangenaamheid, maar hieraan konden geen neurale correlaten worden gekoppeld. Voor individuen was activatie van fMRI in de auditore cortex meer gerelateerd aan individuele perceptie dan aan het niveau van de aangeboden prikkel.

De onderzoekers maakten modellen om effecten te berekenen maar laten deze niet zien.

Ze geven wel de beperkingen van hun onderzoek aan, namelijk dat deze laboratoriumsetting de werkelijkheid geweld aan doet. In de praktijk wordt laagfrequent en infrageluid aangeboden in een veel complexere omgeving: langduriger blootstelling, complexere geluiden en het geluid grijpt aan op het hele lichaam in plaats van alleen maar in een oor.

Voorts ging de rapportage in dit artikel alleen over de frequenties van 8 en 32 Hz terwijl men meerdere frequenties had gemeten.

Burke et al.[83] Duits laboratoriumonderzoek.

Mensen kunnen infrageluid waarnemen vanaf 2 Hz. Een kleine toename van SPL voor infrageluid kan resulteren in een significante toename van luidheid en annoyance. Het doel was het maskerende effect te onderzoeken van gelijktijdig aangeboden infrageluid en audiogeluid. Er werd gebruik gemaakt van een speciaal ontwikkelde oormicrofoon. Er werden 15 personen (18-30 jaar, otologisch normaal) geworven waarvan de gegevens van 13 personen gebruikt konden worden voor analyse.

De resultaten toonden dat de drempelwaarden om infrageluid waar te nemen significant toenemen als een deel van het audiogeluid werd aangeboden op een voldoende hoog niveau. Daarentegen was er geen significant effect van infrageluid op de drempelwaarden van hoorbaar geluid (dit in tegenstelling tot de onderzoekshypothese). Het eerste effect zou toe te schrijven kunnen zijn aan een cognitief effect, bijvoorbeeld door aandacht zo geven ze aan. Een aantal proefpersonen gaf aan dat ze moeite hadden infrageluid waar te nemen en audiogeluid.

Geconcludeerd kan worden dat modulatie-effecten van infrageluid niet de gehoordrempel voor audiogeluid beïnvloedt. Dit sluit een effect van infrageluid op de geluidsperceptie van audiogeluid niet uit. Ten slotte zou dit onderzoek er op kunnen wijzen dat infrageluid des te annoyant is in een rustige omgeving.

Weichenberger et al.[84] Duits laboratoriumonderzoek.

In dit onderzoek werd onderzocht of infrageluid toegediend nabij de gehoordrempel ook een effect kan uitoefenen op de globale hersenactiviteit en of deze effecten verschillen van stimulatie van geluid boven de drempel. Aan het onderzoek namen 14 gezonde rechtshandige personen deel (18-30 jaar, gem. 23,4 jaar) met een normale visus en gehoor.

De resultaten toonden dat infrageluid toegediend nabij de gehoordrempel (in vergelijking met geen geluid) aanleiding gaf tot significant meer lokale hersenactiviteit in de rechter gyrus temporalis superior, de gyrus cingularis anterior en de rechter amygdala. Deze veranderingen traden niet op als infrageluid boven de drempel werd aangeboden.

De onderzoekers stellen dat die hersengebieden te maken hebben met emotionele en autonome reacties. Hier mee zou dus subliminaal infrageluid aanleiding kunnen geven tot een aantal fysiologische en psychologische gezondheidsvraagstukken.

Uiteraard moeten deze resultaten bevestigd worden met longitudinaal onderzoek.

Krahé et al.[85] Duits laboratoriumonderzoek.

In het rapport van het Duitse ministerie van Milieu is een onderzoek opgenomen waarin mensen werden blootgesteld aan verschillende geluidsscenario's met laagfrequent geluid (3-18 Hz) waarbij de mate van annoyance werd gemeten. Er namen 44 personen aan deel en van 39 konden de resultaten worden geanalyseerd. Er werden ook vragenlijsten afgenomen en een aantal fysiologische parameters gemeten, zoals bloeddruk, ECG en EEG. Tijdens het onderzoek werden alle andere bronnen van geluid uitgeschakeld.

De geluidsscenario's van 10 Hz-95 dB en 18 Hz-85 dB gaven de meeste annoyance, namelijk tussen 4 en 5 op een 10-puntschaal. Behalve ongemak veroorzaakte het geluid ook vibratie en druk in het hoofd. De resultaten van het onderzoek van de fysiologische parameters leverde geen aanwijzing voor acute reacties op.

De onderzoekers merken op dat hoewel de aangeboden geluiden buiten het hoorbare gebied lagen, de geluiden wel via het oor werden waargenomen. Ook merken ze op dat in de praktijk mensen gedurende veel langere perioden worden blootgesteld aan deze geluiden dan in dit onderzoek. Ten slotte geven zij nog aan dat de combinatie van laagfrequent geluid met hoorbaar geluid verantwoordelijk zou zijn voor de klachten.

Jurado et al.[86] Brits-Equadoriaans laboratoriumonderzoek.

Bij 11 proefpersonen is in een laboratorium onderzocht of infrageluid (11 Hz) en laagfrequent geluid (38 Hz) hersenactiviteit opwekken (brain's frequency-following response FFR) als een objectief correlaat voor individuele gevoeligheid voor deze golven. De golven werden aangeboden met toenemende geluidssterkte. Ofschoon het onderzoek interessant qua opzet was, waren de resultaten vanwege de sterk uiteenlopende interindividuele uitkomsten van FFR's moeilijk te interpreteren. De onderzoekers concluderen dat FFR's als reactie op infrageluid kan worden gezien als een positieve bevestiging van een hersenreactie op nauwelijks hoorbaar infrageluid. De afwezigheid van zo'n reactie mag echter niet leiden tot een conclusie dat de desbetreffende persoon zo'n infrageluid niet waarneemt.

Marquardt et al. [87]Brits laboratoriumonderzoek naar het effect van amplitudemodulatie.

Infrageluid uit de omgeving gaat vaak vergezeld van laagfrequent geluid. Zenuwvezels die laagfrequent geluid geleiden kunnen geen onderscheid maken tussen laagfrequent geluid dat door amplitudemodulatie is gewijzigd of laagfrequent geluid dat bovenop infrageluid is geplaatst.

In dit onderzoek werd bij 14 personen met een zelf-gerapporteerd normaal gehoor (18-49 jaar) het effect van amplitudemodulatie onderzocht. Van 12 personen konden de gegevens worden geanalyseerd. Geluiden werden aangeboden aan één oor via een buis. Bij het onderzoek kregen ze willekeurig geluiden met en zonder AM aangeboden en moesten ze daarna raden welke het was. Ze kregen eerst een 63 Hz basisgeluid aangeboden die met 8 Hz AM werd gemengd, en daarna een 63 Hz geluid die met 8 Hz op luidheid werd gemoduleerd.

De resultaten toonden dat de helft van de deelnemers goed scoorden, vrijwel gelijk aan toeval. Het beste resultaat was 81% correct. Er werden vrijwel geen resultaten bereikt bij een basistoon van 125 Hz.

De onderzoekers concluderen dat laagfrequent en amplitude gemoduleerd geluid ten grondslag kan liggen aan klachten over infrageluid uit het milieu, waar de gemeten infrageluidsniveaus lager liggen dan wat ervaren kan worden.

Carlile et al.[88] Australisch literatuuronderzoek naar WTN.

Dit artikel is het resultaat van een literatuurzoekactie naar de effecten van door WT's gegenereerd laagfrequent geluid en infrageluid. Het is, zoals de auteurs aangeven, geen alomvattend ofwel systematisch literatuuronderzoek. Een gedeeltelijke samenvatting geef ik in de paragraaf over de analyse van hoofdstuk 3. Hier beperk ik me tot de aanbevelingen van de auteurs voor nader onderzoek. De geluiden van WT's en WT-parken moeten nader gekarakteriseerd en gemodelleerd worden. Dat geldt ook voor de interactie tussen die geluiden en huizen/gebouwen. Nader onderzoek naar de effecten van infrageluid op de cochlea en het vestibulaire apparaat. Meer onderzoek naar de neurale verbindingen in het binnenoor en hoe ze reageren op laagfrequent en infrageluid. Ook moet er meer onderzoek worden gedaan naar de fysiologische gevoeligheid voor WTN van bepaalde personen. Het gaat dan vooral om de vraag of zij behoren tot de groep statistische uitlopers van een normaal verdeelde populatie. Vooral de hypothese dat kleine individuele veranderingen in drempelwaarden voor infrageluid de activatie verklaard van de voorste cingulaire cortex en de amygdala moet nader worden uitgezocht.

Koch.[89] Duits congrespaper.

Dit artikel betreft een verslag dat is gepresenteerd op een congres in Zurich in juni 2017. Congrespapers gelden niet als wetenschappelijk bewijs en worden niet verder besproken.

3.2 Effect van lagere frequenties ten opzichte van 'normaal geluid'.

Reviews.

Tonin et al.[90] Niet-systematisch literatuuronderzoek.

In dit literatuuroverzicht worden de klachten besproken die in verband worden gebracht met infrageluid, het zogenoemde windturbinesyndroom. Besproken worden gegevens van de Australische Senaatscommissie die in 2015 concludeerde dat er in ruime mate bewijs is dat WT's verantwoordelijk zijn voor klachten. Er wordt een historisch perspectief geboden en daarna volgt een niet-systematische bespreking van de literatuur over infrageluid.

Krahé et al.[91] Duits congrespaper.

Dit artikel is niet gepubliceerd in een peer-reviewed tijdschrift maar is een verslag van een presentatie op een congres. Daarom bespreek ik het hier niet verder.

Stevens et al.[92] Australisch congrespaper.

In deze proceedings van een congres in november 2018 in Australië wordt verslag gedaan van een onderzoek naar het effect van geluid aangeboden aan beide oren (het meeste onderzoek beperkte zich tot nu tot één oor). De amplitude van de geluiden werd gemoduleerd met 2 en 5 Hz, omdat het effect van deze lage frequenties nog niet onderzocht was (van midden en hoge frequenties was wel bekend dat ze sterk bijdragen aan annoyance). De geluiden werden aangeboden aan 21 proefpersonen met een zelf-gerapporteerd normaal gehoor.

De resultaten toonden dat geluiden met frequenties van 2 en 5 Hz meer annoyend waren dan die van 10 Hz. Geluiden aangeboden aan beide oren veroorzaakten meer annoyance. Als verklaring geven de auteurs dat de lage frequenties met verschillende snelheden de oren bereiken en daarmee bijdragen aan de annoyance.

Het onderzoek is nog niet gepubliceerd in een peer-reviewed tijdschrift.

Maijala et al.[93] Fins enquête, veld- en laboratoriumonderzoek.

Dit onderzoek is in opdracht van de Finse overheid verricht en gepubliceerd op de website van die overheid. Het is niet gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift en daarom bespreek ik het slechts kort. Circa 5% van de mensen die in een steekproef waren geselecteerd voor een enquête rapporteerden gezondheidsklachten die werden toegeschreven aan infrageluid van WT's. Geluidsmetingen ter plekke en aanvullende laboratoriumonderzoek konden een relatie tussen klachten en infrageluid niet objectiveren.

3.3 Onhoorbaar geluid en effecten op het vestibulaire systeem.

Jurado et al.[94] Brits laboratoriumonderzoek.

De onderzoekers van het in paragraaf 3.1 beschreven Brits-Equadoriaanse onderzoek hebben ook onderzocht wat het effect is van door de lucht aangeboden infrageluid op het opwekken van zogenoemde vestibulaire myogene potentialen. Dit zou mogelijk ten grondslag kunnen liggen aan het 'wind turbine syndroom'. Het gaat hier om cervicale Vestibular-evoked myogenic potentials (cVEMP).

Het onderzoek werd uitgevoerd bij 15 proefpersonen (20-29 jaar, gem.23,5 jaar) met een normaal gehoor zonder aandoeningen van het evenwichtsorgaan, tinnitus of hyperacusis. Zij kregen 3 geluidstypen aangeboden: 500 Hz burst tijdelijk, 500 Hz-geluid met AM-tonen van 40Hz, en pure laagfrequente en infrageluidstonen.

De resultaten toonden dat er weinig bewijs was dat pure geluiden van 40 Hz of lager cVEMP's kunnen opwekken. Geconcludeerd wordt dat de sacculus, die de primaire bron is voor activatie van cVEMP's ongevoelig is voor infrasone stimulatie. Ze geven voorts aan dat niet bekend is of de utriculus of de halfcirkelvormige kanalen daar mogelijk wel bij betrokken zijn, en hetzelfde geldt voor de blootstelling van het gehele lichaam.

Lubner et al.[95] Amerikaans literatuuronderzoek naar audiovestibulaire symptomen.

In dit literatuuronderzoek is gekeken naar de audiovestibulaire effecten van akoestische en elektromagnetische golven die buiten het normale menselijke gehoor liggen. Zowel mensen als proefdieren werden onderzocht. Zoekacties worden beschreven, maar niet in detail.

In de jaren 60 en 70 wordt de term annoyance beschreven in de literatuur. Daarvoor werd 'stadsmoeheid' toegeschreven aan blootstelling aan infrageluid maar dat kon niet worden bevestigd.

Wat betreft infrageluid (0,1-20 Hz) zijn er diverse casuïstische mededelingen en patiëntenseries gepubliceerd waarin een associatie tussen blootstelling aan deze geluiden in verband is gebracht met klachten zoals duizeligheid, tinnitus en misselijkheid. Deze zijn bepaald niet altijd bevestigd door ander onderzoek.

Wat betreft het windturbinesyndroom (slaapverstoringen, hoofdpijn, concentratiestoornissen, prikkelbaarheid, moeheid, duizeligheid, tinnitus en oorpijn) wordt het bestaan ervan onderkend maar aangegeven wordt dat het niet volledig wordt begrepen. Om de pathogenese van de beschreven effecten beter te beschrijven is nader onderzoek hiernaar nodig.

De algemene conclusie van de onderzoekers is dat het meeste onderzoek retrospectief is en dat het moeilijk is om de aard, duur, hoeveelheid en de relatie met schade vast te kunnen stellen. Deze conclusie geldt voor alle onderzochte geluidstypen.

3.4 Effect van trillingen.

Takahashi et al.[96] Japans laboratoriumonderzoek.

In een laboratoriumonderzoek werd bij 14 gezonde (jong-)volwassenen het effect onderzocht van trillingen die in het hoofd worden opgewekt in relatie tot achtergrondgeluid. Geconcludeerd werd dat de drempelwaarde voor het waarnemen van vibraties in het hoofd toeneemt als proefpersonen oordoppen gebruiken. Dit zou suggereren dat het waarnemen van vibraties in het hoofd te maken heeft met drukveranderingen in het oor.

Takahashi et al.[97] Abstract.

Dit stuk blijft onbesproken aangezien het een abstract is en geen wetenchappelijk bewijs vertegenwoordigt.

Nguyen et al.[98] Verkennend Australisch veldonderzoek.

In Zuid-Australië is een experimenteel onderzoek gedaan naar het effect van WT-vibraties en de menselijke waarneming daarvan. In drie huizen die op 3,3, 5 en 2,4 km van een WT-complex waren gelokaliseerd zijn gedurende enkele dagen metingen verricht, op het bed en op de grond in de slaapkamer, naar vibraties. Vastgesteld werd dat de gemeten vibraties beter correleerden met de lokale windsnelheid en de geleverde power van de WT dan met laagfrequent geluid. Toename van de lokale windsnelheid gaan vermoedelijk ook vergezeld met een toename van de door WT geïnduceerde vibratie die ten onrechte in verband zou kunnen worden gebracht met WT-vibraties.

De onderzoekers geven aan dat de metingen niet bij slapende proefpersonen zijn verricht en dat bekend is dat de combinatie van vibratie en geluid bijdragen aan slaapverstoringen.

De gemeten vibraties zijn allemaal onder de grens die de Australische overheid heeft bepaald

Appendix C.

AXIS-checklist.

The final AXIS tool following consensus on all components by the Delphi panel (Yes No Do not know/ comment).

Introduction
1 Were the aims/objectives of the study clear?

Methods
2 Was the study design appropriate for the stated aim(s)?
3 Was the sample size justified?
4 Was the target/reference population clearly defined? (Is it clear who the research was about?)
5 Was the sample frame taken from an appropriate population base so that it closely represented the target/reference population under investigation?
6 Was the selection process likely to select subjects/participants that were representative of the target/reference population under investigation?
7 Were measures undertaken to address and categorise non-responders?
8 Were the risk factor and outcome variables measured appropriate to the aims of the study?
9 Were the risk factor and outcome variables measured correctly using instruments/ measurements that had been trialled, piloted or published previously?
10 Is it clear what was used to determined statistical significance and/or precision estimates? (eg, p values, CIs)
11 Were the methods (including statistical methods) sufficiently described to enable them to be repeated?

Results
12 Were the basic data adequately described?
13 Does the response rate raise concerns about non-response bias?
14 If appropriate, was information about non-responders described?
15 Were the results internally consistent?
16 Were the results for the analyses described in the methods, presented?

Discussion
17 Were the authors' discussions and conclusions justified by the results?
18 Were the limitations of the study discussed?

Other
19 Were there any funding sources or conflicts of interest that may affect the authors' interpretation of the results?
20 Was ethical approval or consent of participants attained?

Appendix D.

Kenmerken van de onderzoeken.

zie tabellen op de volgende pagina’s

Onderzoeker	n	Land	Soort onderzoek	Kenmerken deelnemers	Representatieve steekproef	Steekproef-verantwoording	Sponsoren	Respons-%age	Analyse non-responders	Aanbevelingen	Adequate meetinstrumenten	Bespreking sterke en zwakke punten	Opmerkingen
2.1 Geluidhinder													
2.1.1 Reviews													
Guski 2017			Systematisch literatuuronderzoek										Gaat over alle omgevingsgeluiden
Van de Kamp 2020a			Scoping review										Idem
Van de Kamp 2020b			Syst. Literatuuronderzoek										
Simos 2019			Systematisch literatuuronderzoek										Zoekacties en resultaten onvoldoende gekwantificeerd
Freiberg 2019			Systematische scoping review										
2.1.2 Oorspronkelijke studies													
Klaeboe 2016	90	Noorwegen	Vagenlijst ond na installatie WT	Nee	?	Nvt	Overheid	38%	Nee	Ja	Ja	J/N	
Pawlaczyk 2018	517	Polen	Dwarsdoorsnede ond.	J/N	?	Nee	Univ.??	78% (hoe?)	Nee	?	Ja	J/N	
Radun 2019	318	Finland	Dwarsdoorsnede ond.	J/N	?	J/N	Overheid, WT-bedrijf	Nazien Hon	Nee	Ja	Ja	Ja	Is een secundaire analyse
Song 2016	227	China	Dwarsdoorsnede ond.	Ja	Nee	Nee	Univ., bedrijf	70%	Nee	Nee	Ja	Nee	
Michaud 2018a	1238	Canada	Dwarsdoorsnede ond.	Ja	Nee	Nee	Overheid	78,90%	Nee	Ja	Ja	J/N	Geen causaal verband mogelijk, is secundaire analyse.
Michaud 2018b	1238	Canada	Dwarsdoorsnede ond.	Elders	Nee	Nee	Overheid	?	Nee	Ja	Ja	J/N	Auteurs waarschuwen voor over-interpretatie vd resultaten
Michaud 2018c	1238	Canada	Dwarsdoorsnede ond.	Ja	Nee	Nee	Overheid	?	Nee	Ja	Ja	J/N	Auteurs vinden verantwoording st.pr niet nodig
Botelho 2017	80??	Portugal	Geluidsmetingen, vragenlijsten	J/N	?	Nee	Univ., bedrijf	?	Nee	Ja	Nieuw ontw.	J/N	
Hongisto 2017	429	Fin	Dwarsdoorsnede ond.	J/N	?	J/N	Overheid, WT-bedrijf	57%	Nee	Ja	Ja	Ja	
Schäffer 2019	43	CH	Laboratorium ond.	J/N	?	Nee	Werkgevers, i	?	?	Ja	Nieuw ontw.	Ja	Deel vd deelnemers werkt in het bedrijf
Schäffer 2018	52	CH, DE	Laboratorium ond.	J/N	?	Nee	CH overheid	?	?	Ja	Ja	J/N	Deel vd deelnemers werkt in het bedrijf
Haac 2019	1043	VS	Dwarsdoorsnede ond.	J/N	Ja	Ja	Overheid	Circa 20%	J/N	Ja	Ja	Ja	
Hübner 2019	2422	DE, CH en VS	Dwarsdoorsnede ond.	J/N	Nee	Nee	Overheid,	25%, 22%	Nee	Ja	ee: deels nie	Ja	Steekproeven 2009 en 2016, nogal uiteen
Pohl 2018	212 (en 133)	Duitsland	Longitudinaal ond.	J/N	?	J/N	Overheid, WT-bedrijf	36%, 23%	Ja	Ja	ook psychol	J/N	Aanbevelingen hoe annoyance te verminderen
Krogh 2019	67	Canada	Kwalitatief ond., pilot	Nee	Nvt	Nee	Prive, NGOs	67 ipv 25	Nvt	Ja	Ja	J/N	Een artikel met meer deelnemers zal volgen
2.2 Slaapverstoring													
2.2.1 Reviews													
Basner 2018	74		Syst literatuuronderzoek										Geschreven voor de WHO
Van Kamp 2020a		Zie regel 7	Scoping review										
Van Kamp 2020b		Zie regel 8	Syst lit ond										
Micic 2018			Niet-systematisch literatuuronderzoek										Bespreking blijft achterwege.
Freiberg 2019			Systematische scoping review										
2.2.2 Oorspronkelijke studies													
Lane 2016	22	Canada	Veldonderzoek, piloot	J/N	Nee	Nee	Univ?	43%	?	Nee	Ja	J/N	Deelnemers vinden steeds moeilijker vanwege lobbywerk
Poulsen 2019a	584891/ 583968	Denemarken	Prospectief cohortond.	Ja	Ja	Ja	Overheid	Nvt	Nvt	Nee	Ja	Ja	Diagnose niet gemeten, andere indic.,gebaseerd op alg. pop.
Radun 2019		Zie regel ...	Dwarsdoorsnede ond.										
Morsing 2018	12	Zweden	Laboratorium ond., pilot	Nee	Nee	Nee	Overheid	Nvt	Nvt	Nee	Ja	Ja	Polysomnografie en vragenlijsten
Smith 2020	50	Zweden	Laboratorium ond.	Ja	Nee	Nee	Overheid (CoI)	?	Nee	Nee	Ja	Ja	Mogelijk zelf-selectie bias bij deelnemers
Song 2016		Zie regel...	Dwarsdoorsnede ond.										
Kageyama 2016	1079	Japan	Dwarsdoorsnede ond.	J/N	?	Nee	Overheid	?	Nee	Nee	Ten dele	Ja	Deelnemers niet geinformeerd over doel onderzoek
Michaud 2016a	1238	Canada	Dwarsdoorsnede ond.	Elders	Nee	Nee	Univ, bedrijf	?	Nee	Ja	Ja	J/N	Deelnemers niet geinformeerd over doel onderzoek
2.3 Effecten op hart- en vaatstelsel													
Reviews.													
Van Kempen 2018		NL, SE, CH	Syst lit ond										Gaat over blootstelling aan alle vormen van omgevingsgeluid
Van Kamp 2020a		Zie regel...	Scoping review										

Onderzoeker	n	Land	Soort onderzoek	Kenmerken deelnemers	Representatieve steekproef	Steekproef-verantwoording	Sponsoren	Respons-%age	Analyse non-responders	Aanbevelingen	Adequate meetinstrumenten	Bespreking sterke en zwakke punten	Opmerkingen
Oorspronkelijke studies													
Michaud 2018c		CNHS zie nr	Dwarsdoorsnede ond.										
Poulsen 2018a	535.675	Denemarken	Prospectief cohortond. Zie Poulsen 2019a										Voorschrijfindicatie niet bekend
Poulsen 2019b	711.249	Denemarken	Prospectief cohortond. Zie Poulsen 2019a										
Bräuner 2018	23.994	Denemarken	Prospectief cohortond.	Ja	Nvt	Nvt	Overheid, Hart Sticht	86%	Nee	Nee	Ja	Ja	Geen causale inferenties mogelijk, lage WT's
Bräuner 2019a	28.731	Denemarken	Prospectief cohortond. Idem										Risico expositie misclassificatie
Bräuner 2019b	28.731	Denemarken	Prospectief cohortond. Idem										
2.4 Metabole effecten													
Reviews.													
Van Kempen 2018			Syst literatuuronderzoek										Gaat over blootstelling aan alle vormen van omgevingsgelduid
Van Kamp 2020a		Zie regel 7	Scoping review										
Oorspronkelijke studies													
Michaud 2016b	1238	Canada	Zie Michaud 2018a										Selectie gezondheidsitems is niet verantwoord door de auteurs
Poulsen 2018b	614.731	Denemarken	Zie Poulsen 2019 a										
2.5 Cognitieve en mentale effecten													
Reviews.													
Clark 2018			Syst literatuuronderzoek				WHO						Zie hiervoor de tekst
Clark 2020		Australie											
Freiberg 2019		Zie regel…	Scoping review										
Oorspronkelijke studies													
Poulsen 2018c	135.795	Denemarken	prospectief cohortond. Poulsen 2019a										Inde hoogste blootstellingscategorieen weinig zw.schappen
2.6 Andere sociale en fysieke aspecten													
Reviews.													
Simos 2019			Syst lit onderzoek met beperkingen										
Freiberg 2019			Scoping review										
2.6.1 Visuele aspecten													
Reviews.													
Freiberg 2019			Scoping review										
Oorspronkelijke studies.													
Delicado 2017		Portugal	Analyse van mediaberichten en off docs										Niet verder geanalyseerd
Grima-Murcia 2017	14	Spanje	Laboratoriumonderzoek	J/N	Nee	Nee	Overheid	Nvt	Nvt	Nee	Ja	Nee	Enigszins ongebruikelijk onderzoek
Lamy 2017	15	VS	Semi-gestructureerde interviews	Ja	Nee	Nee	Overheid	Nvt	Nvt	Ja	Nvt	Nee	
Frantal 2017	474	Tjechië	Dwarsdoorsnede onderzoek	J/N	Nee	Nee	Overheid?	?	Nee	Ja	Ja	Nee	Veel Oost-Europees onderzoek id lijst
Sklenicka 2018	400	Tjechië	Ontwikkeling van een model	J/N	Nee	Nee	Overheid	?	Nee	Ja	Onduidelijk	Nee	Instrumentontwikkeling voor meten visuele impact
Landeta-Manzano 2018		Spanje	Single case study										Onderzoek naar acties fabrikant om acceptatie te verwerven

Onderzoeker	n	Land	Soort onderzoek	Kenmerken deelnemers	Representatieve steekproef	Steekproef-verantwoording	Sponsoren	Respons-%age	Analyse non-responders	Aanbevelingen	Adequate meetinstrumenten	Bespreking sterke en zwakke punten	Opmerkingen
2.6.2 Contextuele en andere factoren													
Ansensio 2017													Gaat over vliegverkeer, is niet beoordeeld
Iercher 2017													Daat over autoverkeer, is niet beoordeeld
Haubrich 2020													Gaat over vlieggeluid, is niet beoordeeld
Van Kamp 2013		Zie regel...	Niet-systematisch literatuuronderzoek										
Smith 2020		Zie regel	Laboratoriumonderzoek										
Klaeboe 2016		Zie regel..	Vragenlijst onderzoek										
Michaud 2016a		Zie regel...	Dwarsdoorsnede-onderzoek										
Song 2016		Zie regel...	Dwarsdoorsnede 0nd										
Kageyama 2016		Zie regel..	Dwarsdoorsnede onderzoek										
Beuret t/m Saeporsdottir			Niet geanalyseerd										Gaat over maatschappelijke aanvaardheid, niet geanalyseerd
Clark 2018		Australië	Interview	Nee	Nee	Nee	Overheid	Nee	Nee	Nee	Ja	J/N	
Wen 2018		China en VK	Voorstel nieuwe meta-analyse techniek	Nvt	Nvt	Nvt	Overheid	Nvt	Nvt	Ja	Nieuw	J/N	Gaat over WTP (pay) en WTA (accept)
Thomson 2018	2000	VS	Dwarsdoorsnede-onderzoek	J/N	?	Nee	Univ. en bedrijf?	34,10%	Nee	J/N	Ja	Nee	
3.1 Hoorbaarheid IG en LFG													
Reviews.													
Carlisle 2018			Niet-systematisch literatuur ond										Niet bruikbaar om conclusies op te baseren, namelijk selctief
Van de Berg 2017		Zie regel	RIVM-rapport 2017										
Oorspronkelijke studies													
Krahe 2020	39	Duitsland	Laboratorium ond	Nazien	Nee	Nee	Overheid	Nvt	Nvt				
Behler 2020	19	Duitsland	Laboratorium ond.	J/N	Nee	Nee	Overheid	Nvt	Nvt	Nee	Ontw./nieuw	J/N	Hypothese genererend
Burke 2019	13	Duitsland	Laboratorium ond.	J/N	Nee	Nee	Overheden	Nvt	Nvt	Nee		Ja	Hypothese testend ond.
Weichenberger 2017	14	Duitsland	Laboratorium ond.	J/N	Nvt	Nvt	?	Nvt	Nvt	Nee	Ontw./nieuw	J/N	Hypothese genererend ond.
Jurado 2020a	11	Engeland??	Laboratorium ond.	J/N	Nvt	Nvt	Overheid	Nvt	Nvt	J/N	Nieuw		Hypothese-genererend onderzoek
Marquardt 2018	12	Engeland??	Laboratorium ond.	J/N	Nvt	Nvt	Overheid	Nvt	Nvt	Nee	Nieuw	J/N	Hypothese genererend
Jurado 2019	24	Equador	Laboratorium ond.	J/N	Nee	Nee	?	Nvt	Nvt	Nee	Nieuw	J/N	Hypothese genererend
Koch 2017	16	Duitsland	Laboratorium ond.										Congres paper, niet verder geanalyseerd
3.2 Lagere frequenties ivm normaal geluid													
Reviews.													
Van Kamp 2017		Nederland	Syst. lit ond van dwarsdoorsnede-ond.										
Tonin 2017		Australië	Niet-systematisch literatuurond. +2 exp.										Vanwege de niet-systematische opzet geen verdere details
Lubner 2020		VS	Systematisch lit. ond. met beperkingen										Vanwege de niet-systematische opzet geen verdere details
Oorspronkelijke studies													
Krahe 2019	27	Duitsland	Klachtenanalyse	Nvt	Nvt	Nvt	Univ.?	Nvt	Nvt	Nee	Ontw	J/N	Congrespaper, niet gepubliceerd in wetenschappelijk tijdschrift
Stevens 2018	21	Australië	Laboratoriumonderzoek	Nee	Nvt	Nvt	Univ.?	Nvt	Nvt	Nee	Nieuw	Nee	Congrespaper, niet gepubliceerd in wetenschappelijk tijdschrift
Maijala 2020	1351	Finland	Vragenlijst ond, lab ond en veld ond				Overheid						Niet gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift
Krahe 2020		Zie regel...	Laboratoriumonderzoek										
3.3 Onhoorbaar geluid													
Jurado 2020b	15	Engeland??	Laboratoriumonderzoek	J/N	Nvt	Nvt	Univ.?	Nvt	Nvt	Nee	Nieuw	J/n	
Lubner 2020		Zie regel...	Systematisch lit. ond. met beperkingen										
Krahe 2020		Zie regel...	Laboratoriumonderzoek										
3.4 Effect van trillingen													
Reviews.													
Nguyen 2020	3	Australie	Veldonderoek	Nee	Nee	Nee	Overheid	Nvt	Nvt	Nee	Nieuw	J/N	Exploratief onderzoek
Oorspronkelijke studies													
Takahashi 2017		Japan	Abstract										Niet geanalyseerd omdat het geen wetenschappelijk artikel is
Takahashi 2013	14	Japan	Laboratoriumonderzoek	J/N	Nee	Nee	Overheid	Nvt	Nvt	Nee	Nieuw	J/N	Hypothese-genererend onderzoek
Krahe 2020		Zie regel...	Laboratoriumonderzoek										

Appendix E.

Literatuurlijst van het oorspronkelijke RIVM-rapport.

Deze lijst is rechtstreeks gekopieerd uit het RIVM-rapport

Ansensio, César, Gasco Sanchez, Luis, Arcas, G.(2017) A Review of Non-Acoustic Measures to Handle Community Response to Noise around Airports, Current Pollution Reports 3(3):230–244.

Bakker, R. H., Pedersen, E., van den Berg, G. P., Stewart, R. E., Lok, W., & Bouma, J. (2012). Impact of wind turbine sound on annoyance, self-reported sleep disturbance and psychological distress. Science of the total environment, 425, 42-51.

Baliatsas, C., Kamp, I. van, Bolte, J., Schipper, M., Yzermans, J., Lebret, E.(2012) Non-specific physical symptoms and electromagnetic field exposure in the general population: can we get more specific? A systematic review. Environment International: 2012, 41(1), 15-28

Basner, M. and S. McGuire (2018). "WHO environmental noise guidelines for the european region: A systematic review on environmental noise and effects on sleep." International Journal of Environmental Research and Public Health 15(3).

Behler and Uhlenkamp (2020): Behler, O. and S. Uppenkamp (2020). "Activation in human auditory cortex in relation to the loudness and unpleasantness of low-frequency and infrasound stimuli." PLoS ONE 15(2).

Beuret, JE. (2016). Is trust negotiable? Building a place-based general interest for the acceptance of the Saint Brieuc and Saint Nazaire offshore wind farms. Geographie Economie Societe, 2016; 18(3):335-58.

Botelho A, Arezes P, Bernardo C, Dias H, Pinto LMC (2017) Effect of Wind Farm Noise on Local Residents' Decision to Adopt Mitigation Measures Int J Environ Res Public Health. 2017 Jul 11;14(7).

Bräuner, E. V., Jørgensen, J. T., Duun-Henriksen, A. K., Backalarz, C., Laursen, J. E., Pedersen, T. H., ... & Andersen, Z. J. (2018). Long-term wind turbine noise exposure and incidence of myocardial infarction in the Danish nurse cohort. Environment international, 121, 794-802.

Bräuner, E. V., Jørgensen, J. T., Duun-Henriksen, A. K., Backalarz, C., Laursen, J. E., Pedersen, T. H., ... & Andersen, Z. J. (2019a). Long-term wind turbine noise exposure and the risk of incident atrial fibrillation in the Danish Nurse cohort. Environment international, 130, 104915.

Bräuner, E. V., Jørgensen, J. T., Duun-Henriksen, A. K., Backalarz, C., Laursen, J. E., Pedersen, T. H., ... & Andersen, Z. J. (2019b). Association Between Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and the Risk of Stroke: Data From the Danish Nurse Cohort. Journal of the American Heart Association, 8(14), e013157.

Brennan, N., Van Rensburg, T.M. & Morris, C. (2017). Public acceptance of large-scale wind energy generation for export from Ireland to the UK: evidence from Ireland. Journal of Environmental Planning and Management, 60:11, 1967-1992.

Burke, E., Hensel, J., Fedtke, T., Uppenkamp, S., & Koch, C. (2019). Detection Thresholds for Combined Infrasound and Audio-Frequency Stimuli. Acta Acustica united with Acustica, 105(6), 1173-1182.

Carlile S., Davy J.L., Hillman D., Burgemeister K. (2018). A Review of the Possible Perceptual and Physiological Effects of Wind Turbine Noise. Trends in Hearing, 23.

Clark C., Crumpler C., Notley H (2020) Evidence for environmental noise effects on health for the United Kingdom policy context: A systematic review of the effects of environmental noise on mental health,

wellbeing, quality of life, cancer, dementia, birth, reproductive outcomes, and cognition International Journal of Environmental Research and Public Health (2020) 17:2 Article Number: 393.

Clark, C. and K. Paunovic (2018). "Who environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and quality of life, wellbeing and mental health." International Journal of Environmental Research and Public Health 15(11).

Clark, S. and L. C. Botterill (2018). "Contesting facts about wind farms in Australia and the legitimacy of adverse health effects." Health (London, England : 1997) 22(4): 337-355.

Cooper, S (2014): The results of an acoustic testing program Cape Bridgewater wind farm. The Acoustic Group, report 44.5100.R7:MSC, 2014

Delicado, A., Truninger, M., Figueiredo, E., Silva, L. & Horta, A. (2017). A Blot on the landscape: Consensus and Controversies on Wind Farms in Rural Portugal. Emerald Publishing Limited, 2017; 179-195.

EARS Communiqué (2015). Ears Project Communiqué: Assessment and safety of non-audible sound. June 2015

Frantál, B., Van Der Horst, D., Kunc, J., Jaňurová, M. (2017). Landscape disruption or just a lack of economic benefits? Exploring factors behind the negative perceptions of wind turbines. Journal of Landscape Ecology, 15(2):139-47.

Freiberg, A., Schefter, C., Girbig, M., Murta, V. C., & Seidler, A. (2019). Health effects of wind turbines on humans in residential settings: Results of a scoping review. Environmental research, 169, 446-463.

Freiberg, A., Schefter, C., Hegewald, J. & Seidler, A. (2019). The influence of wind turbine visibility on the health of local residents: a systematic review. Int Arch Occup Environ Health 92, 609–628.

Gölz, S. & Wedderhoff, O. (2018). Explaining regional acceptance of the German energy transition by including trust in stakeholders and perception of fairness as socio-institutional factors. Energy Research and Social Science, 43: 96-108.

Grima Murcia, M.D., Sanchez Ferrer, F., Sorinas, J., Ferrandez, J.M. & Fernandez, E. J. (2017). Application of electroencephalographic techniques to the study of visual impact of renewable energies. Journal of Environmental Management, 2017 Sep 15;200:484-9.

Guski, Rainer Dirk Schreckenberg and Rudolf Schuemer (2017) WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 14(12), 1539; https://doi.org/10.3390/ijerph14121539 - 08 Dec 2017

Haac, T. R., Kaliski, K., Landis, M., Hoen, B., Rand, J., Firestone, J., ... & Pohl, J. (2019). Wind turbine audibility and noise annoyance in a national US survey: individual perception and influencing factors. The Journal of the Acoustical Society of America, 146(2), 1124-1141..

Haubrich, Julia Narcisa E. Burtea Paul Hooper Rebecca Hudson Dan Radulescu Fiona Raje Dirk Schreckenberg (2020) Foundations for a comprehensive approach of acoustic and non-acoustic measures of aircraft noise annoyance mitigation Aerospace Europe conference, Bordeaux, France.

Hongisto V, Oliva D, Keranen J (2017) Indoor noise annoyance due to 3-5 megawatt wind turbines-An exposure-response relationship. J Acoust Soc Am. 2017 Oct;142(4):2185.

Hübner, G., Pohl, J., Hoen, B., Firestone, J., Rand, J., Elliott, D., & Haac, R. (2019). Monitoring annoyance and stress effects of wind turbines on nearby residents: A comparison of US and European samples. Environment international, 132, 105090.ISO/TS 15666:2003(en) Acoustics — Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys https://www.iso.org/standard/28630.html.

Janhunen, S., Hujala, M. & Pätäri, S. (2018). The acceptability of wind farms: the impact of public participation. Journal of Environmental Policy & Planning, 20:2, 214-235.

Janssen, S.A., Vos, H , Eisser AR, Pedersen E. (2011) A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. J Acoust Soc Am 130(6): 3746-3753.

Jurado C, D Gordillo, BCJ Moore (2019): On the loudness of low-frequency sounds with fluctuating amplitudes. Journal of the Acoustical Society of America, v146 n2 1142-1149.

Jurado and Marquardt (2020b): On the Effectiveness of airborne infrasound in eliciting vestibular-evoked myogenic responses. Jurado C, T Marquardt. Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control, v39 n1 3-16.

Jurado, C., & Marquardt, T. (2020a). Brain's Frequency Following Responses to Low-Frequency and Infrasound. Archives of Acoustics, 45(2), 313-319.

Kageyama, T., Yano, T., Kuwano, S., Sueoka, S., & Tachibana, H. (2016). Exposure-response relationship of wind turbine noise with self-reported symptoms of sleep and health problems: A nationwide socioacoustic survey in Japan. Noise & health, 18(81), 53.

Keith, S. E., Feder, K., Voicescu, S. A., Soukhovtsev, V., Denning, A., Tsang, J., ... & van den Berg, F. (2016). Wind turbine sound pressure level calculations at dwellings. The Journal of the Acoustical Society of America, 139(3), 1436-1442.

Kim, H., Cho, S.H. & Song, S. (2018). Wind, power, and the situatedness of community engagement. Public Underst Sci, 28(1):38-52.

Klaeboe R, Sundfor HB. Windmill Noise Annoyance, Visual Aesthetics, and Attitudes towards Renewable Energy Sources. International journal of environmental research and public health. 2016;

Koch (2017): Hearing beyond the limit: Measurement, perception and impact of infrasound and ultrasonic noise. Koch C, M Brink. 12th ICBEN Congress on noise as a public health problem, 2017

Kongprasit, S., Waewsak, J., Chaichana, T. In: Waewsak J, S OT, Gagnon Y, Sangkharak K, editors. (2017). Wind Turbine and Local Acceptance in Southern Thailand C3 - Energy Procedia. Elsevier Ltd, 138: p. 380-5.

Krahe (2019): Proposal of a procedure assessing the annoyance of low-frequency noise and infranoise C3 - INTER-NOISE 2019 MADRID - 48th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering

Krahé D, Alaimo Di Loro A, Müller U, Elmenhorst E, De Gioannis R, Schmitt S, Belke C, Benz S, Großarth S, Schreckenberg D, Eulitz C, Wiercinski B, Möhler U. Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen (Noise effects from infrasound immissions). Report Umweltbundesamt (German Environmental Agency), 2020, available at https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/laermwirkungen-von-infraschallimmissionen (report in German with English summary)

Krogh, C. M., McMurtry, R. Y., Dumbrille, A., Hughes, D., & Gillis, L. (2020). Preliminary Results: Exploring Why Some Families Living in Proximity to Wind Turbine Facilities Contemplate Vacating Their Homes—A Community-Based Study. Open Access Library Journal, 7, e6118.Lamy, J., Azevedo, I.M.L., de Bruine, W., Morgan, M.G. Perceptions of wind energy projects in two coastal Massachusetts communities. Electricity Journal. 2017;30(7):31-42.

Landeta-Manzano, B., Arana-Landín, G., Calvo, P.M. & Heras-Saizarbitoria, I. (2018). Wind energy and local communities: A manufacturer's efforts to gain acceptance. Energy Policy, 121:314-24.

Lane JD, Bigelow PL, Majowicz SE, McColl RS (2016) Impacts of Industrial Wind Turbine Noise on Sleep Quality: Results From a Field Study of Rural Residents in Ontario, Canada. J Environ Health. 2016 Jul;79(1):8-12.

Langer, K., Decker, T. & Menrad, K. (2017). Public participation in wind energy projects located in Germany: Which form of participation is the key to acceptance? Renewable Energy, 2017;112:63-73.

Langer, K., Decker, T., Roosen, J. & Menrad, K. (2018). Factors influencing citizens' acceptance and non-acceptance of wind energy in Germany. Journal of Cleaner Production, 175:133-44.

Lercher, Peter, Bert De Coensel, Luc Dekonink, and Dick Botteldooren Community Response to Multiple Sound Sources: Integrating Acoustic and Contextual Approaches in the Analysis Int J Environ Res Public Health. 2017 Jun; 14(6): 663. Published online 2017 Jun 20. doi: 10.3390/ijerph14060663 PMID: 28632198

Liebe, U., Bartczak, A.& Meyerhoff, J. (2017). A turbine is not only a turbine: The role of social context and fairness characteristics for the local acceptance of wind power. Energy Policy, 107:300-8.

Lubner RJ , Kondamuri NS , Knoll RM , Ward BK , Littlefield PD , Rodgers D , Abdullah KG , Remenschneider AK , Kozin ED. (2020) Review of Audio vestibular Symptoms Following Exposure to Acoustic and Electromagnetic Energy Outside Conventional Human Hearing. Frontiers in neurology, 11: 234.

Macdonald, C., Glass, J. & Creamer, E. (2017). What Is the Benefit of Community Benefits? Exploring Local Perceptions of the Provision of Community Benefits from a Commercial Wind Energy Project. Scottish Geographical Journal, 2017;133(3-4):172-91.

Maijala P, A Turunen, I Kurki, L Vainio,S Pakarinen, C Kaukinen, K Lukander, P Tiittanen, T Yli-Tuomi, P Taimisto, T Lanki,,K Tiippana, J Virkkala, E Stickler, M Sainio. Infrasound does not explain symptoms related to wind turbines.Report of the Prime Minister's Office, Helsinki 2020

Marquardt and Jurado (2018): Amplitude Modulation May Be Confused with Infrasound. Marquardt T, C Jurado. Acta Acustica united with Acustica, Vol. 104 (2018) 825 – 829

Michaud DS, Keith SE, Feder K, Voicescu SA, Marro L, Than J, et al (2016a) Personal and situational variables associated with wind turbine noise annoyance. The Journal of the Acoustical Society of America. 139:1455-66.

Michaud, D. S., Feder, K., Keith, S. E., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., ... & Lavigne, E. (2016b). Exposure to wind turbine noise: perceptual responses and reported health effects. The Journal of the Acoustical Society of America, 139(3), 1443-1454.

Michaud DS, Feder K, Keith SE, Voicescu SA, Marro L, Than J, Guay M, Denning A, Murray BJ, Weiss SK, Villeneuve PJ. (2016c) Effects of wind turbine noise on self-reported and objective measures of sleep. Sleep. J1;39(1):97

Michaud, D. S., Feder, K., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., Guay, M., ... & Villeneuve, P. (2018a). Clarifications on the design and interpretation of conclusions from health Canada's study on wind turbine noise and health. Acoustics Australia, 46(1), 99-110.

Michaud, D. S., Leonora Marro and James McNamee (2018b). "Derivation and application of a composite annoyance reaction construct based on multiple wind turbine features." Canadian journal of public health = Revue canadienne de sante publique 109(2): 242-251.

Michaud, D. S., Leonora Marro and James McNamee (2018c). "The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations." Canadian journal of public health = Revue canadienne de sante publique 109(2): 252-260.

Micic, G., Zajamsek, B., Lack, L., Hansen, K., Doolan, C., Hansen, C., ... & Mercer, J. (2018). A review of the potential impacts of wind farm noise on sleep. Acoustics Australia, 46(1), 87-97.

H. Møller and C. S. Pedersen, Human hearing at low frequencies, Noise Health 6 (23), 37–57 (2004).α

Morsing, Ageborg J., Smith, M. G., Ögren, M., Thorsson, P., Pedersen, E., Forssén, J., & Persson Waye, K. (2018). Wind turbine noise and sleep: Pilot studies on the influence of noise characteristics. International journal of environmental research and public health, 15(11), 2573.

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

Pawlaczyk-Łuszczyńska, M., Zaborowski, K., Dudarewicz, A., Zamojska-Daniszewska, M., & Waszkowska, M. (2018). Response to noise emitted by wind farms in people living in nearby areas. International journal of environmental research and public health, 15(8), 1575.

Pedersen, E. , Kerstin Persson Waye (2007). Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments Occupational and environmental medicine, 2007, 64.7: 480-486.

Pedersen, E. (2011) Health aspects associated with wind turbine noise: Results from three field studies. Noise Control Eng. J. 2011, 59, 47–53.

Pohl, J., Gabriel, J., & Hübner, G. (2018). Understanding stress effects of wind turbine noise–The integrated approach. Energy Policy, 112, 119-128.

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., ... & Sørensen, M. (2018a). Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: a nationwide cohort study. Environment international, 121, 207-215.

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., ... & Sørensen, M. (2018b). Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes: a nationwide cohort study. Environmental research, 165, 40-45.

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., ... & Sørensen, M. (2018c). Pregnancy exposure to wind turbine noise and adverse birth outcomes: a nationwide cohort study. Environmental research, 167, 770-775.

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., ... & Sørensen, M. (2019a). Impact of long-term exposure to wind turbine noise on redemption of sleep medication and antidepressants: a nationwide cohort study. Environmental health perspectives, 127(3), 037005.

Poulsen, A. H., Raaschou-Nielsen, O., Peña, A., Hahmann, A. N., Nordsborg, R. B., Ketzel, M., ... & Sørensen, M. (2019b). Long-term exposure to wind turbine noise and risk for myocardial infarction and stroke: a nationwide cohort study. Environmental health perspectives, 2019(3), 037004.

Radun J, Hongisto V, Suokas M. (2019) Variables associated with wind turbine noise annoyance and sleep disturbance. Building and Environment. 150:339-48.

Sæþórsdóttir, A.D., Ólafsdóttir, R., Smith, D. (2018). Turbulent times: tourists' attitudes towards wind turbines in the Southern Highlands in Iceland. International Journal of Sustainable Energy. 2018;37 (9):886-901.

Salt A.N., Hullar T.E., Responses of the ear to low frequency sounds, infrasound and wind turbines. Hearing research. 2010 Sep 1;268(1):12-21.

Schäffer, B., Pieren, R., Schlittmeier, S. J., & Brink, M. (2018). Effects of different spectral shapes and amplitude modulation of broadband noise on annoyance reactions in a controlled listening experiment. International journal of environmental research and public health, 15(5), 1029.

Schäffer, B., Pieren, R., Hayek, U. W., Biver, N., & Grêt-Regamey, A. (2019). Influence of visibility of wind farms on noise annoyance–A laboratory experiment with audio-visual simulations. Landscape and Urban Planning, 186, 67-78.

Scherhaufer, P., Höltinger, S., Salak, B., Schauppenlehner, T. & Schmidt, J. (2018). A participatory integrated assessment of the social acceptance of wind energy. Energy Research and Social Science, 45:164-172.

Scherhaufer, P., Höltinger, S., Salak, B., Schauppenlehner, T. & Schmidt, J. (2017). Patterns of acceptance and non-acceptance within energy landscapes: Acase study on wind energy expansion in Austria. Energy Policy, 109:863-70.

Simos, J., Cantoreggi, N., Christie, D. &Forbat, J. (2018). Wind turbines and health: a review with suggested recommendations. Environnement Risques & Santé, 2018; 18: 1-11

Sklenicka, P. & Zouhar, J. (2018). Predicting the visual impact of onshore wind farms via landscape indices: A method for objectivizing planning and decision processes. Applied Energy, 209:445-54.

Smith M.G., Ögren M., Thorsson P., Hussain-Alkhateeb L., Pedersen E., Forssén J., Ageborg Morsing J., Persson Waye K (2020) A laboratory study on the effects of wind turbine noise on sleep: Results of the polysomnographic WiTNES study. Sleep (2020).

Song K, Di G, Xu Y, Chen X. Community survey on noise impacts induced by 2MW wind turbines in China. Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control. 2016; 35:279-90.

Sonnberger, M. & Ruddat, M. (2017). Local and socio-political acceptance of wind farms in Germany. Technology in Society, 2017;51:56-65.

Stevens FL , Hurley RA , Taber KH. Stevens et al, 2011: Anterior cingulate cortex: unique role in cognition and emotion. Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences. Spring; 23(2): 121-5.

Stevens and Martens (2018): Stevens, M. and W. L. Martens (2019). The influence of binaural incoherence on annoyance reported for unpleasant low frequency sound C3 - Australian Acoustical Society Annual Conference, AAS 2018, Australian Acoustical Society.

Takahashi, Y. (2013) Vibratory sensation induced by low-frequency noise: The threshold for ``vibration perceived in the head'' in normal-hearing subjects. Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control 32, no. 1/2, (2013): 1-10, 2013.

Takahashi, Y. (2017): Study on the relationship between unpleasantness and perception of vibration in the head of subjects exposed to low-frequency noise C3 - Takahashi Y. INTER-NOISE 2017 - 46th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering

Thomson, H. & Kempton, W. (2018). Perceptions and attitudes of residents living near a wind turbine compared with those living near a coal power plant. Renewable Energy, 123:301-11.

Tonin (2017): A Review of Wind Turbine-Generated Infrasound: Source, Measurement and Effect on Health. Tonin R Acoustics Australia. 2018;46(1):69-86.

van den Berg, F., & van Kamp, I. (2017). Health effects related to wind turbine sound. Commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN)

Van Den Berg, F., Pedersen, E., Bouma, J., & Bakker, R. (2008). Visual and acoustic impact of wind turbine farms on residents.. Final report.https://www.rug.nl/research/

Van Kamp I, Breugelmans O, Van Poll R, Baliatsas C, Van Kempen E. (2017): Determinants of annoyance from humming sound as indicator of low frequency noise C3 - In: McMinn T, Duncan A, editors. Proceedings of ACOUSTICS 2017 Perth: Sound, Science and Society - 2017

van Kamp, I., & van den Berg, F. (2018). Health effects related to wind turbine sound, including low-frequency sound and infrasound. Acoustics Australia, 46(1), 31-57.

van Kamp, I., Simon, S., Notley, H., Baliatsas, C., & van Kempen, E. (2020a). Evidence Relating to Environmental Noise Exposure and Annoyance, Sleep Disturbance, Cardio-Vascular and Metabolic Health Outcomes in the Context of IGCB (N): A Scoping Review of New Evidence. International journal of environmental research and public health, 17(9), 3016.

van Kamp, I., van Kempen, E. E. M. M., Simon, S. N., & Baliatsas, C. (2020b). Review of Evidence Relating to Environmental Noise Exposure and Annoyance, Sleep Disturbance, Cardio-Vascular and Metabolic Health Outcomes in the Context of the Interdepartmental Group on Costs and Benefits Noise Subject Group (IGCB (N)). RIVM Report 2019-0088; Netherlands.

Van Kempen, E., Casas, M., Pershagen, G., & Foraster, M. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: a summary. International journal of environmental research and public health, 15(2), 379.

Vanneste and De Ridder, 2012: The auditory and non-auditory brain areas involved in tinnitus. An emergent property of multiple parallel overlapping subnetworks. Vanneste S, D De Ridder. Frontiers in Systems Neuroscience, v6 (20120508)

Weichenberger, M., Kühler, R., Bauer, M., Hensel, J., Brühl, R., Ihlenfeld, A., ... & Kühn, S. (2015). Brief bursts of infrasound may improve cognitive function–An fMRI study. Hearing Research, 328, 87-93.

Weichenberger M, Bauer M, Kühler R, Hensel J, Forlim CG, Ihlenfeld A, et (2017): Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold- Evidence from fMRI. al (2017). PLoS ONE 12(4): e0174420

Wen, C., Dallimer,M., Carver, S. & Ziv, G. (2018). Valuing the visual impact of wind farms: A calculus method for synthesizing choice experiments studies. Total Environ, 1;637-638:58-68.

WHO, 1946. Constitution of the World Health Organization: principles. World Health Organization. ⟨http://www.who.int/about/mission/en/⟩ (accessed 12 September 018).

WHO, Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018) WHO, Bonn.

Wüstenhagen, R., M. Wolsink, M.J. Bürer. Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. Energy policy 35 (5), 2683-2691, 2013

Zaunbrecher, B.S. and M. Ziefle, Integrating acceptance-relevant factors into wind power planning: A discussion. Sustainable Cities and Society, 2016. 27: p. 307-314

Appendix F.

Over de auteur.

Dick Bijl (1956) studeerde geneeskunde aan de Universiteit Utrecht. Na enkele jaren als arts-assistent inwendige geneeskunde te hebben gewerkt, deed hij zijn huisartsenopleiding in 1988. Daarna werkte hij in het Nederlands Astmacentrum Davos, Zwitserland. Na terugkeer in Nederland werkte hij als huisarts en deed hij mee aan wetenschappelijk onderzoek. In 1995 heeft hij een opleiding voor epidemioloog met speciale interesse in farmaco-epidemiologie en clinical trials afgerond. In 1995 werd Bijl redacteur van het Geneesmiddelenbulletin en in 2005 werd hij er hoofdredacteur: Deze functie vervulde hij tot juli 2017. In 2006 promoveerde hij op het proefschrift *Major depression in general practice*. In 2016 werd hij gekozen tot president van de International Society of Drug Bulletins (ISDB). Thans werkt hij als zzp'er.
Over onderwerpen die met medicatie te maken hebben geeft hij lezingen, cursussen, en schrijft daarover artikelen en boeken. Bijl is auteur van enkele honderden artikelen.
In september 2018 verscheen *Het pillenprobleem* waarin duidelijk wordt gemaakt waarom zoveel mensen medicijnen gebruiken die niet werken en niet helpen. Daarna verscheen van hem *Psychofarmaca en wetenschappelijk onderzoek met psychofarmaca* (2018), *Antidepressiva en depressie* (2019), *Griep* (2020) en *Pandemische chaos* (2021)

Appendix G.

Literatuurreferenties.

1 Diverse RIVM-rapporten en factsheet die verderop worden besproken.

2 https://www.windwiki.nl/

3 De informatie in dit en het volgende hoofdstuk is grotendeels ontleend aan hetgeen ik in mijn boeken al heb gepubliceerd: Het pillenprobleem, Psychofarmaca en wetenschappelijk onderzoek met psychofarmaca, Antidepressiva en depressie, en Griep.

4 https://www.cdc.gov/csels/dsepd/ss1978/lesson1/section7.html

5 Bouter LM, Van Dongen MCJM, Zielhuis GA, Zeegers MPA. Leerboek epidemiologie [kernboek]. Houten: Bohn Stafleu en Van Loghum, 2016.
VandenBroucke JP, Hofman A. Grondslagen der epidemiologie. Elsevier gezondheidszorg, 1999.
Bijl D, Grobbee DE. Het patiëntcontrole-onderzoek. Gebu 1999;33:127-34.
Grimes DA, Schultz KF. Bias and causal associations in observational research (Epidemiology series). Lancet 2002;359:248-52.

6 Hill AB. The environment and disease association or causation. Proc R Soc Med 1965;58:295-300.

7 Downes MJ, Brennan ML, Williams HC, Dean RS. Development of a critical appraisal tool to assess the quality of cross-sectional studies (AXIS). BMJ Open 2016;6:e011458.
De checklist uit dit onderzoek is gebruikt in een onderzoek: Freiberg, A., Schefter, C., Hegewald, J. & Seidler, A. (2019). The influence of wind turbine visibility on the health of local residents: a systematic review. Int Arch Occup Environ Health 2019;92:609–28.
Ik heb deze auteurs en ook de auteurs die de checklist hebben opgesteld benaderd met de vraag welke reacties zij op hun voorstel hebben gekregen, maar ik kreeg tot op heden geen antwoord.
In Google Scholar worden 603 referenties opgegeven waarin verwezen wordt naar dit artikel van Downes.

8 Schäffer B, Pieren R, Schlittmeier SJ, Brink M. Effects of different spectral shapes and amplitude modulation of broadband noise on annoyance reactions in a controlled listening experiment. Int J Environ Res Public Health 2018;15:1029.
Schäffer B, Pieren R, Hayek UW, Biver N, Grêt-Regamey A. Influence of visibility of wind farms on noise annoyance–A laboratory experiment with audio-visual simulations. Landscape Urban Plann 019;186:67-78.

9 WHO, Environmental Noise Guidelines for the European Region (2018) WHO, Bonn.

10 https://cca-reports.ca/wp-content/uploads/2018/10/windturbinenoisefullreporten.pdf

11 Verheijen E, Jabben J, Schreurs E, Koeman T, van Poll R, du Pon B. Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid. RIVM-rapport 680300007/2009.

12 van den Berg F, van Kamp I. (2017). Health effects related to wind turbine sound. Commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN).

13 Van Kamp I, Van den Berg F. Gezondheidseffecten van windturbinegeluid. RIVM-rapport 2020-0214. Doi 10.21945 RIVM-2020-0214.

14 Reedijk M, Van Kamp I, Hin J. Factsheet gezondheidseffecten van windturbinegeluid. RIVM juli 2021.

15 Van Kamp I, Van den Berg F. Health effects related to wind turbine sound: an update. Int J Environ Res Public Health 2021;18:9133.

16 Wolsink M. Maatschappelijke acceptatie van windenergie: houdingen en oordelen van de bevolking.Amsterdam: Thesis publishers, 1990.

17 van den Berg F, van Kamp I. (2017). Health effects related to wind turbine sound. Commissioned by the Swiss Federal Office for the Environment (FOEN).

18 Het RIVM begint in hoofdstuk 4 met de conclusies uit hoofdstuk 3, maar dat laatste moet hoofdstuk 2 zijn. Dit is een van de vele slordigheden in het rapport.

19 Van Kamp I, Davies H. Noise and health in vulnerable groups: a review. Noise Health 2013;15:153-9.

20 Van Kamp I, Breugelmans O, Van Poll R, Baliatsas C, Van Kempen E. Determinants of annoyance from humming sound as indicator of low frequency noise C3 - In: McMinn T, Duncan A, editors. Proceedings of ACOUSTICS 2017 Perth: Sound, Science and Society – 2017.

21 Guski R, Schreckenberg D, Schuemer R. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. Int J Environ Res Public Health 2017;14:1539. https://doi.org/10.3390/ijerph14121539 - 08 Dec 2017

22 Janssen SA, Vos H, Eisses AR, Pedersen E. A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. J Acoust Soc Am 2011;130:3746–53. Kuwano S, Yano T, Kageyama T, Sueoka S, Tachibanae H. Social survey on wind turbine noise in Japan. Noise Control Eng J 2014;62:503–20.

23 van Kamp I, Simon S, Notley H, Baliatsas C, van Kempen, E. (2020a). Evidence Relating to Environmental Noise Exposure and Annoyance, Sleep Disturbance, Cardio-Vascular and Metabolic Health Outcomes in the Context of IGCB (N): A Scoping Review of New Evidence. . Int J Environ Res Public Health 2020;17:3016.

24 van Kamp I, van Kempen EEMM, Simon SN, Baliatsas C. (2020b). Review of Evidence Relating to Environmental Noise Exposure and Annoyance, Sleep Disturbance, Cardio-Vascular and Metabolic Health Outcomes in the Context of the Interdepartmental Group on Costs and Benefits Noise Subject Group (IGCB (N)). RIVM Report 2019-0088; Netherlands.

25 Simos J, Cantoreggi N, Christie D, Forbat J. Wind turbines and health: a review with suggested recommendations. Environ Risque Sante 2018;18:1-11.

26 Freiberg A, Schefter C, Girbig M, Murta VC, Seidler A. Health effects of wind turbines on humans in residential settings: Results of a scoping review. Environ Res 2019;169:446-63.

27 Klaeboe R, Sundfor HB. Windmill Noise Annoyance, Visual Aesthetics, and Attitudes towards Renewable Energy Sources. Int J Environ Res Pub Health 2016;13:746.

28 Pawlaczyk-Łuszczyńska, M., Zaborowski, K., Dudarewicz, A., Zamojska-Daniszewska, M., & Waszkowska, M. (2018). Response to noise emitted by wind farms in people living in nearby areas. . Int J Environ Res Public Health 2018;15:1575.

29 Radun J, Hongisto V, Suokas M. Variables associated with wind turbine noise annoyance and sleep disturbance. Building Environ 2019;150:339-48.

30 Song K, Di G, Xu Y, Chen X. Community survey on noise impacts induced by 2MW wind turbines in China. J Low Freq Noise Vibra Active Control 2016;35:279-90.

31 Michaud DS, Keith SE, Feder K, Voicescu SA, Marro L, Than J, et al. Personal and situational variables associated with wind turbine noise annoyance. J Acoust Soc Am 2016;139:1455-66.

32 Michaud, D. S., Feder, K., Keith, S. E., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., et al. Exposure to wind turbine noise: perceptual responses and reported health effects J Acoust Soc Am 2016;139:1443-54.

33 Keith, S. E., Feder, K., Voicescu, S. A., Soukhovtsev, V., Denning, A., Tsang, J., et al. Wind turbine sound pressure level calculations at dwellings. J Acoust Soc Am 2016;139:1436-42.

34 Michaud, D. S., Feder, K., Voicescu, S. A., Marro, L., Than, J., Guay, M., et al. Clarifications on the design and interpretation of conclusions from health Canada's study on wind turbine noise and health. Acoustics Australia 2018;46:99-110.

35 Michaud, D. S., Leonora Marro and James McNamee. "Derivation and application of a composite annoyance reaction construct based on multiple wind turbine features." Can J Pub Health 2018;109:242-51.

36 Michaud, D. S., Leonora Marro and James McNamee. "The association between self-reported and objective measures of health and aggregate annoyance scores toward wind turbine installations." Can J Pub Health 2018;109:252-60.

37 Hongisto V, Oliva D, Keranen J. Indoor noise annoyance due to 3-5 megawatt wind turbines-An exposure-response relationship. J Acoust Soc Am 2017;142:2185.

38 Botelho A, Arezes P, Bernardo C, Dias H, Pinto LMC. Effect of Wind Farm Noise on Local Residents' Decision to Adopt Mitigation Measures. Int J Environ Res Public Health 2017;14:753.

39 Schäffer B, Pieren R, Schlittmeier S J, Brink M. Effects of different spectral shapes and amplitude modulation of broadband noise on annoyance reactions in a controlled listening experiment. Int J Environ Res Pub Health 2018;15:1029.

40 Schäffer B, Pieren R, Hayek UW, Biver N, Grêt-Regamey A. Influence of visibility of wind farms on noise annoyance–A laboratory experiment with audio-visual simulations. Landscape and Urban Planning 2019;186:67-78.

41 Haac TR, Kaliski K, Landis M, Hoen B, Rand J, Firestone J, et al. Wind turbine audibility and noise annoyance in a national US survey: individual perception and influencing factors. J Acoust Soc Am 2019;146:1124-41.

42 Hübner G, Pohl J, Hoen B, Firestone J, Rand J, Elliott D, et al. Monitoring annoyance and stress effects of wind turbines on nearby residents: A comparison of US and European samples. Environment international 2019;132:105090.ISO/TS 15666:2003.

43 Pohl J, Gabriel J, Hübner G. Understanding stress effects of wind turbine noise–The integrated approach. Energy Policy 2018;112:119-28.

44 Krogh CM, McMurtry RY, Dumbrille A, Hughes D, Gillis L.Preliminary Results: Exploring Why Some Families Living in Proximity to Wind Turbine Facilities Contemplate Vacating Their Homes—A Community-Based Study. Open Access Library Journal 2020;7:e6118.

45 Basner M, McGuire S. "WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and effects on sleep." Int J Environ Res Pub Health 2018;15:519.

46 Micic G, Zajamsek B, Lack L, Hansen K, Doolan C, Hansen C, et al. A review of the potential impacts of wind farm noise on sleep. Acoustics Australia 2018;46:87-97.

47 Lane JD, Bigelow PL, Majowicz SE, McColl RS (2016) Impacts of Industrial Wind Turbine Noise on Sleep Quality: Results From a Field Study of Rural Residents in Ontario, Canada. J Environ Health 2016;79:8-12.

48 Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O, Peña A, Hahmann AN, Nordsborg RB, Ketzel M, et al. (2019a). Impact of long-term exposure to wind turbine noise on redemption of sleep medication and antidepressants: a nationwide cohort study. Environ Health Perspect 2019;127:037005.

49 Radun J, Hongisto V, Suokas M. Variables associated with wind turbine noise annoyance and sleep disturbance. Building Environ 2019;150:339-48.

50 Morsing JA, Smith MG, Ögren M, Thorsson P, Pedersen E, et al. Wind turbine noise and sleep: Pilot studies on the influence of noise characteristics. Int J Environ Res Pub Health 2018;15:2573.

51 Smith MG, Ögren M, Thorsson P, Hussain-Alkhateeb L, Pedersen E, Forssén J, et al. A laboratory study on the effects of wind turbine noise on sleep: Results of the polysomnographic WiTNES study. Sleep 2020;43:zsaa046.

52 Kageyama T, Yano T, Kuwano S, Sueoka S, Tachibana H. Exposure-response relationship of wind turbine noise with self-reported symptoms of sleep and health problems: A nationwide socioacoustic survey in Japan. Noise Health 2016;18:53.

53 Michaud DS, Feder K, Keith SE, Voicescu SA, Marro L, Than J, et al. (2016c) Effects of wind turbine noise on self-reported and objective measures of sleep. Sleep 2016;39:97-109.

54 Van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M. WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: a summary. Int J Environ Res Pub Health 2018;15:379.

55 Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O, Peña A, Hahmann AN, Nordsborg RB, Ketzel M, et al. (2018a). Long-term exposure to wind turbine noise and redemption of antihypertensive medication: a nationwide cohort study. Environment intern 2018;121:207-15.

56 Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O, Peña A, Hahmann AN, Nordsborg RB, Ketzel M, et al (2019b). Long-term exposure to wind turbine noise and risk for myocardial infarction and stroke: a nationwide cohort study. Environ Health Perspect 2019;127:37004.

57 Bräuner EV, Jørgensen JT, Duun-Henriksen AK, Backalarz C, Laursen JE, Pedersen TH, et al. Long-term wind turbine noise exposure and incidence of myocardial infarction in the Danish nurse cohort. Environment internat 2018;121:794-802.

58 Bräuner EV, Jørgensen JT, Duun-Henriksen AK, Backalarz C, Laursen JE, Pedersen TH, et al. (2019b). Association Between Long-Term Exposure to Wind Turbine Noise and the Risk of Stroke: Data From the Danish Nurse Cohort. J Am Heart Ass 2019;8: e013157.

59 Bräuner EV, Jørgensen JT, Duun-Henriksen AK, Backalarz C, Laursen JE, Pedersen TH, et al. (2019a). Long-term wind turbine noise exposure and the risk of incident atrial fibrillation in the Danish Nurse cohort. Environment internat 2019;130:104915.

60 Bakker RH, Pedersen E, van den Berg GP, Stewart RE, Lok W, Bouma J. Impact of wind turbine sound on annoyance, self-reported sleep disturbance and psychological distress. Sci Total Environ 2012;425:42-51.

61 Pedersen E, Persson Waye K. Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments. Occup Environ Med 2007;64:480-86.

62 Pedersen E. Health aspects associated with wind turbine noise: Results from three field studies. Noise Control Eng J 2011;59:47–53.

63 Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O, Peña A, Hahmann AN, Nordsborg RB, Ketzel M, et al. (2018b). Long-term exposure to wind turbine noise at night and risk for diabetes: a nationwide cohort study. Environ Res 2018;165:40-5.

64 Clark C, Paunovic K. "Who environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and quality of life, wellbeing and mental health." Int J Environ Res Public Health 2018;15:285.

65 Clark C, Crumpler C, Notley H. Evidence for environmental noise effects on health for the United Kingdom policy context: A systematic review of the effects of environmental noise on mental health, wellbeing, quality of life, cancer, dementia, birth, reproductive outcomes, and cognition. Int J Environ Res Public Health. 2020;17:393.

66 Poulsen AH, Raaschou-Nielsen O, Peña A, Hahmann AN, Nordsborg RB, Ketzel M, et al. (2018c). Pregnancy exposure to wind turbine noise and adverse birth outcomes: a nationwide cohort study. Environ Res 2018;167, 770-5.

67 Freiberg A, Schefter C, Hegewald J, Seidler A. The influence of wind turbine visibility on the health of local residents: a systematic review. Int Arch Occup Environ Health 2019;2:609-28.

68 Delicado A, Truninger M, Figueiredo E, Silva L, Horta A. A Blot on the landscape: Consensus and Controversies on Wind Farms in Rural Portugal. Emerald Publishing Limited, 2017; 179-195.

69 Grima Murcia MD, Sanchez Ferrer F, Sorinas J, Ferrandez JM, Fernandez EJ. Application of electroencephalographic techniques to the study of visual impact of renewable energies. J Environ Man 2017;15:484-9.

70 Lamy J, Azevedo IML, Bruine de Bruin W, Morgan MG. Perception of wind energy projects in two coastal Massachusetts communities. Electricity J 2017;30:31-42.

71 Frantál B, Van Der Horst D, Kunc J, Jaňurová M. Landscape disruption or just a lack of economic benefits? Exploring factors behind the negative perceptions of wind turbines. J Landscape Ecol 2017;15:139-47.

72 Sklenicka P, Zouhar J. Predicting the visual impact of onshore wind farms via landscape indices: A method for objectivizing planning and decision processes. Applied Energy 2018;209:445-54.

73 Landeta-Manzano B, Arana-Landín G, Calvo PM, Heras-Saizarbitoria I. Wind energy and local communities: A manufacturer's efforts to gain acceptance. Energy Policy 2018;121:314-24.

74 Ansensio C, Gasco Sanchez L, Arcas G. A Review of Non-Acoustic Measures to Handle Community Response to Noise around Airports. Curr Pollut Rep 2017;3:230-44.

75 Lercher P, De Coensel B, Dekonink L, Botteldooren D. Community Response to Multiple Sound Sources: Integrating Acoustic and Contextual Approaches in the Analysis. Int J Environ Res Public Health 2017;14: 63.

76 Haubrich, Julia Narcisa E. Burtea Paul Hooper Rebecca Hudson Dan Radulescu Fiona Raje Dirk Schreckenberg (2020). Foundations for a comprehensive approach of acoustic and non-acoustic measures of aircraft noise annoyance mitigation Aerospace Europe conference, Bordeaux, France.

77 Van Kamp I, Davies H. Noise and health in vulnerable groups: a review. Noise Health 2013;15:153-9.

78 Beuret JE. (2016). Is trust negotiable? Building a place-based general interest for the acceptance of the Saint Brieuc and Saint Nazaire offshore wind farms. Geographie Economie Societe 2016;18:335-58.
Brennan N, Van Rensburg TM, Morris C. Public acceptance of large-scale wind energy generation for export from Ireland to the UK: evidence from Ireland. J Environ Plann Man 2017;11:1967-92.

Langer K, Decker T, Menrad K. Public participation in wind energy projects located in Germany: Which form of participation is the key to acceptance? Renewable Energy 2017;112:63-73.
Liebe U, Bartczak A Meyerhoff J. A turbine is not only a turbine: The role of social context and fairness characteristics for the local acceptance of wind power. Energy Policy 2017;107:300-8.
Macdonald C, Glass J, Creamer E. What Is the Benefit of Community Benefits? Exploring Local Perceptions of the Provision of Community Benefits from a Commercial Wind Energy Project. Scottish Geographical Journal, 2017;133:172-91.
Scherhaufer P, Höltinger S, Salak B, Schauppenlehner T, Schmidt J. Patterns of acceptance and non-acceptance within energy landscapes: A case study on wind energy expansion in Austria. Energy Policy 2017;109:863-70.
Sonnberger M, Ruddat M. Local and socio-political acceptance of wind farms in Germany. Technol Soc 2017;51:56-65.
Kongprasit S, Waewsak J, Chaichana T. In: Waewsak J, S OT, Gagnon Y, Sangkharak K (eds). (2017). Wind Turbine and Local Acceptance in Southern Thailand C3 - Energy Procedia. Elsevier Ltd, 138: p. 380-5.
Clark S, Botterill LC. "Contesting facts about wind farms in Australia and the legitimacy of adverse health effects." Health 2018;22:337-55.
Janhunen S, Hujala M, Pätäri S. The acceptability of wind farms: the impact of public participation. Journal of Environmental Policy & Planning 2018;20:214-35.
Kim H, Cho SH, Song S. Wind, power, and the situatedness of community engagement. Public Underst Sci 2018;28:38-52.
Langer K, Decker T, Roosen J, Menrad K. Factors influencing citizens' acceptance and non-acceptance of wind energy in Germany. J Cleaner Prod 2018;175:133-44.
Landeta-Manzano B, Arana-Landín G, Calvo PM, Heras-Saizarbitoria I. Wind energy and local communities: A manufacturer's efforts to gain acceptance. Energy Policy 2018;121:314-24.
Scherhaufer P, Höltinger S, Salak B, Schauppenlehner T, Schmidt J. A participatory integrated assessment of the social acceptance of wind energy. Energy Res Soc Sci 2018;45:164-72.
Sæþórsdóttir AD, Ólafsdóttir R, Smith D. Turbulent times: tourists' attitudes towards wind turbines in the Southern Highlands in Iceland. Int J Sust Energy 2018;37:886-901.
79
Clark S, Botterill LC. "Contesting facts about wind farms in Australia and the legitimacy of adverse health effects." Health 2018;22:337-55.

80 Wen C, Dallimer M, Carver S, Ziv G. Valuing the visual impact of wind farms: A calculus method for synthesizing choice experiments studies. Sci Total Environ 2018;1:58-68.

81 Thomson H, Kempton W. Perceptions and attitudes of residents living near a wind turbine compared with those living near a coal power plant. Renewable Energy 2018;123:301-11.

82 Behler O, Uppenkamp S. "Activation in human auditory cortex in relation to the loudness and unpleasantness of low-frequency and infrasound stimuli." PLoS ONE 2020;15:e0229088.

83 Burke E, Hensel J, Fedtke T, Uppenkamp S, Koch C. Detection Thresholds for Combined Infrasound and Audio-Frequency Stimuli. Acta Acustica united with Acustica 2019;105(6):1173-82.

84 Weichenberger M, Bauer M, Kühler R, Hensel J, Forlim CG, Ihlenfeld A, et al: Altered cortical and subcortical connectivity due to infrasound administered near the hearing threshold- Evidence from fMRI. PLoS ONE 2017;12:e0174420.

85 Krahé D, Alaimo Di Loro A, Müller U, Elmenhorst E, De Gioannis R, Schmitt S, Belke C, Benz S, Großarth S, Schreckenberg D, Eulitz C, Wiercinski B, Möhler U. Lärmwirkungen von Infraschallimmissionen (Noise effects from infrasound immissions). Report Umweltbundesamt (German Environmental Agency), 2020, available at https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/laermwirkungen-von-infraschallimmissionen (report in German with English summary).

86 Jurado C, Marquardt T. (2020a). Brain's Frequency Following Responses to Low-Frequency and Infrasound. Archives of Acoustics 2020;45:313-9.
87

87 Marquardt T, Jurado C. Amplitude Modulation May Be Confused with Infrasound. Acta Acustica united with Acustica 2018;104:825-829.

88 Carlile S, Davy JL, Hillman D, Burgemeister K. A Review of the Possible Perceptual and Physiological Effects of Wind Turbine Noise. Trends Hear 2018;22:2331216518789551.

89 Koch. Hearing beyond the limit: Measurement, perception and impact of infrasound and ultrasonic noise. Koch C, M Brink. 12th ICBEN Congress on noise as a public health problem, 2017.

90 Tonin R. A Review of Wind Turbine-Generated Infrasound: Source, Measurement and Effect on Health. Acoustics Australia 2018;46):69-86.

91 Krahe. Proposal of a procedure assessing the annoyance of low-frequency noise and infranoise C3 - INTER-NOISE 2019 MADRID - 48th International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering

92 Stevens, M. and W. L. Martens (2019). The influence of binaural incoherence on annoyance reported for unpleasant low frequency sound C3 - Australian Acoustical Society Annual Conference, AAS 2018, Australian Acoustical Society.

93 Maijala P, A Turunen, I Kurki, L Vainio, S Pakarinen, C Kaukinen, et al. Infrasound does not explain symptoms related to wind turbines.Report of the Prime Minister’s Office, Helsinki 2020.

94 Jurado C, Marquardt T (2020b): On the Effectiveness of airborne infrasound in eliciting vestibular-evoked myogenic responses. Jurado C, T Marquardt. J Low Freq Noise Vib Act Control 2020;39:1-16.

95 Lubner RJ, Kondamuri NS, Knoll RM, Ward BK, Littlefield PD, Rodgers D, et al. Review of Audio vestibular Symptoms Following Exposure to Acoustic and Electromagnetic Energy Outside Conventional Human Hearing. Front Neurol 2020;11:234.

96 Takahashi Y. Vibratory sensation induced by low-frequency noise: The threshold for ``vibration perceived in the head'' in normal-hearing subjects. J Low Freq Noise Vib Act Control 2013;32:1-10.

97 Takahashi Y. Study on the relationship between unpleasantness and perception of vibration in the head of subjects exposed to low-frequency noise C3 - Takahashi Y. INTER-NOISE 2017 - 46th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering

98 Nguyen DP, Hansen K, Zajamsek B. Human perception of wind farm vibration. J Low Freq Noise Vib Act Control 2020;39:17-27.