Onderzoek milieunormen windenergie

Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

Gemeente Maasdriel

719215 | v2.0

25/10/2021

Pondera

Hoofdvestiging Nederland
Amsterdamseweg 13
6814 CM Arnhem
088 – pondera (088-7663372)
info@ponderaconsult.com

Postadres
Postbus 919
6800 AX Arnhem

Vestiging South East Asia
Jl. Mampang Prapatan XV no 18
Mampang
Jakarta Selatan 12790
Indonesia

Vestiging North East Asia
Suite 1718, Officia Building 92
Saemunan-ro, Jongno-gu
Seoul Province
Republic of Korea

Colofon

Soort document
Onderzoek milieunormen windenergie

Projectnaam
Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

Versienummer
v2.0

Datum
25-10-2021

Project nummer
719215

Opdrachtgever
Gemeente Maasdriel

Auteur
Paul Janssen, Bouke Vogelaar, Stefan Flanderijn

Nagekeken door
Bouke Vogelaar

Disclaimer
In het onderzoek is gebruik gemaakt van algemeen geaccepteerde uitgangspunten, modellen en informatie die ten tijde van het opstellen van dit rapport ter beschikking stonden. Aanpassingen in de uitgangspunten, modellen of gebruikte gegevens kunnen leiden tot andere uitkomsten. De aard en de nauwkeurigheid van de gebruikte gegevens voor het onderzoek bepalen in belangrijke mate de nauwkeurigheid en de onzekerheden van de berekende uitkomsten. Pondera is niet aansprakelijk voor gederfde inkomsten of schade die wordt geleden door opdrachtgever(s) en/of derden uit conclusies die gebaseerd zijn op gegevens die niet van Pondera afkomstig zijn. Deze rapportage is opgesteld met de intentie dat deze alleen gebruikt wordt door de opdrachtgever en slechts voor het doel waarvoor de rapportage is opgesteld. Er mag geen beroep worden gedaan op de informatie uit deze rapportage voor andere doeleinden zonder schriftelijke toestemming van Pondera. Pondera is niet verantwoordelijk voor de consequenties die kunnen voortvloeien uit het oneigenlijk gebruik van de rapportage. De verantwoordelijkheid voor het gebruik van (de analyse, resultaten en bevindingen in) de rapportage blijft bij de opdrachtgever. De Rechtsverhouding opdrachtgevers – architect, ingenieur en adviseur conform DNR 2011 is te allen tijde van toepassing.

ISO 9001:2015 gecertificeerd

Inhoudsopgave

1 Inleiding 1

1.1 Achtergrond: uitspraak Afdeling Bestuursrecht Raad van State 30 juni 2021 1
1.2 Aanpak om te komen tot een normstelling 2
1.3 Leeswijzer rapportage 3

2 Geluid van windturbines 4

2.1 Inleiding 4
2.2 Achtergrond Europese systematiek geluidsdosismaat L_{den} en L_{night} 4
2.3 Effecten van geluidbelasting 6
2.4 Beoordeling van windturbinegeluid 9
2.5 Lokale situatie in project Burgerwindpark A2 Lage Rooijen 10
2.6 Normstelling voor geluid Burgerwindpark A2 Lage Rooijen 16

3 Slagschaduw en lichtschittering van windturbines 19

3.1 Inleiding 19
3.2 Achtergrond: inzichtelijk maken van slagschaduw 19
3.3 Beoordelingskader voor slagschaduw 24
3.4 Lokale situatie in project Burgerwindpark A2 Lage Rooijen 25
3.5 Naar een normstelling voor slagschaduw 28
3.6 Lichtschittering 31

4 Externe veiligheid 32

4.1 Inleiding: plaatsgebonden risico als beoordelingsmaat 32
4.2 Achtergrond: veiligheid en kansen 32
4.3 Berekening- en beoordelingssystematiek 34
4.4 Lokale situatie in project Burgerwindpark A2 Lage Rooijen 35
4.5 Naar een normstelling voor externe veiligheid 39

5 Overige windturbinenormen Activiteitenbesluit 41

5.1 Bouw- en ontwerpnormen IEC 41

Bijlage 1 Eigenschappen windturbines i.r.t. externe veiligheid en toetspunten 42
Bijlage 2 Geluidgegevens windturbines 44
Bijlage 3 Instellingen geluidmitigatie 46
Bijlage 4 Aantal (ernstig) gehinderden 47
Bijlage 5 Geluidcontouren 48

1 Inleiding

1.1 Achtergrond: uitspraak Afdeling Bestuursrecht Raad van State 30 juni 2021

Op 30 juni 2021 heeft de Afdeling Bestuursrechtspraak van de Raad van State (de ABRvS) een uitspraak gedaan in de zaak Windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding (DZU) over -samengevat - de vraag of voor het vastleggen van milieunormen voor windturbines in het Activiteitenbesluit milieubeheer en de Activiteitenregeling milieubeheer een plan-MER-plicht bestaat op grond van de Europese SMB-richtlijn[1]. De Afdeling is in die uitspraak tot het oordeel gekomen dat op grond van het Europese recht inderdaad een dergelijke beoordeling moet worden gemaakt van de gevolgen voor het milieu. Die beoordeling zal in eerste instantie door het Rijk worden opgesteld. Totdat die beoordeling is gemaakt mogen de algemene normen uit het Activiteitenbesluit en de Activiteitenregeling niet zonder meer worden gebruikt bij de beoordeling van de ruimtelijke aanvaardbaarheid van een nieuw bestemmingsplan en/of vergunbaarheid van een omgevingsvergunning vanuit het oogpunt van de bescherming van het milieu.

De ABRvS geeft echter ook aan dat in de tussentijd het bevoegd gezag bij het beoordelen van de ruimtelijke aanvaardbaarheid van een windplan ten behoeve van het vaststellen van een bestemmingsplan voor een concreet project eigen normen kan stellen ter vervanging van de normstelling uit het Activiteitenbesluit en de -regeling[2]. Voor de besluitvorming geldt dat de te hanteren normen moeten worden voorzien van een actuele, deugdelijke, op zichzelf staande en op de aan de orde zijnde situatie toegesneden motivering.

Voor Burgerwindpark A2 Lage Rooijen is op 25 november 2020 een bestemmingsplan vastgesteld door de gemeenteraad van Maasdriel en op 25 november 2020 een omgevingsvergunning verleend. Hiermee is reeds een afweging gemaakt over de ruimtelijke aanvaardbaarheid van het windpark op deze locatie. Met het buiten werking stellen van de milieunormen in het Activiteitenbesluit ontstaat een situatie waarop voor deze aspecten een herstelbesluit nodig is om normen toe te voegen aan het bestemmingsplan en omgevingsvergunning. Dit document geeft een onderbouwing voor vaststelling van de te hanteren normen voor Burgerwindpark A2 Lage Rooijen.

[1] ECLI:NL:RVS:2021:1395
[2] Overweging 65 uit de uitspraak ECLI:NL:RVS:2021:1395

Kader 1.1 bescherming tegen hinder versus ruimtelijke ontwikkelingen: ALARA

Het primaire doel van de Wet milieubeheer (Wm), de bijbehorende uitvoeringsbesluiten en de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) is het beschermen van de leefomgeving tegen onaanvaardbare milieueffecten. Daarbij is het begrip milieu ruim gedefinieerd, maar wordt primair de focus gelegd op gevolgen voor mensen en hun directe leefomgeving. In een dichtbevolkt land waarin veel gebruiksfuncties op een beperkte oppervlakte samenkomen zijn enige gevolgen voor het milieu vaak niet volledig te vermijden. Daarom is het ALARA- (as-low-as-reasonably-achievable) beginsel opgenomen in de zorgplicht in artikel 1.1a Wm:*"…een ieder die weet of redelijkerwijs kan vermoeden* dat door zijn handelen of nalaten nadelige gevolgen voor het milieu kunnen worden veroorzaakt, verplicht is dergelijk handelen achterwege te laten voor zover zulks in redelijkheid kan worden gevergd, dan wel alle maatregelen te nemen die redelijkerwijs van hem kunnen worden gevergd teneinde die gevolgen te voorkomen of, voor zover die gevolgen niet kunnen worden voorkomen, deze zoveel mogelijk te beperken of ongedaan te maken*"*.

Het doel is dan ook een adequaat beschermingsniveau te bieden, waarbij gelijktijdig projecten nog kunnen worden gerealiseerd. Die projecten hebben – als onderdeel van de energietransitie - per saldo namelijk positieve effecten, zo stelt het RIVM in het recente rapport: "Klimaatakkoord; effecten op veiligheid, gezondheid en natuur" (2019). Ook als die ontwikkelingen een beperkte, doch aanvaardbare mate van hinder, opleveren voor de omgeving. Uit jurisprudentie blijkt ook dat - gelet op het ALARA-beginsel - geen nul-hinder als uitgangspunt genomen hoeft te worden (zie o.a. ECLI:NL:RVS:2018:616; ECLI:NL:RVS:2015:1702); ECLI:NL:RVS:2010:BL6187).

Het accepteren van enige mate van hinder of risico is inherent aan het feit dat Nederland een druk bevolkt en dicht bebouwd land is. Uitsluiten van hinder of risico behoort niet tot de mogelijkheden, omdat daarmee geen ontwikkelingen meer kunnen plaats vinden. Deze benadering heet het ALARA-beginsel (zie ook Kader 1.1) en geldt voor veel maatschappelijke activiteiten, zoals weg- en railverkeer, luchtvaart, industrie, sport- en recreatieterreinen, maar ook windturbines.

1.2 Aanpak om te komen tot een normstelling

Als gevolg van de uitspraak van de ABRvS inzake het Activiteitenbesluit en -regeling als kader kan voor een beoordeling van de aanvaardbaarheid van een milieueffect van windturbines niet meer worden verwezen naar de in dit besluit daarover opgenomen normen (de windturbinebepalingen).

In onderhavige rapportage is voor de milieuthema's die genormeerd zijn in Activiteitenbesluit en -regeling (geluid, slagschaduw, externe veiligheid en lichtschittering):

- inzichtelijk gemaakt welke effecten verwacht kunnen worden bij realisatie van windturbines
- aangegeven aan de hand van welke criteria en (reken)methodieken deze effecten inzichtelijk kunnen worden gemaakt en beoordeeld
- inzichtelijk gemaakt hoe deze effecten zich lokaal manifesteren in het beoogde project en
- of de methodiek van de normstelling, rekening houdend met alle relevante aspecten, voldoende informatie geeft om te kunnen toetsen aan een aanvaardbaar woon- en leefklimaat.

Voor de behandeling van bovenstaande punten wordt gebruik gemaakt van de actuele stand van wetenschappelijke kennis op de verschillende milieuthema's.

1.3 Leeswijzer rapportage

Dit rapport bestaat uit een vijftal hoofdstukken. In hoofdstuk 2, 3 en 4 wordt per milieuthema (geluid, slagschaduw en lichtschittering en externe veiligheid) ingegaan op de beoordeling en normstellingsystematiek en wordt een voorgestelde norm voor het project onderbouwd. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de overige in het Activiteitenbesluit en -regeling opgenomen regels rond de realisatie en exploitatie van windturbines, voor zover die relevant zijn voor de beoordeling van de ruimtelijke aanvaardbaarheid en vergunbaarheid vanuit de bescherming van het milieu.

2 Geluid van windturbines

2.1 Inleiding

Net als alle andere mechanische installaties produceren windturbines geluid. Dit geluid wordt deels veroorzaakt door de bewegende onderdelen in de gondel, maar is voornamelijk afkomstig van de bladen die door de lucht 'zoeven'. Het geluid van windturbines kan als hinderlijk worden ervaren. Net als voor andere geluidbronnen waaronder wegverkeersgeluid, industriegeluid, railverkeer- en luchtvaartgeluid is het wenselijk om normen vast te leggen voor de hoeveelheid geluid die mag optreden op de omgeving teneinde de hinder hiervan te beperken tot een aanvaardbaar niveau. Met het beperken van het geluid tot een aanvaardbaar niveau is tevens sprake van een beperking van gevolgen in het kader van de bescherming van het milieu. Om te komen tot een normstelling speelt het daadwerkelijk optredende geluidniveau, de betreffende omgeving en de hinderlijkheid van het specifieke geluid een rol.

2.2 Achtergrond Europese systematiek geluidsdosismaat L_{den} en L_{night}

Volgens richtlijn 2002/49/EG van het Europees Parlement dient omgevingsgeluid in alle lidstaten op dezelfde wijze behandeld te worden. De geluidbelasting dient daarbij in decibel (dB) L_{den} of dB L_{night} te worden uitgedrukt. De geluidbelasting in dB L_{den} wordt ook wel de dag-avond-nacht-geluidsbelastingsindicator genoemd. Lden is een berekend gewogen jaargemiddelde van de geluidsbelasting tijdens de dag-, de avond- en de nachtperiode. De avond- en nachtperiode krijgen een opslag van respectievelijk +5 en +10 omdat in deze periode geluid hinderlijker wordt ervaren en deze periodes worden derhalve zwaarder meegewogen. De geluidbelasting in dB L_{night} de nacht-geluidsbelastingsindicator. Voor het bepalen van de hinder wordt gebruik gemaakt van L_{den}. L_{night} wordt gebruikt om effecten die kunnen leiden tot slaapverstoring te bepalen. Voor bijzondere geluidbelasting situaties zijn aanvullende indicatoren tevens mogelijk. Redenen hiervoor kunnen bijvoorbeeld zijn:

- Combinatie van geluid uit verschillende bronnen;
- Relatief stille zones in het buitengebied;
- De lage frequentiecomponent (LFG) van het geluid is sterk;

Windturbinegeluid is, ten opzichte van andere geluidbronnen, relatief constant van karakter. De maximale optredende geluidniveaus die door een windturbine worden veroorzaakt zijn circa 2-4 dB(A) hoger dan het optredende jaargemiddelde geluidniveau van een windturbine[3]. Bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den} op een punt is het daadwerkelijk optredende gemiddelde geluidniveau[4] op de gevel (bij hoge windsnelheden op ashoogte[5]) circa 43-45 dB(A).

De hoeveelheid geluid die een windturbine produceert is afhankelijk van het geluidsbronvermogen van de windturbine. Het geluid van een windturbine kan desgewenst worden beperkt door toepassing van een voorziening op de bladen of door het vermogen te reduceren. Dit leidt tot verlies van energieproductie. De hoeveelheid geluid heeft tevens een rechtstreeks verband heeft met de optredende windsnelheid. Tot een bepaalde windsnelheid neemt de geluidsproductie toe, vanaf deze specifieke windsnelheid blijft de geluidsproductie gelijk. De windsnelheid is door het KNMI voor geheel Nederland op ashoogtes tussen 10

[3] Nederlandse geluidsnormen in internationaal perspectief, E. Koppen, Arcadis, Windnieuws nr 4 2015
[4] De daadwerkelijk optredende geluidniveaus zijn lager dan het gewogen Lden gemiddelde omdat de gewogen Lden waarde strafcorrecties heeft voor geluid in de avond en de nacht.
[5] Dit is afhankelijk van windturbinetype, ashoogte en locatie. Sommige windturbines bereiken de maximale geluidproductie al bij 9m/s op ashoogte, andere windturbinetypes pas bij 14 m/s. Hogere ashoogtes leiden tot hogere windsnelheden en vaker een maximale geluidproductie

en 260 meter boven het maaiveld de windverdelingen beschikbaar gesteld. Met deze verdelingen kan een goede voorspelling per beoordelingsperiode worden gegeven van de te verwachten geluidbelasting op de omgeving.

Gezien het constante karakter van windturbinegeluid (de verschillen tussen dag-, avond- en nachtperiode zijn beperkt) is er op zichzelf geen aanleiding een L_{night} normering te hanteren aanvullend op een L_{den}-normering[6]. Bij constante geluidniveaus bedraagt het verschil tussen de geluidbelasting in dB L_{den} en dB L_{night} circa 6 dB en biedt een aparte norm voor L_{night} geen extra bescherming, tenzij deze 7 dB of meer lager is dan de L_{den}-normering. Daarnaast kan er op basis van onderzoeken nog geen conclusie worden getrokken over de samenhang tussen geluid van windturbines en slaapverstoring[7]. De WHO geeft in haar rapport van 2018 dan ook geen advies over een L_{night}-norm voor windturbines.

Kader 2.1 Laagfrequent geluid en infrageluid

Een terugkerend thema in de discussie rond de normen voor windturbinegeluid is laagfrequent geluid (LFG) en infrageluid. Dit betreft geluidemissie in het spectrum beneden de circa 100 Hz (laagfrequent) en beneden de 20 Hz (infrasoon). In het kennisbericht geluid van Windturbines (2015) is het volgende opgenomen:

*"Omwonenden zijn bezorgd dat door een toename van de hoogte van windturbines meer laagfrequ*ent geluid zal ontstaan. Op basis van metingen wordt dit verschil echter gering geacht. Daarnaast wordt de nadruk op het laagfrequente aandeel onterecht genoemd omdat het normaal geaccepteerde geluid van wegverkeer meer laagfrequent geluid bevat dan wat we*ttelijk is toegestaan bij windturbines."*

Windturbines produceren geluid over het hele spectrum van lage en hoge tonen, net als andere geluidbronnen. Wanneer gekeken wordt naar de spectrale verdeling van de geluidemissie van windturbines is er geen sprake van een specifiek groot aandeel in de frequenties beneden de 100 Hz. Dit aandeel is bij moderne grote windturbines (circa 250 meter tiphoogte) niet significant anders dan ten tijde van het opstellen van het kennisbericht en in het verleden bij windturbines van voor deze datum.

Ook het RIVM stelt in haar recente literatuurstudie uit 2020 dat laagfrequent geluid en infrageluid van windturbines niet voor andere effecten zorgt dan 'normaal' geluid. Er ontbreekt bewijst dat laagfrequent geluid en infrageluid ver onder de gehoordrempel tot enig effect kan leiden. Bij blootstelling aan windturbinegeluid vormt voornamelijk het geluidniveau en de amplitudemodulatie van het algehele windturbinegeluid de oorzaak van de hinder. Met amplitudemodulatie wordt het ritmisch variëren van de sterkte van het geluid van windturbines door het draaien van de wieken bedoeld.

Kortom: het aandeel laagfrequent geluid is niet onevenredig groot bij windturbines (in tegenstelling tot bijvoorbeeld compressoren of transformatoren), het aandeel LFG is niet significant toegenomen met het formaat van de windturbine en er is geen aanleiding om te veronderstellen dat specifiek LFG en infrageluid een effect op de volksgezondheid veroorzaken of tot additionele hinder leiden ten opzichte van dat wat reeds wordt beoordeeld. Het specifiek toevoegen van een norm voor LFG van windturbines leidt daarmee niet tot een betere beoordeling van de optredende effecten van geluid. Daarom volstaat het hanteren van een L_{den} en eventueel een L_{night} norm.

[6] Omdat geluid tijdens de nachtperiode extra zwaar weegt in de L_{den}-weging, ligt het niet voor de hand om in die periode extra geluid te produceren. Dit leidt namelijk eerder tot normoverschrijding
[7] Factsheet gezondheidseffecten van windturbinegeluid, RIVM, augustus 2021

2.3 Effecten van geluidbelasting

2.3.1 Inleiding

Blootstelling aan geluid kan leiden tot hinder of stress gerelateerde klachten. Met name in de nachtperiode, wanneer dit kan leiden tot slaapverstoring. Een recent literatuuronderzoek van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)[8] concludeert hierover specifiek voor windturbines dat *"wonen in de buurt van een windturbine of* het horen van geluid van windturbines kan leiden tot chronische *hinder onder omwonenden"*. Voor andere gezondheidseffecten (slaapverstoring, slapeloosheid en geestelijke gezondheidseffecten) ontbreekt consistent bewijs. Onderzoek van Hongisto et al[9] toonde aan dat voor geluidbelastingen tot 40 dB $L_{A,eq}$ de mate van ernstige hinder van een vergelijkbaar geluidniveau van windturbines tussen de 3 en 5 megawatt (hierna: MW) opgesteld vermogen overeenkomt met die van kleinere windturbines (0,15 – 3 MW)[10]. Daarmee is er geen aanleiding dat met het toenemen van het vermogen en omvang van windturbines een andere mate van hinder zou optreden bij dezelfde geluidniveaus.

In 2018 heeft de Wereld Gezondheidsorganisatie (WHO) een rapport uitgebracht ten aanzien van geluidrichtlijnen voor verschillende geluidbronnen binnen de Europese Unie[11]. In aansluiting op de bevindingen van het RIVM volgt uit dit rapport ook dat er geen andere gezondheidseffecten dan hinder optreden als gevolg van de aanwezigheid van windturbinegeluid. Op basis van diverse onderzoeken wordt door het WHO gesteld dat op basis van een geluidniveau van 45 dB L_{den} ongeveer 10% van de omwonenden ernstige hinder buitenshuis ervaart. Het bewijs dat dit leidt tot gezondheidseffecten wordt echter aangemerkt als van lage kwaliteit. Er wordt geen percentage binnenshuis genoemd, noch wordt aangegeven welke percentages verwacht worden bij andere geluidbelastingen. Omdat de kwaliteit van dit bewijs als laag wordt beschouwd, is het advies wat hieruit voortkomt, door de WHO, aangeduid als voorwaardelijk (conditional)[12]. Zie ook kader 2.2. In het rapport wordt verder opgemerkt dat effecten veroorzaakt door de houding tegenover windturbines moeilijk zijn los te koppelen van de beleving van geluid, dat het percentage van de bevolking dat wordt gehinderd door windturbinegeluid beperkt is ten opzichte van gehinderden door andere geluidbronnen en dat wordt verwacht dat zorg voor communicatie, betrokkenheid en raadpleging van omwonenden tijdens het planningsproces een positieve invloed kan hebben op de beleving van de milieueffecten van windturbines.

[8] RIVM-rapport 2020-0214, Gezondheidseffecten van windturbinegeluid, I. van Kamp & G.P. van den Berg
[9] Hongisto, V., Oliva, D., & Keränen, J. (2017). Indoor noise annoyance due to 3–5 megawatt wind turbines—An exposure–response relationship. The Journal of the Acoustical Society of America, 142(4), 2185-2196
[10] Vanwege het gebrek aan hoeveelheid data van hogere geluidniveaus kan dit voor geluidniveaus boven 40 dB $L_{A,eq}$ niet worden bevestigd of ontkend.
[11] Environmental Noise Guidelines for the European Region, WHO, 2018,
[12] In tegenstelling tot andere geluidbronnen, zoals wegverkeer, railverkeer en luchtvaart; voor deze bronnen is een veel sterker bewijs gevonden voor hinder en wordt de aanbevolen maximale geluidbelasting 'sterk aanbevolen' (strong recommendation)

Kader 2.2 WHO advies en RIVM review

De WHO heeft in 2018 een advies richtlijnen gepubliceerd voor milieugeluid, waaronder windturbinegeluid. Op basis van wetenschappelijk onderzoek naar blootstellingseffectrelaties adviseert de WHO een voorlopige drempelwaarde van 45 dB L_{den}. De blootstellingseffectrelaties zijn door de WHO bepaald op basis van wetenschappelijk onderzoek tot en met eind 2014. Gezondheidseffecten worden bij deze waarde, maar ook bij hogere waarden, niet verwacht. Voor gezondheidseffecten vanwege windturbinegeluid werd op basis van het onderzoek geconcludeerd dat (i) er nog onvoldoende bewijs bestaat, (ii) het bewijsmateriaal van lage kwaliteit is en (iii) hierdoor geen betrouwbare algemene blootstelling-effectrelatie kan worden vastgesteld. Desondanks heeft de WHO een conditioneel advies met drempelwaarde uitgebracht.

Het RIVM constateert in haar recente update van onderzoek naar gezondheidseffecten van windturbinegeluid "Health effects related to wind turbine sound: an update" (november 2020) het volgende: *"Bij de voor de WHO* uitgevoerde review van Guski et al (2017) werd gekeken naar studies die tot aan eind 2014 waren gepubliceerd. In hun literatuuronderzoek hebben Van Kamp et al (2020a, 2020b) een update gegeven van de WHO-review op basis van publicaties die waren verschenen tot aan eind 2019. Hierin kwamen 9 nieuwe publicaties over windturbinegeluid en hinder naar voren (die betrekking hadden op 5 onderzoeken) die aan de inclusiecriteria *voldeden. Enkele van deze onderzoeken waren al besproken in onze review uit 2017."* Samengevat: de door de WHO gestelde voorlopige drempelwaarde is gebaseerd op het bewijsmateriaal van lage kwaliteit (beperkt en tot eind 2014) en niet alle actuele onderzoeken zijn meegenomen. Het RIVM heeft geconcludeerd dat er geen nieuwe informatie naar voren is gekomen uit latere onderzoeken die tot inzichten hebben geleid die tot andere conclusies zouden leiden.

2.3.2 Hinderlijkheid van windturbinegeluid

Hoewel de ervaring van geluidhinder per persoon verschilt, kan wel gemeten worden hoe groot het percentage gehinderden is. Dat kan via een vragenlijst of door berekeningen op grond van een 'dosis-responsrelatie'. De bepaling van de dosishinderrelatie komt voort uit onderzoek naar hoe personen windturbinegeluid ervaren in hun eigen omgeving. Zo is het rapport van TNO (waar ook deels de normering uit het Activiteitenbesluit op is gebaseerd) de hinder gemeten door te vragen binnen een 5-puntschaal model met de categorieën:

1. niet waargenomen;
2. waargenomen maar niet gehinderd;
3. een beetje gehinderd;
4. tamelijk gehinderd;
5. erg gehinderd.

Een gehinderd of een ernstig gehinderd persoon reageert verschillend op de ervaren hinder. De term ernstig gehinderd staat los van de eventuele reactie die personen hebben op de ervaring van de hinderlijkheid. De term geeft daarmee niet aan of deze fictieve persoon ook boos wordt, stress ervaart of op een andere manier gevolgreacties ervaart aangezien de reacties per persoon sterk kunnen verschillen.

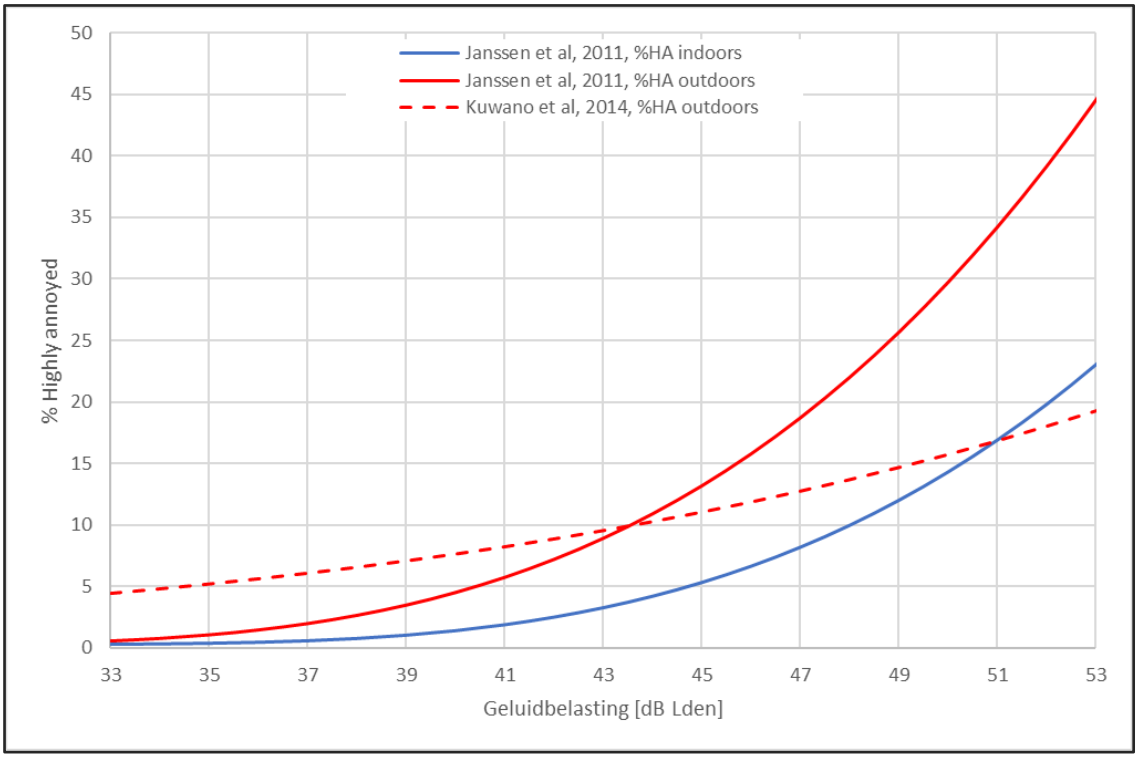
De methode voor het vaststellen van gehinderd of ernstig gehinderd verschilt per onderzoek, maar in de literatuurstudie van het WHO in 2018 is gepoogd de scores te vergelijken om een vergelijkbare dosis-responsrelatie te krijgen.

Dosis-hinder relatie voor windturbinegeluid

In de literatuur zijn twee dosishinderrelaties gevonden die de geluidbelasting in dB L_{den} relateren aan een percentage personen dat ernstige hinder ondervindt. Deze twee relaties zijn ook beschreven in het WHO-

rapport uit 2018 (zie ook kader 2.1), Janssen[13] et al uit 2011 en Kuwano[14] et al uit 2014. De dosishinderrelatie van Janssen et al uit 2011 is dezelfde als het TNO-rapport uit 2008[15] en is vastgesteld voor zowel hinder als ernstige hinder binnenshuis als buitenshuis. Tot op heden is deze dosishinderrelatie de enige die de ernstige hinder[16] binnenshuis beschrijft. Er is geen aanleiding om aan te nemen dat de dosishinderrelatie bij modernere windturbines is veranderd. De dosishinderrelatie uit Kuwano et al, 2014 is gegeven voor de situatie "here at home", wat door de WHO wordt geassocieerd met (ernstige) hinder buitenshuis[17][18]. In onderstaande grafiek zijn de dosishinderrelaties (ernstige hinder, binnenshuis en buitenshuis) van Janssen et al (2011) en (ernstige hinder, buitenshuis) van Kuwano (2014) weergegeven voor geluidbelasting tussen 33 en 55 dB L_{den}.

Figuur 2.1 Percentage ernstig gehinderden binnenshuis (blauw) en buitenshuis (rood)



[13] Janssen SA, Vos H, Eisses 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):3746–53
[14] Kuwano S, Yano T, Kageyama T, Sueoka S, Tachibanae H (2014). Social survey on wind turbine noise in Japan. Noise Control Eng J. 62(6):503–20
[15] S.A. Janssen, H. Vos en A.R. Eisses, TMP-rapport, Hinder door geluid van windturbines: Dosis—effectrelaties op basis van Nederlandse en Zweedse gegevens, 2008-D-R1051/B
[16] Volgens het TNO-rapport: "De verdeling van de hinderscores bij een gegeven geluidsniveau kan op verschillende manieren worden weergegeven. Vaak wordt het percentage antwoorden dat een zekere grens overschrijdt gerapporteerd. Als de grens 72 is op een 0-100 schaal, wordt het resultaat het percentag*e "ernstig gehinderde" personen (%HA: % Highly Annoyed) genoemd, de grens van 50 geeft het percentage "gehinderde" personen (%A: %* Annoyed)*."*
[17] Guski et al, 2017, Int. J. Environ. Res. Public Health 2017,: WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance, 1539; doi:10.3390/ijerph14121539
[18] Guski, R., Schreckenberg, D., & Schuemer, R. (2017). Supplementary Materials: WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. Int. J. Environ. Res. Public Health, 14. https://www.mdpi.com/1660-4601/14/12/1539/s1

Vergelijking met andere geluidbronnen – bescherming binnenshuis

Er zijn in Nederland ook voor andere vormen van geluidproducerende activiteiten geluidnormen van toepassing. Bijvoorbeeld voor weg- en railverkeer, industrie en luchtvaart. Bij de vaststelling van de geluidnormen voor andere bronnen wordt vaak de maximaal toegestane geluidbelasting gerelateerd aan een percentage personen die bij deze geluidbelasting ernstige hinder ondervindt[19]. In Nederland wordt voor het beoordelen van geluidbronnen en gevolgen daarvan voor de omgeving altijd de situatie binnenshuis beoordeeld. Achterliggende reden is dat een bewoner in zijn eigen woning een goed- woon- en leefklimaat mag verwachten en daar ook optimale bescherming verdient. Ook voor windturbinegeluid wordt daarom gekeken naar de situatie binnenshuis. De volgende tabel geeft het geaccepteerde percentage potentieel ernstig gehinderden aan bij de normstelling in Nederland voor verschillende geluidbronnen. Voor windturbines ligt het percentage ernstig gehinderden bij een geluidbelasting van L_{den} 47 dB op circa 9%[20].

Tabel 2.1 Percentage potentieel ernstig gehinderden voor verschillende geluidsbronnen[21]

Activiteit/geluidbron	Percentage ernstig gehinderden*
snelwegverkeer	14 %
railverkeer	16 %
industrie/bedrijvigheid	9 %
grote luchthavens	54 %

* bij het maximale toelaatbare geluidniveau

In absolute aantallen gaat het in Nederland bij wegverkeer om ca. 970.000 ernstig gehinderden, bij luchtvaartverkeer ruim 260.000 ernstig gehinderden, bij railverkeer om bijna 100.000 ernstig gehinderden en windturbines om circa 7.000 ernstig gehinderden[22].

Wat geluidbelasting voor een individuele bewoner betekent, kan sterk verschillen: de meesten zullen weinig tot geen hinder ervaren, maar anderen kunnen er om meerdere redenen veel last van hebben. In het kennisbericht Geluid van windturbines uit 2015 wordt hierover nog het volgende gesteld:

"Het is niet goed mogelijk de beoordeling van geluid los te zien van andere factoren. Bijvoorbeeld het zien van windturbines en de schaduwwerping kunnen invloed hebben op de mate van geluidhinder. Ook heeft de manier waarop een project tot stand is gekomen, invloed op de houding en waarneming van *omwonenden. Dit is bij andere geluidsbronnen niet anders."*

2.4 Beoordeling van windturbinegeluid

Toepassing rekenmethodiek

Om de geluidsbelasting te berekenen is een rekenmethodiek vereist die rekening houdt met de specifieke eigenschappen van windturbinegeluid. Het Reken- en meetvoorschrift windturbines[23] is specifiek opgesteld voor het berekenen van windturbinegeluid. De overdrachtsberekeningen van deze rekenmethode zijn integraal overgenomen van de "Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai" (HMRI), uitgave 1999 van

[19] Brief van de minister van VROM, 31 209, nr 135, 28-9-2010
[20] Zie o.a. Kamerbrief Staatssecretaris van EZK, 9 juni 2021; DGKE-WO / 21119163
[21] Brief van de minister van VROM, 31 209, nr 135, 28-9-2010
[22] Brief van de StaS van Economische Zaken en Klimaat d.d. 9 juni 2021, DGKE-WO/21119163,
[23] Bijlage 4 bij Activiteitenregeling milieubeheer, https://wetten.overheid.nl/jci1.3:c:BWBR0022830&bijlage=4&z=2020-07-08&g=2020-07-08

het Ministerie van VROM, methode II.8. De HMRI is op zijn beurt op vele fronten vergelijkbaar[24] met ISO 9613-2, de volgens de EU-richtlijn aanbevolen methode voor overdrachtsberekeningen voor industriegeluid (windturbinegeluid wordt niet genoemd in de EU-richtlijn). Het Reken- en meetvoorschrift windturbines is gebaseerd op de HMRI, maar is aangevuld met onderdelen die specifiek voor windturbines van belang zijn. Zo komt de beschreven methode om geluidbronmetingen uit te voeren grotendeels overeen met de methode die in IEC 61400-11 wordt beschreven. Daarnaast worden, om de jaargemiddelde geluidemissie van een windturbine te bepalen, windsnelheidsverdelingen beschikbaar gesteld[25] op ashoogtes tussen 10 en 260 meter.
Het Reken- en meetvoorschrift windturbines is daarmee de best beschikbare methode voor het bepalen van windturbinegeluid. Bij de beoordeling van geluid wordt primair gekeken naar de effecten op geluidgevoelige objecten zoals die zijn gedefinieerd in artikel 1 van de Wet geluidhinder. Overige objecten en terreinen worden niet beschermd tegen andersoortige geluidbronnen en worden daarom voor windturbinegeluid eveneens buiten beschouwing en normering gelaten.

Op basis van voorgenoemde redenen wordt het Reken- en meetvoorschrift windturbines toepasbaar geacht om geluidberekeningen uit te voeren voor windturbinegeluid. De methodiek in het Reken- en meetvoorschrift is de best beschikbare methode waarmee de gevolgen voor het milieu inzichtelijk kunnen worden gemaakt.

Rekenmodel

Er is gebruik gemaakt van een akoestisch rekenmodel in Geomilieu® versie V4.50. Dit rekenmodel bevat informatie over de bodemgebieden voor het berekenen van de geluidoverdracht en toetspunten ter plaatse van gevoelige objecten zoals gedefinieerd in de wet geluidhinder. De modellering en de overdrachtsberekening zijn uitgevoerd conform het Reken- en meetvoorschrift windturbines.

2.5 Lokale situatie in project Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

2.5.1 Referentiesituatie

Om de geluideffecten van de realisatie van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen inzichtelijk te maken, wordt naast enkel het initiatief ook het effect ten opzichte van de referentiesituatie bepaald. In de referentiesituatie wordt uitgegaan van een omgeving zonder windpark. In de directe omgeving (< 3 km) van de turbinelocaties bevinden zich geen andere windparken.

Om de effecten van de verschillende normeringen op de cumulatieve geluidbelasting inzichtelijk te maken, is gebruik gemaakt van de zogeheten ‘methode Miedema’, waarin verschillende geluidbronnen bij elkaar worden opgeteld en zo een indicatie gegeven kan worden over de akoestische kwaliteit. In het Activiteitenbesluit en de -regeling is deze methode niet voorgeschreven maar voor de volledigheid is deze methode gebruikt om de effecten inzichtelijk te maken. Met de methode wordt de geluidbelasting per geluidbron omgerekend naar een equivalent geluidniveau waarbij verkeerslawaai evenveel hinder oplevert. Na het omrekenen worden de waardes energetisch gesommeerd. Een beschrijving van de methode is ook te vinden in het eerder uitgevoerde akoestische onderzoek[26]. In Tabel 2.2 is de huidige situatie voor de referentie toetspunten weergegeven, zoals dit in het akoestisch onderzoek uit 2020 is bepaald.

[24] CNOSSOS and industrial noise, R. Witte, DGMR, Euronoise 2018
[25] https://rekentool.mp.nl/informatie.php
[26] 719215 Onderzoek akoestiek en slagschaduw Burgerwindpark A2 Lage Rooijen, Pondera Consult, 17-4-2020

Tabel 2.2 Geluidbelasting huidige situatie voor referentie toetspunten [dB(A)]

Nr	Adres	Geluidbelasting L_{cum} ref. situatie
1	Drielseweg 40	60
2	Maasdijk 63	63
3	Maasboulevard 319	61
4	Kruisdaalderlaan 10	58
5	Hoenzadrielsedijk 9	63
6	Empelsedijk 20	60
7	Veldpad 31	52
8	Empelsedijk 35	52
9	Hoenzadrielsedijk 42	56
10	Drielseweg 11	51
11	Drielse Veldweg 13	53
12	Drielse Veldweg 15	53
13	Drielse Veldweg 19	54
14	Drielse Veldweg 23	55
15	Drielse Veldweg 25	56
16	Drielse Veldweg 27	56
17	Drielse Veldweg 31	58
18	Drielse Veldweg 35	59

2.5.2 Gevolgen realisatie Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

Uitgangspunten berekening

Bij het bepalen van de gevolgen is gekeken naar geluidgevoelige objecten gelegen binnen de 37 dB L_{den} contour van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen (Vestas V117-3.45MW STE op 150 m ashoogte zonder geluidvoorzieningen). Volgens het TNO-rapport is het percentage ernstig gehinderden bij een geluidbelasting lager dan 37 dB L_{den} nog slechts 0,5%. Dit wordt derhalve als zeker aanvaardbaar beschouwd (zie Kader 1.1). Bovendien zijn de daadwerkelijk optredende geluidniveaus in dB(A) binnenshuis bij een geluidbelasting op de buitengevel van L_{den} 37 dB zodanig laag (uitgaande van een gevelwering van 15-20 dB(A)) dat deze niet meer redelijkerwijs waarneembaar zijn en daarmee ook vanuit dit oogpunt zeker aanvaardbaar worden geacht. De beschouwde windturbine (Vestas V117-3.45MW STE) is de luidste van de op dit moment, voor dit project, in overweging zijnde windturbines passend binnen de bandbreedte. Met het beschouwde windturbinetype is de maximale geluidbelasting ter plaatse van de meest maatgevende woning 47 dB L_{den} wanneer er geen geluidreducerende voorzieningen worden toegepast. De Vestas V117-3.45MW STE is minder luid dan de windturbinetypes die in eerdere onderzoeken (in het kader van de m.e.r.-beoordeling, bestemmingsplan en omgevingsvergunningaanvraag) zijn beschouwd (Siemens Gamesa SG 5.0-145). Voor de Siemens Gamesa SG 5.0-145 waren geluidreducerende voorzieningen benodigd om een maximale geluidbelasting van 47 dB L_{den} te verkrijgen op het meest maatgevende toetspunt.

Aangezien de bandbreedte voor dit project windturbines van grotere afmetingen toelaat dan de Vestas V117-3.45MW STE, zijn voor de vergelijking de geluidcontouren inzichtelijk gemaakt van een windturbinetype met grotere dimensies binnen de bandbreedte. Dit is gedaan voor de Vestas V150-4.2MW STE op een ashoogte van 145 m. De geluidcontouren van de Vestas V117-3.45MW STE en de Vestas V150-4.2MW STE zonder geluidvoorzieningen zijn gegeven in Bijlage 5.

Er zijn 169 woningen (incl. één geplande woning gelegen tussen Drielse Veldweg 23 en Drielse Veldweg 25) gesitueerd binnen de voorgenoemde 37 dB L_{den} contour van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen (met Vestas V117-3.45MW STE zonder geluidvoorzieningen).

Maximale en minimale geluidniveaus

De maximale geluidbelasting bij woningen in dB L_{den} als gevolg van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen bedraagt (zonder toepassing van geluidemissie reducerende voorzieningen) 47 dB L_{den}. Een hogere geluidbelasting wordt daarmee dus daarom niet onderzocht. Door de (referentie)windturbines van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen in een stillere modus te laten draaien is het mogelijk om de geluidbelasting van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen te reduceren tot waardes van bijv. 46 en 45 dB L_{den}.

Er is bewust gekozen om het minimale geluidniveau uit te werken tot niveaus van 45 dB L_{den}. Dit is de drempelwaarde die voorlopig is geadviseerd in het eerder beschreven onderzoek van de WHO. Bij deze waarde, maar ook bij hogere waarden, worden geen gezondheidseffecten (anders dan hinder) verwacht (zie Kader 2.2). Bij een geluidnorm van 45 dB L_{den} is er voor het project Burgerwindpark A2 Lage Rooijen een relatief laag percentage ernstig gehinderden binnenshuis van 0,6% (Tabel 2.3).

In Bijlage 3 zijn voor de verschillende waarden van normstellingen bij woningen voor Burgerwindpark A2 Lage Rooijen de configuratie van geluidvoorzieningen weergegeven om de voorgenoemde waardes te halen.

Bepaling aantal ernstig gehinderden binnenshuis

Volgens CBS[27] bedraagt de gemiddelde huishoudensgrootte in 2020 in gemeente Maasdriel 2,3 personen per huishouden. Per huishouden/woning is de geluidbelasting bepaald en op basis van de dosishinderrelatie uit het TNO-rapport het aantal ernstig gehinderden[28] binnenshuis bepaald (Highly annoyed) door het percentage te vermenigvuldigen met 2,3. Als voorbeeld: een woning ervaart een geluidbelasting van 47 dB L_{den}. Het percentage ernstig gehinderden dat hiermee correspondeert is 8,09%. Als 8,09% van 2,3 personen ernstige hinder ervaart van het windturbinegeluid, resulteert dat in 0,17 ernstig gehinderde personen. Door dit voor een groot aantal woningen te doen en bij elkaar op te tellen, wordt het totaal potentieel aantal ernstig gehinderden berekend.

Het plangebied en omgeving bevat 169 woningen van derden (niet-molenaarswoningen) binnen de 37 dB-contour zonder mitigatie. Vermenigvuldigd met de gemiddelde bezetting per huishouden betekent dit dat er circa 395 personen in en rond het plangebied wonen die geen directe relatie met het windpark hebben (verder: de populatie). De effecten op deze populatie worden in de beschouwing van de verschillende scenario's steeds vergeleken. In de referentiesituatie is er geen sprake van een bestaand windpark en zijn er dus geen ernstig gehinderden aanwezig onder de populatie.

[27] CBS Statline, geraadpleegd op 14-7-2021, onderwerp: Regionale kerncijfers Nederland, https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/70072ned/table?dl=58AA7
[28] TNO-rapport: Hinder door geluid van windturbines, 2008-D-R1051/B, TNO, 2008

De invloed van het reduceren van de toegestane geluidbelasting van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen in stappen van 1 dB L_{den} op het aantal ernstig gehinderden binnenshuis, op basis van de dosishinderrelatie uit het TNO-rapport van 2008, is hieronder weergegeven in Tabel 2.3. Opgemerkt dient te worden dat het hier steeds gaat om een theoretische weergave van het aandeel van de bevolking dat ernstige hinder en dat de beleving van deze hinder niet continu aanwezig is maar zal optreden op de momenten met heersende weersomstandigheden die een effect veroorzaken wat als hinderlijk wordt ervaren (o.a. afhankelijk van windsnelheid en -richting).

Tabel 2.3 Verwacht aantal ernstig gehinderden binnenshuis in na realisatie van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

Situatie	Ernstig gehinderd (binnenshuis)	
	Aantal	% van de populatie
Zonder geluidmitigatie (max. 47 dB Lden)	5,3	1,3%
Tot 46 dB L_{den} mitigeren	3,4	0,9%
Tot 45 dB L_{den} mitigeren	2,5	0,6%

Uit bovenstaande tabel blijkt dat als Burgerwindpark A2 Lage Rooijen wordt gerealiseerd zonder toepassing van geluidvoorzieningen (47 dB L_{den}), dan leidt dit tot circa 5,3 personen met ernstige hinder. Door Burgerwindpark A2 Lage Rooijen te limiteren tot 45 dB L_{den}, is het aantal ernstig gehinderden 2,5 personen. In Bijlage 4 is een vergelijkbare berekening gedaan voor het aantal gehinderden.

Energieproductieverliezen als gevolg van mitigatie

De energieproductieverliezen die het gevolg zijn van het hanteren van een bepaalde waarde zijn per scenario weergegeven in Tabel 2.4 voor windturbines van het type Vestas V117-3.45MW STE. Onderstaande verliezen zijn turbinetype specifiek. De voor deze situatie doorgerekende windturbine is stiller dan de eerder (voor de vergunningaanvraag) doorgerekende Siemens Gamesa SG-5.0-145, maar de luidste van de in overweging zijnde windturbines voor dit windpark. Een stiller windturbinetype kán leiden tot minder geluidmitigatie en daarmee minder productieverlies, maar is turbineafhankelijk.

Tabel 2.4 Verwachte productieverlies veroorzaakt door geluidmitigatie van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

Scenario	Opbrengstverlies veroorzaakt door geluidmitigatie	Opbrengstverlies veroorzaakt door geluidmitigatie (MWh)
Geen geluidmitigatie (max 47 dB L_{den})	0%	0
Tot 46 dB Lden mitigeren	4,5%	1.558
Tot 45 dB Lden mitigeren	8,5%	2.974

Tabel 2.5 Verwachte productieverlies per windturbine veroorzaakt door geluidmitigatie van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

Scenario	Opbrengstverlies veroorzaakt door geluidmitigatie		
	WT1	WT2	WT3
Geen geluidmitigatie (max 47 dB L_{den})	0%	0%	0%
Tot 46 dB L_{den} mitigeren	7,1%	6,2%	0%
Tot 45 dB L_{den} mitigeren	18,3%	7,2%	0%

2.5.3 Geluidbelasting ter plaatse van woningen

Woningen van derden

Voor Burgerwindpark A2 Lage Rooijen zijn diverse geluidnormen onderzocht, variërend van maximaal 47 dB L_{den} (zonder toepassing van geluidvoorzieningen) tot 45 dB L_{den}. Voor deze verschillende scenario's is voor de 169 woningen in de omgeving de geluidbelasting in dB L_{den} bepaald en gecategoriseerd weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 2.6 Aantal woningen per geluidbelasting in dB Lden

Geluidbelasting dB L_{den}	Geen mitigatie max 47 dB L_{den}	Mitigatie naar 46 dB L_{den}	Mitigatie naar 45 dB L_{den}
<37	5	81	103
37	82	37	25
38	37	16	11
39	15	6	2
40	2	4	6
41	5	5	6
42	5	4	2
43	3	1	3
44	0	3	5
45	3	6	6
46	4	6	0
47	8	0	0
Totalen	169	169	169

Uit Tabel 2.6 kan worden opgemaakt dat zonder geluidvoorzieningen (max 47 dB L_{den}) voor Burgerwindpark A2 Lage Rooijen er 12 van de 169 beschouwde woningen een geluidbelasting van meer dan 45 dB L_{den} ervaren en 18 woningen ervaren een geluidbelasting van meer dan 42 dB L_{den}. Zonder geluidvoorzieningen zijn er bijvoorbeeld 82 woningen een geluidbelasting van 38 dB L_{den} of hoger ervaren (alle woningen vanaf een geluidbelasting van 38 dB L_{den} opgeteld). Bij normstelling van 46 dB L_{den} zijn er nog 51 woningen met een geluidbelasting van 38 dB L_{den} of hoger en bij een normstelling van 45 dB L_{den} nog 41 woningen met een geluidbelasting van 38 dB L_{den} of hoger. De tabel laat daarmee zien dat er bij een lagere getalsnorm voornamelijk 'winst' wordt behaald bij woningen die al een relatief lage geluidbelasting ervaren (rond de 38 dB L_{den}). Hier was het verschil tussen geen geluidvoorzieningen en mitigeren naar 46 dB L_{den} 0,4% ernstig gehinderden binnen de populatie[29], en van 46 dB naar 45 dB L_{den} een verschil van 0,3% ernstig gehinderden binnen de populatie.

2.5.4 Cumulatie met andersoortige geluidbronnen

In de omgeving van het plangebied van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen zijn binnen 3 km geen andere bestaande windturbines gesitueerd. Andere geluidbronnen in de omgeving zijn wegverkeer van de A2/E25, railverkeer en scheepvaartverkeer op de Maas. De cumulatieve geluidbelasting is eerder in kaart

[29] Woningen met een geluidbelasting van 37 dB Lden of hoger, zonder toepassing van geluidvoorzieningen

gebracht in het akoestisch rapport[30] voor Burgerwindpark A2 Lage Rooijen. Daarmee heeft reeds een ruimtelijke afweging over de hoeveelheid cumulatieve geluidbelasting in de omgeving plaatsgevonden. Met het vervallen van de windturbinebepalingen in het Activiteitenbesluit Milieubeheer is deze afweging niet gewijzigd, immers de huidige situatie en toevoeging als gevolg van de windturbines blijft hetzelfde. Voor de referentietoetspunten (maatgevende toetspunten rondom het windpark) zijn de cumulatieve geluidbelastingen (zoals berekend in het akoestisch onderzoek uit 2020[30]) weergegeven voor de referentiesituatie zonder windpark en een situatie met een windpark[31] uitgaande van een maximale geluidbelasting van 47 dB L_{den} op omliggende geluidgevoelige objecten.

Tabel 2.7 Cumulatieve geluidbelasting zonder en met Burgerwindpark A2 Lage Rooijen [dB(A)]

Nr	Adres	Geluidbelasting L_{cum} ref. situatie	Geluidbelasting dB Lden WP Lage Rooijen	Geluidbelasting L_{cum} toekomstige situatie
1	Drielseweg 40	60	35	60
2	Maasdijk 63	63	34	63
3	Maasboulevard 319	61	35	61
4	Kruisdaalderlaan 10	58	35	58
5	Hoenzadrielsedijk 9	63	42	63
6	Empelsedijk 20	60	39	60
7	Veldpad 31	52	36	53
8	Empelsedijk 35	52	34	52
9	Hoenzadrielsedijk 42	56	42	57
10	Drielseweg 11	51	41	53
11	Drielse Veldweg 13	53	44	56
12	Drielse Veldweg 15	53	45	57
13	Drielse Veldweg 19	54	46	58
14	Drielse Veldweg 23	55	47	59
15	Drielse Veldweg 25	56	47	60
16	Drielse Veldweg 27	56	47	60
17	Drielse Veldweg 31	58	47	60
18	Drielse Veldweg 35	59	46	61

Milieutechnisch gezien is er in het plangebied van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen geen aanleiding om een norm te stellen voor cumulatie van windturbinegeluid met andersoortige geluidbronnen. Op verzoek van gemeente Maasdriel is wel de akoestische kwaliteit van de omgeving inzichtelijk gemaakt middels de methode Miedema, waarin de referentiesituatie (met snelweg, spoorweg en vaarweg) wordt vergeleken met de toekomstige situatie, waarbij verschillende normeringen worden gehanteerd. In onderstaande Tabel 2.8 is voor de referentiesituatie en de drie mogelijke toekomstige situaties het aantal woningen per cumulatieve geluidbelastingsklasse weergegeven.

[30] Onderzoek Akoestiek en Slagschaduw Burgerwindpark A2 Lage Rooijen, 17-4-2020, Pondera Consult, 719215.
[31] In het onderzoek uit 2020 is gerekend met luidere, worst-case, windturbines en de resultaten zullen niet volledig overeenkomen met de in het voorliggende onderzoek doorgerekende windturbine.

Tabel 2.8 Aantal woningen per cumulatieve geluidbelastingsklasse (zonder en met windpark)

Geluidbelastingklasse	Ref. situatie	Geen geluidnorm (Max 47 dB L_{den})	Geluidnorm 46 dB L_{den}	Geluidnorm 45 dB L_{den}
≤ 45 dB L_{cum}	14	0	0	0
46 – 50 dB L_{cum}	21	25	26	27
51 – 55 dB L_{cum}	116	117	117	117
56 – 60 dB L_{cum}	13	20	21	20
61 – 65 dB L_{cum}	4	6	4	4
> 65 dB L_{cum}	1	1	1	1

Door het hanteren van een strengere norm dan 47 dB L_{den} neemt het aantal woningen tussen 61 en 65 dB L_{cum} af van 6 naar 4. Het aantal woningen tussen de 56 en de 60 dB L_{cum} blijft nagenoeg gelijk. De effecten van een strengere norm op de cumulatieve geluidbelasting zijn beperkt.

2.6 Normstelling voor geluid Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

Windturbinegeluid kan hinderlijk zijn en dat maakt dat het wenselijk is geluidniveaus bij geluidsgevoelige objecten te beperken tot een aanvaardbaar niveau, teneinde een goed woon- en leefklimaat voor omwonenden te kunnen garanderen en daarmee effecten op het welbevinden te kunnen minimaliseren. Uit de beschikbare wetenschappelijke onderzoeken van het RIVM, WHO en TNO komen inzichten naar voren over de hinderlijkheid van windturbinegeluid bij verschillende niveaus. In de huidige situatie vooraf aan de ontwikkeling van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen is geen sprake van significante geluidbelasting op de omgeving en geluidgevoelige objecten als gevolg van bestaande windturbines (binnen <4 km van het plangebied bevinden zich geen bestaande windturbines).

Na realisatie van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen zal dit windpark – zonder het nemen van mitigerende maatregelen – een maximale geluidbelasting van L_{den} 47 dB veroorzaken op omliggende geluidgevoelige objecten. De geluidsbelasting die zonder mitigerende maatregelen optreedt, leidt tot een toename van het aantal ernstig gehinderden van circa 5,3 in de beschouwde populatie in de invloedssfeer van het park (zie tabel hieronder herhaald zoals eerder gegeven in Tabel 2.3 paragraaf 2.5.2).

Tabel 2.9 Aantal gehinderden als gevolg van mitigerende maatregelen bij verschillende normstelling

Situatie	Ernstig gehinderd (binnenshuis)	
	Aantal	% van de populatie (395 personen)
Zonder geluidmitigatie (max. 47 dB Lden)	5,3	1,3%
Tot 46 dB L_{den} mitigeren	3,4	0,9%
Tot 45 dB L_{den} mitigeren	2,5	0,6%

In de gemeente Maasdriel wonen in 2021 25.542 inwoners[32], waarvan er dus 395 een geluidbelasting van 37 dB Lden of hoger kunnen ondervinden. Afhankelijk van de opgelegde geluidnorm zal hierbij circa 2 tot 5 van deze 395 omwonenden ernstige hinder ondervinden van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen.

[32] https://opendata.cbs.nl/statline/?dl=16D63#/CBS/nl/dataset/70072ned/table

Om een lagere geluidbelasting op de gevel van omliggende woningen te kunnen realiseren zijn mitigerende maatregelen nodig. Die bestaan uit enerzijds het realiseren van een ander windturbinetype en anderzijds het in een andere geluidmodus laten draaien van een of meerdere windturbines gedurende een of meerdere periodes van de dag, avond en/of nacht. Het toepassen van geluidmodi tot een lagere MWh productie van de betreffende windturbines. In onderstaande tabel is opnieuw weergegeven welke gevolgen er optreden voor de verwachte energieproductie van het windpark bij verschillende geluidnormen.

Tabel 2.10 Energieopbrengstverlies als gevolg van mitigerende maatregelen bij verschillende normstelling

Geluidbelasting dB L_{den}	**Verwachte energieopbrengst per jaar (MWh)**	**Jaarlijks verlies als gevolg van mitigerende maatregelen (MWh)**	**Percentage verlies t.o.v. situatie zonder mitigatie**
Zonder mitigatie	34.908	-	-
L_{den} 46 dB	33.350	1.558	4,5%
L_{den} 45 dB	31.934	2.974	8,5%

Tabel 2.3 toont dat bij het hanteren van een normstelling van 47 L_{den} (geen geluidvoorzieningen benodigd) het gebied circa 5,3 ernstig gehinderde personen telt volgens de dosis-responsrelaties van het TNO-rapport van 2008. Dit is 1,3% binnen de populatie van 395 personen binnen de invloedssfeer van het windpark. Bij een normstelling van 46 dB L_{den} is de potentiële winst maximaal circa 1,9 ernstig gehinderde minder, een verschil van 0,4% van de omvang van de populatie. Dit gaat ten koste van circa 4,5% (1.558 MWh) van de energieopbrengst. Bij het hanteren van een norm van 45 dB L_{den} neemt de potentiële winst verder af met circa 0,9 ernstig gehinderde minder ten opzichte van 46 dB L_{den}, een verschil van 0,4% binnen de omvang van de populatie. Dit gaat echter significant ten koste van de opbrengst, namelijk een verlies van 8,5% (2.974 MWh) ten opzichte van de situatie waarbij geen geluidvoorzieningen zijn toegepast. Tabel 2.5 laat zien dat voornamelijk de opbrengst van WT1 flink afneemt met een opbrengstverlies van 18,3%.

Uit de analyses blijkt dat bij realisatie van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen zonder geluidvoorzieningen de maximale geluidbelasting 47 dB L_{den} bedraagt, waarbij het percentage ernstig gehinderden 1,3% telt van de omvang van de populatie. Dit geeft weer dat het gros van de personen in de populatie op grotere afstanden van de windturbines wonen. Er kan hiermee worden gesteld dat het aandeel gehinderden binnen de populatie relatief laag is gezien de indeling van de woningen ten opzichte van de posities van de windturbines. De winst die valt te behalen door een geluidnorm van 46 dB L_{den} of 45 dB L_{den} te hanteren is daarmee relatief laag (verschil van 0,4% ernstig gehinderden bij 46 L_{den} en nogmaals 0,3% ernstig gehinderden bij 45 L_{den}) ten opzichte van de productieverliezen (respectievelijk 4,5% en 8,5% bij het hanteren van 46 L_{den} en 45 L_{den}).

Conclusies

Vanuit wetenschappelijk perspectief (zie paragraaf 2.3) leidt een geluidnorm van 47 dB L_{den} niet tot onaanvaardbare hinder of gezondheidseffecten. Het stellen van een geluidnorm van 45 dB L_{den} (voorwaardelijke aanbeveling van het WHO) leidt tot een reductie van 0,8% ernstig gehinderden (t.o.v. de omvang van de populatie) ten opzichte van een geluidnorm van 47 dB L_{den}. Wanneer daarbij in acht wordt genomen dat de akoestische situatie ter plaatse als gevolg van reeds aanwezige geluidbronnen (verkeerslawaai A2, railverkeer en scheepvaart) al beïnvloed wordt waardoor in ieder geval in de dag- en

avondperiode het windturbinegeluid niet maatgevend zal zijn, kan geconcludeerd worden dat er geen aanleiding is op deze specifieke locatie een strengere geluidnorm te stellen dan 47 dB L_{den}. Het hanteren van een L_{night} norm van 41 dB biedt daarnaast bescherming voor de nachtperiode, wanneer wegverkeerslawaai, railverkeerslawaai en scheepvaartlawaai in veel mindere mate aanwezig is.

3 Slagschaduw en lichtschittering van windturbines

3.1 Inleiding

De draaiende rotorbladen van windturbines kunnen een bewegende schaduw op hun omgeving werpen op het moment dat de zon schijnt. Deze zogenaamde ‘slagschaduw’ kan onder bepaalde omstandigheden als hinderlijk worden ervaren door personen in de omgeving. Daarnaast kan (zon)licht reflecteren van onderdelen van de windturbine, dit wordt ‘lichtschittering’ genoemd. Beide fenomenen kunnen zich alleen voordoen indien er sprake is van zonneschijn. In bewolkte weersomstandigheden treden deze effecten niet op. De impact van slagschaduw op de omgeving verschilt sterk, afhankelijk van de locatie van de windturbine, de locatie van de plek waar een waarnemer verblijft, de afmetingen van de windturbine en de windrichting en zonneschijnduur.

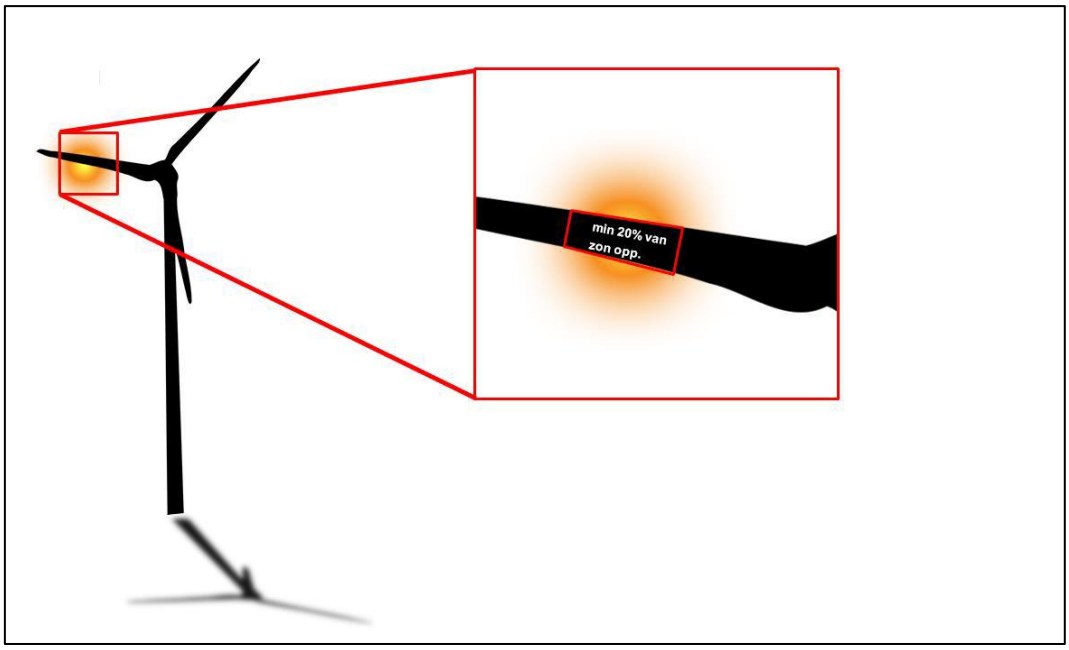
3.2 Achtergrond: inzichtelijk maken van slagschaduw

3.2.1 Wanneer is sprake van slagschaduw?

Om te kunnen spreken van slagschaduw(hinder) op de omgeving moet aan een paar voorwaarden worden voldaan:

1. er is sprake van een minimale afdekking van de lichtbron (in dit geval de zon) van 20% van het oppervlak van bron (zie figuur 3.1). Indien dit minder is, zal zoveel licht rond het object – in dit geval het windturbineblad - buigen dat van een effectieve schaduw geen sprake is. Hoe kleiner de afdekking, hoe ‘diffuser’ de schaduw[33];

Figuur 3.1 Minimale afdekking als voorwaarde voor optreden ‘schaduw’



[33] De afstand waarbij 20% afscherming van de zon optreedt kan berekend worden met: Max. distance = (5*w*150.000.000) / 1.097.780 waarbij w staat voor de gemiddelde dikte van een rotorblad gebaseerd op de maximale dikte en de dikte op 90% rotorbladlengte. Alternatief kan ook = w / bgtan((0,2*π*(0,531/2)^2)/0,531) gebruikt worden.

2. Er moet sprake zijn van een minimale stralingsintensiteit van 120 Watt/m2 om het voor een hinderervaring benodigde contrast (schaduw) te kunnen laten optreden[34];
3. De windturbine moet in bedrijf zijn (draaien) om te kunnen spreken van hinderlijke slagschaduw;
4. Er dient sprake te zijn van een ruimte met een beperkt aantal lichtbronnen die significant kunnen worden afgeschermd door een bewegende slagschaduw. De ervaring van een bewegende schaduw in de buitenlucht wordt niet als hinderlijk ervaren.
5. De schaduw moet daadwerkelijk de gevel van het gevoelige object kunnen bereiken en dus niet afgeschermd worden door obstakels zoals gebouwen of bomen ('line of sight').

3.2.2 Wanneer is een object of terrein 'slagschaduwgevoelig'?

Niet op alle plekken waar slagschaduw theoretisch kan optreden is er sprake van een milieu- of hindereffect. In een weiland of op open water, waar geen of zeer weinig mensen aanwezig (kunnen) zijn leidt de slagschaduw immers niet tot een waarneembare hinder. In zoverre is dit vergelijkbaar met geluid, waar de beoordeling plaatsvindt op geluidgevoelige objecten (zie 2.4). Voor slagschaduw is er echter aanleiding dit te verfijnen omdat er ook verschillen bestaan tussen de effecten van geluid en slagschaduw. Bijvoorbeeld in een gebouw zonder ramen in de gevel in de richting van de windturbine kan geluid nog steeds een effect veroorzaken, echter een effect van slagschaduw is per definitie uitgesloten omdat er geen licht door een dichte gevel kan dringen.

Voor de definitie van een slagschaduw gevoelig object of terrein maken we onderscheid tussen objecten of terreinen bedoelt voor permanent verblijf van personen (o.a. woningen) en objecten of terreinen waar gedurende een langere tijdsduur (bijvoorbeeld een werkdag) mensen aanwezig zijn, maar niet permanent wonen. Daarvoor hanteren we de volgende definities:

<u>Een slagschaduwgevoelig object of terrein:</u>
Ieder object bedoeld voor bewoning of anderszins voor permanent verblijf van personen (woningen, woonboten of woonwagens en zorginstellingen) en voor zover de gevel of het dakvlak voorzien is van één of meerdere lichtdoorlatende vlakken in de richting van de windturbine(s).

<u>Overige slagschaduwgevoelige objecten:</u>
Overige objecten voor zover personen in een ruimte binnen dit object gedurende langere aaneengesloten tijd verblijven tijdens de daglichtperiode, en voor zover dit een gebouw of bouwwerk betreft, de gevel of het dakvlak voorzien is van één of meerdere lichtdoorlatende vlakken in de richting van de windturbine(s).

Voorbeelden van overige slagschaduwgevoelige objecten (anders dan woningen en zorginstellingen) zijn dan onder andere: scholen, kantoorgebouwen, horecagelegenheden en kampeerterreinen. Een stal, opslagloods, landbouwgrond, sportveld of parkeerterrein zijn voorbeelden van niet-slagschaduwgevoelige objecten of terreinen. Voor zover slechts een deel van een object als slagschaduwgevoelig kan worden aangemerkt (bijvoorbeeld een bedrijfspand met bijbehorend kantoorgedeelte), hoeft alleen dat deel als slagschaduwgevoelig te worden beschouwd.

[34] World Meteorological Organization, 2021; Chapter 8 Measurement of sunshine duration: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3154

Kader 3.1 Slagschaduwgevoeligheid terrassen en balkons (buitenruimte)

Bescherming is primair gericht op locaties waar personen gedurende langere tijd verblijven. Daarom zijn onder andere woningen en zorginstellingen als slagschaduwgevoelig aangemerkt. Buitenruimte behorende bij deze gebouwen (zoals terrassen of balkons) is niet afzonderlijk als slagschaduwgevoelig aangemerkt. Reden hiervoor is tweeledig: enerzijds is het voor een persoon die zich in een binnenruimte bevindt waarop slagschaduw optreedt niet eenvoudig mogelijk om naar een andere plek te vertrekken om daarmee de schaduwhinder te voorkomen. Dat is in de buitenruimte wel eenvoudig(er) mogelijk. Bovendien is buiten het aanwezige licht per definitie afkomstig van een grote hoeveelheid bronnen (reflecties, omgevingslicht) waardoor de hinderlijkheid van de slagschaduw in een buitenruimte zeer beperkt is. Anderzijds wordt door het gebouw zelf te beschermen tegen eventuele hinder de aangrenzende buitenruimte in de nabijheid van een gebouw al automatisch meegenomen in een groot deel van de stilstandvoorziening. De schaduw zal in de praktijk namelijk verplaatsen en dus niet alleen op het gebouw of alleen op de aangrenzende buitenruimte plaatsvinden, maar vrijwel altijd in combinatie. Er is daarom geen reden om de buitenruimte rondom een slagschaduwgevoelig object als afzonderlijk schaduwgevoelig aan te merken.

3.2.3 Hinderlijkheid van slagschaduw

Gevolgen van slagschaduw

Het menselijk oog is gevoelig voor optredende verschillen tussen licht en donker en voor snelle bewegingen. Dit trekt aandacht en leidt af, waardoor dit als hinderlijk kan worden ervaren door de waarnemer. De mate van hinder van een passerende schaduw wordt onder meer bepaald door de frequentie van het passeren (rotortoerental), door de blootstellingsduur en door de intensiteit van de wisselingen in lichtsterkte.

Uit onderzoek dat in 1999 in Duitsland is verricht blijkt dat omwonenden van windturbines die een netto slagschaduwduur van meer dan 15 uur per jaar ervaren een hogere mate van dagelijkse hinder ervaren in hun leefomgeving[35]. Herhaaldelijke of langdurige blootstelling hieraan kan bovendien leiden tot stress en concentratieverlies. Onderzoekers van de Universiteit van Kiel vonden in dezelfde laboratoriumstudie een duidelijke relatie tussen blootstellingsduur aan slagschaduw en de ervaren hinder voor de testpersonen. Uit het laboratoriumonderzoek komt specifiek naar voren dat in de eerste 20 minuten dat contrastrijke slagschaduw optreedt een fysieke reactie worden veroorzaakt, die bij langere blootstelling daarna door het lichaam wordt gecompenseerd. De onderzoekers hebben aanbevolen de slagschaduwduur te beperken om effecten op langere termijn te voorkomen vanwege de energie die deze compensatie kost.

Bij frequenties hoger dan 2,5 Hz (aantal passeringen per seconde) kan als gevolg daarvan sprake zijn een fysiologisch effect in de vorm van een kans op een epileptische aanval bij personen die gevoelig zijn voor licht[36]. Bij grote moderne windturbines treedt dit niet op aangezien de frequentie veel lager dan 2,5 Hz (veelal beneden de 1 Hz) is, omdat de rotorbladen relatief weinig omwentelingen per minuut maken.

Er is geen bewijs gevonden dat directe blootstelling aan slagschaduw bij frequenties beneden de 2,5 Hz an sich gezondheidseffecten veroorzaakt. In de periode sinds dit onderzoek zijn in Europa vele duizenden windturbines gerealiseerd waaruit geen wetenschappelijk vastgestelde gevallen van gezondheidseffecten als gevolg van slagschaduw bekend zijn en er zijn ook geen andere onderzoeken gepubliceerd die een

[35] Pohl, J, Faul, F, & Mausfeld, R; Belästigung durch periodischen schattenwurf von Windenergieanlagen, 1999.
[36] Parsons Brinckerhoff, 2006; Update of UK Shadow flicker Evidence Base

andere conclusie geven op dit punt. Directe gevolgen voor de gezondheid als gevolg van blootstelling aan slagschaduw – mits frequenties beneden 2,5 Hz blijven - zijn daarmee niet aannemelijk. Slagschaduw wordt echter wel als hinderlijk beschouwd en dit is aanleiding de slagschaduw te normeren.

Kader 3.2 Toegenomen afmetingen windturbines in relatie tot bruikbaarheid onderzoeksresultaten

Hoewel het uitgevoerde laboratoriumonderzoek uit 1999 stamt gaat het in op de effecten van slagschaduw op het menselijke welbevinden. Hoewel windturbines sinds die tijd veel groter zijn geworden heeft dat geen effect op de bruikbaarheid van de resultaten van het onderzoek, omdat de slagschaduw op zichzelf van een kleine windturbine niet anders is dan die van een grote windturbine. Alleen de afstand waarop het fenomeen zich kan voordoen wordt groter met de toenemende afmetingen van de windturbines.

Hinder beperken in de tijd

Uit een vergelijkende literatuurstudie uit 2017 van Koppen et al[37], blijkt dat in veel landen een maximale slagschaduwduur op een slagschaduwgevoelig object wordt gehanteerd van 8 uur per jaar, in sommige gevallen aangevuld met een maximum per dag van 30 minuten. Jaarlijks schijnt de zon, volgens de KNMI, gemiddeld zo'n 1.550 uur in Nederland (minimaal circa 1.400 uur en maximaal circa 1.700 uur). Een jaar telt 8.760 uren en de daglichtperiode is ongeveer de helft daarvan (4.380 uur). Dit betekent dat ongeveer 15% van het jaar de zon schijnt. Er is dus slechts een beperkt deel van het jaar dat slagschaduw kan optreden. In onderstaande tabel is deze verhouding tussen de totale zonneschijn en daglichtduur per jaar afgezet tegen een bepaalde slagschaduwduur.

Tabel 3.1 Percentage tijd i.r.t. slagschaduwduur

Netto slagschaduw duur per jaar	Percentage van de totale daglichtperiode per jaar	Percentage van het totaal aantal zonuren per jaar
25 uur	0,57%	1,61%
20 uur	0,46%	1,29%
15 uur	0,34%	0,97%
10 uur	0,23%	0,65%
8 uur	0,18%	0,52%
6 uur	0,14%	0,39%
2 uur	0,05%	0,13%

In Nederland wordt nu veelal een maximale slagschaduwduur van 6 uur op een slagschaduwgevoelig object gehanteerd. Als uitgegaan wordt van maximaal 6 uur slagschaduw per jaar, dan bedraagt dit circa 0,4% van het gehele maximale percentage aan zonuren per jaar. Vervolgens wordt er ook vanuit gegaan dat gedurende deze 6 uur slagschaduw daadwerkelijk iemand zich bevindt in een ruimte waarop de slagschaduw optreedt. In praktijk kan iemand op dat moment niet thuis zijn of zich ergens in huis bevinden waar de slagschaduw niet merkbaar is. Blootstelling aan slagschaduw volgens deze beoordelingssystematiek is op jaarbasis dus zeer beperkt.

[37] Koppen, E, et al, 2017; International Legislation and Regulations for Wind Turbine Shadow Flicker Impact

Er is internationaal beperkt onderzoek beschikbaar naar de relatie tussen blootstellingsduur aan slagschaduw effecten hiervan op personen. In 2016 heeft Health Canada[38] aanvullend onderzoek gedaan naar variabelen die de hoogte van de ervaren hinder beïnvloeden. Hieruit is gebleken dat wanneer de aaneengesloten blootstellingsduur van slagschaduw onder de 10 minuten is, de hinder beperkt is tot 3,8% van de blootgestelde personen. Indien de blootstellingsduur meer dan 30 aaneengesloten minuten bedraagt, ervaart 21,1% van de personen ernstige hinder. Deze en de tussenliggende waardes zijn uiteengezet in Tabel 3.2. Dit is voor zover bekend de enige dosis-effectrelatie studie die bekend is in relatie tot slagschaduw van windturbines[39].

Tabel 3.2 Mate van ernstige hinder bij verschillende aangesloten blootstellingsduren[40]

Blootstelling slagschaduw	≥ 0 minuten en ≤10 minuten	≥ 10 minuten en ≤20 minuten	≥ 20 minuten en ≤30 minuten	≥ 30 minuten
Mate van ernstige hinder	3,8%	5,2%	13,5%	21,1%

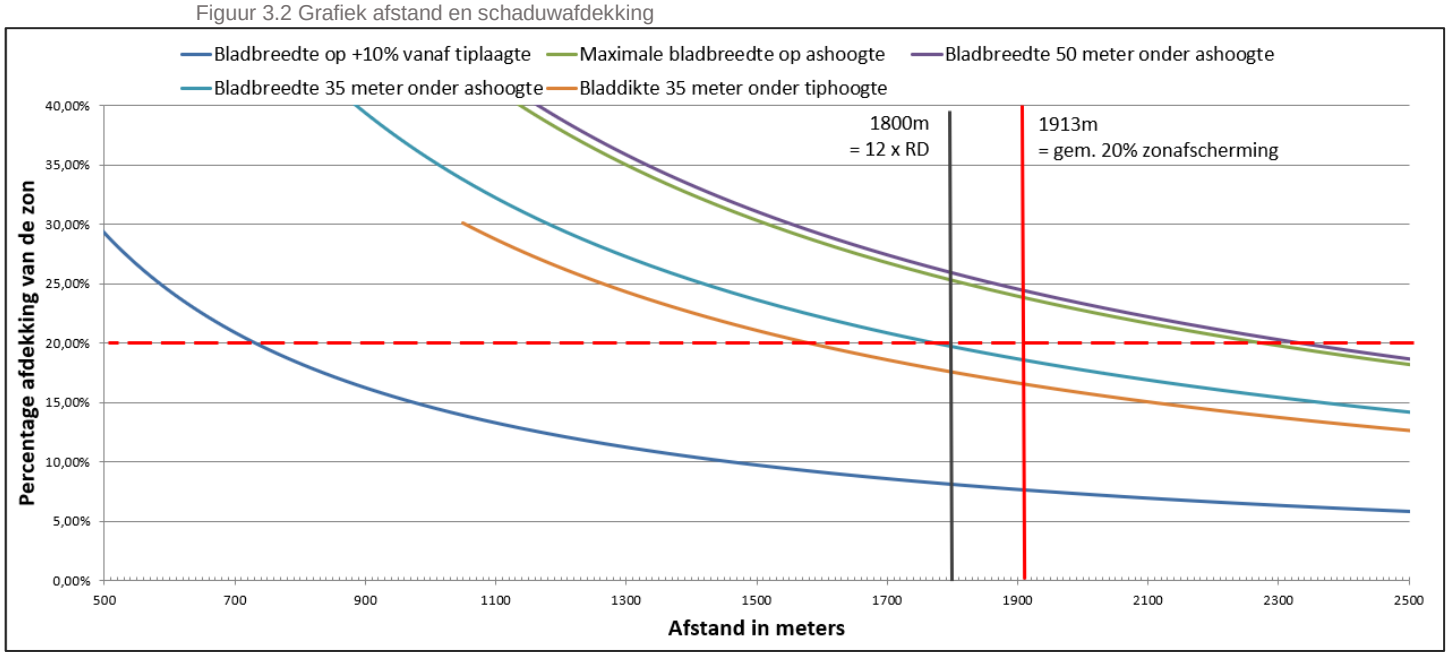
Tot slot wordt opgemerkt dat verscheidene landen een bruto slagschaduwnorm[41] hanteren. Omdat de dosis-effectrelatie gaat over de daadwerkelijke blootstelling aan slagschaduw wordt een netto blootstellingsduur[42] als een betere beoordelingsmaat gezien. Bij een bruto beoordelingsmaat is namelijk nog steeds onduidelijk welke netto belasting en dus welke effecten op de omgeving dit daadwerkelijk oplevert.

Hinder beperkt tot afstand

In theorie kan een slagschaduw bij een heel lage zonnestand en een vrij blikveld zeer ver reiken. Echter, er is een beperking aan de afstand waarop nog gesproken kan worden van enige mate van invloed[43]. Specifiek voor slagschaduw geldt dat de schaduw minder scherp wordt naarmate de afstand toeneemt, omdat op grotere afstanden de afdekking van de zon door het windturbineblad nog maar beperkt is. In Figuur 3.1 is eerder weergegeven dat een minimale afdekking moet bestaan van 20% om te spreken van enige waarneembare schaduw. Bij moderne windturbines is dit – afhankelijk van de afmeting van de windturbine - op afstanden van circa 1.800 – 2.000 meter niet meer aan de orde (zie Figuur 3.2 voor een voorbeeld windturbine). De afstand geldt van een punt op ashoogte van de windturbine tot de gevel van het slagschaduwgevoelige object.

[38] https://asa.scitation.org/doi/pdf/10.1121/1.4942403
[39] De onderzoekers geven aan dat de gepresenteerde dosis effectrelatie minder sterk is, wanneer enkel naar slagschaduw onafhankelijk van geluidbelasting wordt gekeken.
[40] Voicescu, et al. 2016; Estimating annoyance to calculated wind turbine shadow flicker is improved when variables associated with wind turbine noise exposure are considered, The Journal of the Acoustical Society of America 139, 1480 (2016); doi: 10.1121/1.4942403
[41] In dit geval wordt de maximale theoretische slagschaduwduur bedoeld, gebaseerd op een situatie dat de zon altijd schijnt gedurende de daglichtperiode, de windturbine altijd draait en de wind vanuit een (on)gunstige richting waait.
[42] Netto betekent dat rekening wordt gehouden met kans op zonneschijn, windrichting en beschikbaarheid van de windturbine. Bruto betekent de theoretisch maximale hoeveelheid slagschaduw een toetspunt kan ervaren.
[43] ECLI:NL:RVS:2018:616, waarin wordt gesproken van tien keer de tiphoogte als afstand waarop in beginsel geen gevolgen van enige betekenis zijn te verwachten van een windpark.

Figuur 3.2 Grafiek afstand en schaduwafdekking



3.3 Beoordelingskader voor slagschaduw

Blootstellingsduur

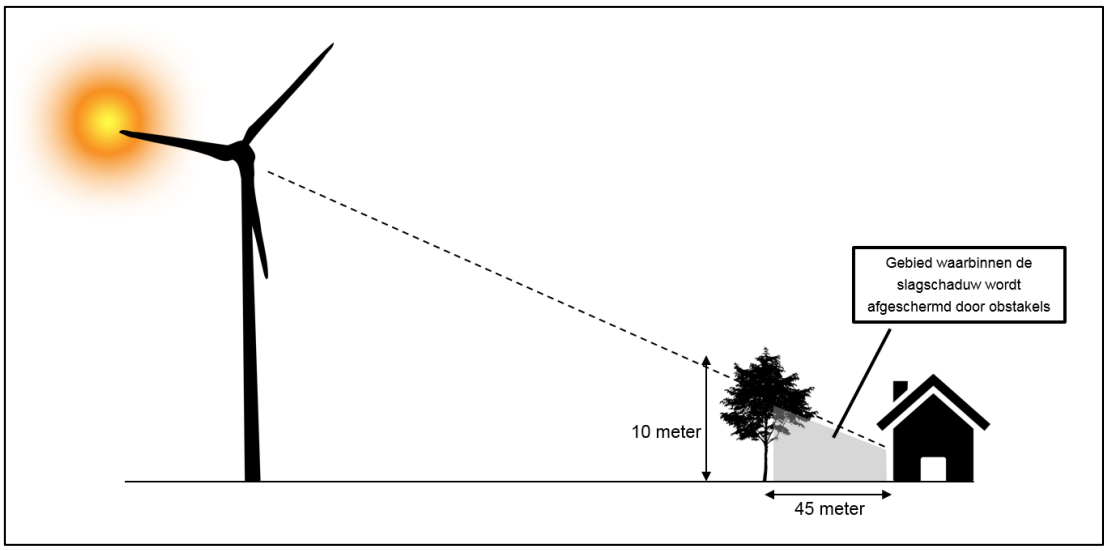
Zoals in paragraaf 3.2 is aangegeven is met name de blootstellingsduur de meest gebruikte parameter om de effecten van optredende slagschaduw te beoordelen. Daarom dient in slagschaduwonderzoeken de optredende cumulatieve slagschaduw op gevoelige objecten of terreinen van alle windturbines in een omgeving gezamenlijk inzichtelijk te worden gemaakt. Dit kan visueel worden verbeeld in slagschaduwduurcontouren (in uren per jaar) op kaart. De uiterste contour waarbuiten slagschaduw als verwaarloosbaar kan worden beschouwd (de '0 uur per jaar contour') ligt maximaal op een afstand waarbij de zon voor minimaal 20% (of meer) kan worden afgeschermd. Daarnaast wordt per individueel schaduwgevoelig object inzichtelijk gemaakt wat de verwachte jaarlijks optredende slagschaduwduur zal zijn.

Afscherming

In de rekenmodellen die worden gehanteerd om slagschaduw te bepalen wordt ervan uitgegaan dat er altijd een 'line of sight' bestaat tussen de windturbine en de gevel van een gevoelig object of het schaduwgevoelige terrein. Dit betekent dat afscherming door bijvoorbeeld andere gebouwen of bomen niet wordt meegenomen. Deze afscherming speelt echter wel een belangrijke rol in het al dan niet optreden van slagschaduw op de gevel of het terrein. Ter illustratie: wanneer een object met een hoogte van 10 meter zich binnen circa 45 meter van de gevel van het gevoelige object bevindt tussen de windturbine en het object, zal de schaduw geblokkeerd worden (zie figuur 3.3). Uiteraard geldt dit voor (loof)bomen alleen in de zomerperiode, echter voor gebouwen geldt deze afscherming het gehele jaar.

Deze afscherming wordt in de rekenmodellen niet meegenomen, echter kan in voorkomende gevallen wel een belangrijke factor van betekenis zijn. Met name op grotere afstanden en lage zonnestanden zal dit in het algemeen snel optreden. Door de afstand waarop slagschaduw wordt beoordeeld te begrenzen is echter al deels rekening gehouden met dit effect.

Figuur 3.3 Afscherming effect



3.4 Lokale situatie in project Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

3.4.1 Onderzoeksopzet

De slagschaduwberekeningen zijn uitgevoerd met het softwareprogramma windPRO versie 3.4.415[44]. Voor de windturbines van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen is een windturbine met een rotordiameter van 150 meter en een ashoogte van 145 meter gehanteerd[45]. De tiphoogte bedraagt 220 meter. Met een maximale rotatiesnelheid van de V150-4.2MW van 10,4 rpm[46] is de frequentie van slagschaduw (lichtflikkering) maximaal 0,5 Hz.

Voor de slagschaduwberekeningen is de slagschaduw meegenomen die optreedt bij een zonnestand van minimaal 5 graden boven de horizon. In de uitgevoerde analyses is een minimale zonnestand hoogte van 5 graden gebruikt als uitgangspunt voor de berekeningen. Dit betekent dat resultaten met een zonnestand onder de 5 graden niet worden opgenomen in de beoordeling. De achterliggende argumentatie is dat de schaduweffecten onder deze zonnestand te veel gereduceerd zijn om hinderlijke effecten te veroorzaken. Er zijn vier redenen waarom slagschaduweffect bij zonnestanden onder de 5 graden een beperkte vorm van slagschaduw veroorzaken:

- Schaduwafstand bij laagstaande zon (zie paragraaf 3.2.3);
- Slagschaduwcontrast door percentuele afdekking van de zon (zie paragraaf 3.3);
- Intensiteit van de zon bij lage zonnestanden;
  - Bij lage zonnestanden is de instralingsintensiteit veelal zodanig laag dat er geen sprake is van een contrastrijke slagschaduw.
- Invloed van obstakels bij lagere zonnestanden (zie paragraaf 3.3).

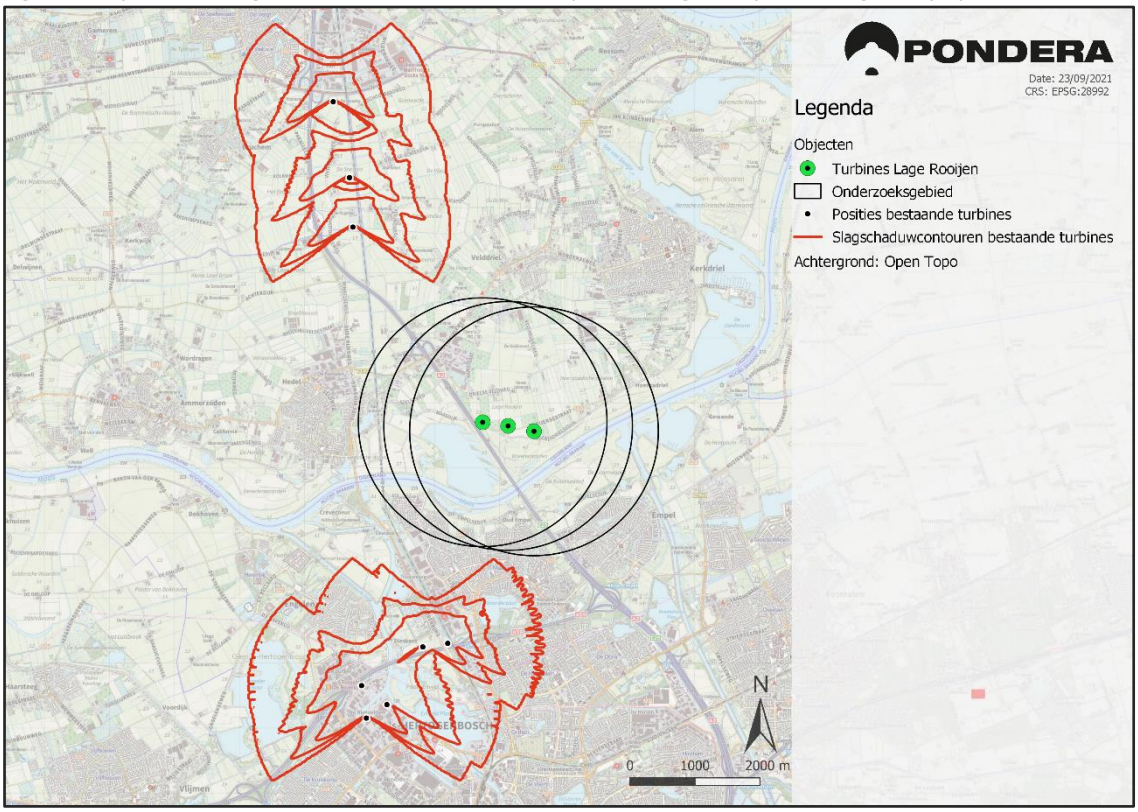
[44] Dit programma wordt wereldwijd gehanteerd voor slagschaduwberekeningen en bevat een nauwkeurig model voor het voorspellen van de optredende slagschaduw, gebaseerd op de baan van de aarde om de zon, de locatie van de windturbines (op coördinaat niveau) ten opzichte van de slagschaduwgevoelige objecten en langjarige weerdata.
[45] Voor analyse van de breedte van het rotorblad en toerentallen is aangesloten bij de gegevens van een Vestas V136-4.2 MW.
[46] 4MW RPM curves: V117 – 4.0/4.2MW, V136 – 4.0/4.2MW, V150 – 4.0/4.2MW, Vestas, 27-5-2020.

Bij de beoordeling van slagschaduwhinder ter plaatse van toetspunten wordt uitgegaan van de worst-case aanname dat de gehele gevel van een woning boven een hoogte van 50 cm uit lichtdoorlatend materiaal (glas) bestaat. Daarbij is aangenomen dat de gevelhoogte bij woningen 5 meter bedraagt en voor de geprojecteerde breedte van het gevelvlak is 8 meter aangehouden. De berekende slagschaduwduren zijn gegeven in netto gemiddelde slagschaduwduur per jaar. Voor de meteocorrecties (zonneschijn en windrichting) wordt gebruik gemaakt van gegevens van het nabijgelegen KNMI-meteostation Herwijnen.

3.4.2 Referentiesituatie

In de referentiesituatie staan er enkele windturbines in de grotere omgeving van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen. Deze 8 windturbines (op een afstand 3.5 km – 5.9 km) zorgen echter niet voor het optreden van slagschaduw in het onderzoeksgebied voor Burgerwindpark A2 Lage Rooijen.

Figuur 3.4 Optredende slagschaduw in de referentiesituatie (zonder Burgerwindpark A2 Lage Rooijen)



3.4.3 Resultaten berekeningen na toevoeging Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

Het gebied waarin slagschaduw veroorzaakt door Burgerwindpark A2 Lage Rooijen als hinderlijke waarneembaar kan zijn, ligt binnen een afstand van 1.913 meter[47] van de windturbines. In totaal liggen in dit gebied 3202 objecten die als slagschaduwgevoelig worden aangemerkt (woningen). Binnen het slagschaduwgebied liggen tevens 348 overige slagschaduwgevoelige objecten waarvoor de slagschaduwduur afzonderlijk is bepaald. In onderstaand overzicht wordt dit weergegeven.

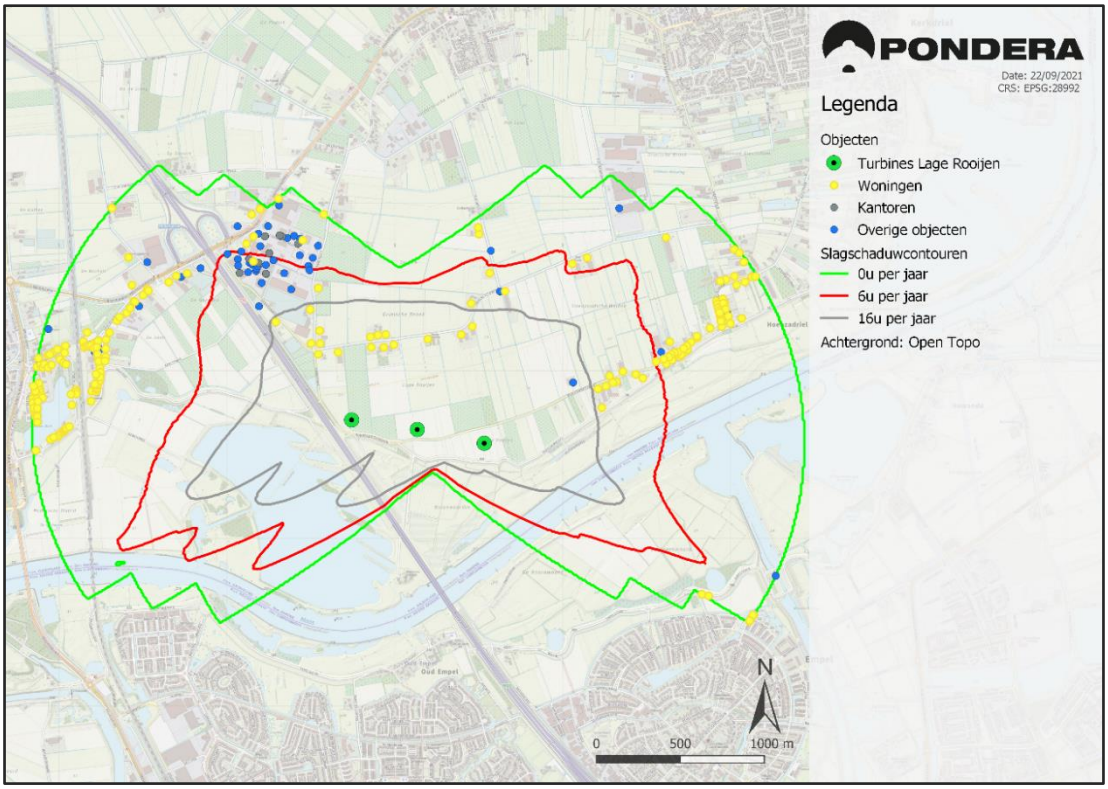
[47] Bepaald aan de hand van 20% zonafdekking van de gemiddelde breedte van een rotorblad van een Vestas V150

Tabel 3.3 Aantal slagschaduwgevoelige objecten naar aard in het plangebied

Type	Aantal
Slagschaduwgevoelige objecten (woningen)	3202
Overige slagschaduwgevoelige objecten	348

In Figuur 3.5 is met isolijnen aangegeven wat de toevoeging in jaargemiddelde slagschaduwduur per gevel is als gevolg van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen t.o.v. de referentiesituatie.

Figuur 3.5 Toevoeging jaargemiddelde slagschaduwduur Burgerwindpark A2 Lage Rooijen t.o.v. referentiesituatie



Gevolgen voor woningen

Met toevoeging van slagschaduw als gevolg van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen wordt bij 195 van de 3202 woningen[48] slagschaduw ondervonden. De maximale toevoeging van totale jaarlijkse slagschaduwduur bedraagt cumulatief over alle woningen ongeveer 956 uur.

Wanneer gekeken wordt naar de slagschaduwduur per dag per object valt op dat de meeste woningen maximaal tussen de 0 - 30 min slagschaduw per dag ontvangen, 32 woningen hebben een verwachte maximale slagschaduw van > 30 minuten per dag.

[48] Aan de noordzijde wordt het schaduwgebied begrensd omdat de zon in het zuiden tijdens de middaguren altijd hoog staat. Direct aan de zuidzijde treedt nooit schaduw op omdat de zon nooit in het noorden staat.

Tabel 3.4 Aantal slagschaduwgevoelige objecten met bepaalde slagschaduwduur per dag na toevoeging Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

Type	>0 min en ≤10 min	> 10 min en ≤20 min	> 20 min en ≤30 min	> 30 min
Woningen waar daadwerkelijk slagschaduw optreedt	27	97	39	32
Overige gevoelige objecten waar daadwerkelijk slagschaduw optreedt	0	6	22	33

Overige slagschaduwgevoelige objecten

Als gevolg van slagschaduw van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen wordt bij 61 van de 348 overige gevoelige objecten slagschaduw ondervonden. Het gaat hier om 9 objecten met een kantoorfunctie en 52 objecten met overige functies. De maximale toevoeging van totale jaarlijkse slagschaduwduur enkel op overige slagschaduwgevoelige objecten bedraagt ongeveer 310 uur. De slagschaduwduur per dag per object is weergegeven in Tabel 3.4.

3.4.4 Effecten van lagere maximale slagschaduwduur

Vervolgens kan worden bepaald in hoeverre de totale jaarlijkse slagschaduwduur afneemt bij het hanteren van een maximale slagschaduwbelasting per gevoelig object. Dit is in een aantal stappen gedaan. Hierbij is als laagste waarde 2 uur per jaar gehanteerd, aangezien het in werking stellen van een stilstandsvoorziening altijd enige vertraging oplevert, waardoor het technisch vrijwel niet uitvoerbaar is om terug te gaan naar 0 uur per jaar.

In Tabel 3.5 is het effect op de totale jaarlijks optredende slagschaduwduur nabij gevoelige objecten (woningen) aangegeven, bij verschillende toelaatbare maximale belastingen per object.

Tabel 3.5 Toename in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van woningen

Maximaal optredende slagschaduwduur per object als gevolg van windpark DZU	Toename totale jaargemiddelde slagschaduwduur t.o.v. referentiesituatie [u:mm]
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen zonder slagschaduwmitigatie	955:48
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 20 uur/jaar	677:01
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 14 uur/jaar	584:11
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 10 uur/jaar	500:50
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 8 uur/jaar	449:11
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 6 uur/jaar	393:07
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 4 uur/jaar	329:05
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 2 uur/jaar	232:13

3.5 Naar een normstelling voor slagschaduw

Uit de (beperkt) beschikbare wetenschappelijke onderzoeken blijkt dat – hoewel er geen directe gevolgen voor de gezondheid te verwachten zijn als gevolg van slagschaduw van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – het wel wenselijk is de totale optredende hoeveelheid slagschaduw ter plaatse van gevoelige objecten te beperken.

In de referentiesituatie wordt er in het onderzoeksgebied geen slagschaduw ondervonden. Na realisatie van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen zal dit windpark – zonder het nemen van mitigerende maatregelen – bij 195 van de 3202 woningen een vorm van slagschaduw optreden en neemt het totaal aantal cumulatieve uren in de omgeving toe met 956 uur. Bij ongeveer twee derde van de woningen waar slagschaduw optreedt (135) is dit minder dan 2 uur per jaar (zonder mitigatie); 30 woningen ontvangen jaarlijks meer dan 6 uur slagschaduw zonder mitigatie.
In de nieuwe situatie is bij 71 woningen sprake van een slagschaduwbelasting van meer dan 20 minuten per dag (worst case). Voor de overige woningen is dit 20 minuten per dag of minder.

In Tabel 3.6 is inzichtelijk gemaakt welke gevolgen het beperken van de maximale blootstellingsduur heeft voor het windpark en de woningen in verschillende stappen. Hierbij is telkens een maximale blootstellingsduur per woning als uitgangspunt gehanteerd.

Uit deze tabel kan worden afgeleid dat het maximaal reduceren van de optredende slagschaduwduur per jaar tot een relatief beperkt verschil in productieverlies leidt voor het windpark vergeleken met de situatie waarin tot 20 uur/jaar wordt gemitigeerd (121 MWh extra verlies). Het ligt daarmee vanuit het waarborgen van een goed woon- en leefklimaat voor de hand om de norm zodanig te stellen dat voor de 71 woningen waar een slagschaduwduur van > 20 minuten per dag optreedt de optredende hoeveelheid slagschaduw wordt beperkt. Voor de overige woningen is de slagschaduwbelasting per dag minder dan 20 minuten en is ook de totale jaarlijkse slagschaduwbelasting gering (tussen de 6 minuten en circa 1,3 uur per jaar).

Tabel 3.6 Toename in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van woningen en energieopbrengstverliezen

Situatie (grens aantal uren per woning per jaar)	Toename totale jaargemiddelde slagschaduwduur t.o.v. referentiesituatie [u:mm]	Energie-opbrengstverlies in uren bij volledige stilstand	Percentage verlies draaiuren in % van 1x jaar[49] en in % t.o.v. windpark	Verlies in MWh**	Aantal woningen waarbij de grens wordt overschreden zonder stilstandvoorziening
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen zonder slagschaduwmitigatie	955:48	0	0%	--	0
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 20 uur/jaar	677:01	357 u	1,36%	475	14
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 14 uur/jaar	584:11	402 u	1,53%	534	18
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 10 uur/jaar	500:50	413 u	1,57%	548	25
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 8 uur/jaar	449:11	413 u	1,57%	548	26
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 6 uur/jaar	393:07	414 u	1,57%	550	30

[49] Uitgaande dat afhankelijk van de zonneschijn stilstand van circa 25% van de brutokalender benodigd is. En dat de opbrengst evenredig is verdeeld over het beschikbare aantal uren per jaar van 8.760 uur.

+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 4 uur/jaar	329:05	419 u	1,59%	556	36
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 2 uur/jaar	232:13	435 u	1,66%	578	60
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – ~0* uur/jaar	~0:00*	448 u	1,71%	596	195

* In de praktijk is terug regeling naar 0 uur per jaar niet mogelijk. Tijdens afwisselende zonnige momenten kan er gedurende kortstondige duur slagschaduw aanwezig zijn. Deze perioden zijn nooit zodanig langdurend dat er sprake kan zijn van een significante hinderbeleving. Deze categorie dient dus gelezen te worden als 'zoveel reductie als mogelijk'.
** Ingeschat op basis van procentueel verlies van 34.908 MWh van het totale windpark

Als er wordt gekeken naar de slagschaduwduur voor alle gevoelige objecten wordt gekeken (Tabel 3.7) ontstaat eenzelfde beeld. Hier treedt er een extra productieverlies van 115 MWh op bij maximale mitigatie ten opzichte van een normstelling van 20 uur/jaar.

Tabel 3.7 Toename in jaargemiddelde slagschaduwduur ter plaatse van alle gevoelige objecten en energieopbrengstverliezen

Situatie (grens aantal uren per woning per jaar)	Toename totale jaargemiddelde slagschaduwduur t.o.v. referentiesituatie [u:mm]	Energie-opbrengstverlies in uren bij volledige stilstand	Percentage verlies draaiuren in % van 1x jaar[50] en in % t.o.v. windpark	Verlies in MWh	Aantal objecten waarbij de grens wordt overschreden zonder stilstandvoorziening
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen zonder slagschaduwmitigatie	1265:58	0	0%	--	0
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 20 uur/jaar	985:46	378 u	1,44%	502	15
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 14 uur/jaar	886:56	418 u	1,59%	555	19
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 10 uur/jaar	795:19	427 u	1,62%	567	29
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 8 uur/jaar	734:27	427 u	1,62%	567	32
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 6 uur/jaar	651:04	428 u	1,63%	569	51
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 4 uur/jaar	529:36	435 u	1,66%	578	71
+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – 2 uur/jaar	347:47	452 u	1,72%	600	113

[50] Uitgaande dat afhankelijk van de zonneschijn stilstand van circa 25% van de brutokalender benodigd is. En dat de opbrengst evenredig is verdeeld over het beschikbare aantal uren per jaar van 8.760 uur.

+ Burgerwindpark A2 Lage Rooijen – ~0 uur/jaar	~0:00	465 u	1,77%	617	256

In Tabel 3.6 en Tabel 3.7 zijn de gevolgen van een normstelling tussen de 20 uur en ~0 uur weergegeven. Voor een lezing van de bovenstaande tabellen is het goed om aan te geven welke verschillende waarden in het verleden zijn toegepast. De waarde die weergegeven staat in het niet meer toegepaste Activiteitenbesluit Milieubeheer van 'gemiddeld niet meer dan 17 dagen met meer dan 20 minuten' aan slagschaduw per jaar komt in de praktijk vaak overeen met een gemiddelde jaarduur in de tabellen van ongeveer 14 uur tot 16 uur per jaar.

Conclusies

In Burgerwindpark A2 Lage Rooijen is in het verleden een strengere en makkelijker uitlegbare maximale slagschaduwduur gehanteerd van maximaal 6 uur per jaar. Bij uurwaarden tussen en onder de 6 tot 8 uur per jaar wordt de kans op dagen in een jaar waarop meer dan 20 minuten op een dag aan slagschaduw kan optreden reeds geminimaliseerd. In acht nemend dat de kans klein is dat een bewoner ook daadwerkelijk altijd aanwezig is in de ruimte wanneer deze slagschaduwduur optreedt is de slagschaduwhinder bij een maximale cumulatieve norm van 6 uur per jaar beperkt. Daarmee biedt een norm van maximaal 6 uur netto slagschaduwduur per jaar op slagschaduwgevoelige en overige slagschaduwgevoelige objecten in deze specifieke locatie voldoende bescherming.

3.6 Lichtschittering

Gladde en glimmende oppervlakken (bijvoorbeeld glas, maar ook geschilderde oppervlakken) kunnen invallend zonlicht reflecteren. Wanneer dit licht bij de ontvanger aankomt kan dit een hinderlijk (verblindend) effect hebben of tot gevaarlijke situaties leiden, bijvoorbeeld voor wegverkeer. Dit effect kan echter eenvoudig worden voorkomen door de betreffende objecten en oppervlakken te voorzien van een anti-reflecterende coating of gebruik te maken van niet reflecterende materialen. Voor windturbines is dit standaardpraktijk en wordt dit geborgd door reflectiewaarden te controleren via de certificering en de NEN-EN-ISO 2813 of een daaraan ten minste gelijkwaardige meetmethode. Er wordt daarom geadviseerd bovenstaande voorschrift op te nemen in de planregels om de gevolgen van lichtschittering te voorkomen.

4 Externe veiligheid

4.1 Inleiding: plaatsgebonden risico als beoordelingsmaat

Hoewel het risico zeer klein is, kunnen windturbines omvallen of kunnen er onderdelen afbreken. Het risico van de windturbines op de omgeving wordt beoordeeld aan de hand van een aantal criteria, die zijn afgeleid uit wet- en regelgeving en adviezen voor toetsing van beheerders van infrastructurele werken[51].

Een risicocontour (ofwel plaatsgebonden risico) geeft aan hoe groot in de omgeving de overlijdenskans is door een ongeval met een risicobron: binnen de contour is het risico groter, buiten de contour is het risico kleiner. Voor windturbines is buiten de identificatieafstand (werpafstand bij overtoeren) risico in het geheel uit te sluiten.

Het plaatsgebonden risico is de berekende kans per jaar, dat een persoon overlijdt als rechtsreeks gevolg van een ongeval bij een risicobron, aangenomen dat hij op die plaats in de omgeving permanent (24 uur voor 365 dagen) en onbeschermd verblijft. Het plaatsgebonden risico rekent daarmee de maximale trefkans uit voor een individueel persoon die permanent aanwezig is en is daarmee niet geschikt voor beoordeling van voorbijgangers / passanten. Het risico wordt uitgedrukt in een kans op overlijden waarbij de conservatieve aanname wordt gedaan dat treffen door een windturbineonderdeel gelijk staat aan 100% kans op overlijden. De kans wordt tevens conservatief berekend zonder rekening te houden met vluchtgedrag of andere actie van de te raken persoon om risico's te vermijden of uit de weg te gaan. Het plaatsgebonden risico is daarmee een conservatieve maat voor het maximale risico wat in de omgeving kan worden ervaren op een bepaalde locatie.

4.2 Achtergrond: veiligheid en kansen

Omgaan met risico's in een drukbevolkt land

De doelstelling van het externe veiligheidsbeleid op rijksniveau luidt: "Het uitvoeren van een veiligheids- en risicobeleid om mens en milieu te beschermen tegen maatschappelijk onaanvaardbaar geachte gezondheids- en milieurisico's" [(44)]. Het beleid is erop gericht een zogenaamd basisbeschermingsniveau voor externe veiligheid te bieden aan personen die wonen, werken of recreëren in de omgeving van risicovolle activiteiten.

Uitgangspunt van het landelijke risicobeleid in zijn algemeenheid is dat het gevaar van een activiteit acceptabel is wanneer op een bepaalde plaats een daar aanwezig individu geen hogere kans op overlijden heeft dan maatschappelijk is geaccepteerd. Deze basisbescherming, die veelal een limiet kent van 10^{-6} tot 10^{-4} per jaar[52], wordt uitgedrukt in het plaatsgebonden risico [53,54]. Aangenomen is dat een mens aan niet meer dan tien bronnen met externe veiligheidsrisico's (van $PR10^{-06}$) wordt blootgesteld, zodat het cumulatieve risico voor personen lager is dan één op de honderdduizend per jaar. Naast het PR dient de kans op een groot ongeluk met veel slachtoffers expliciet te worden afgewogen en verantwoord (groepsrisicoverantwoording)[55]. Bij deze afweging worden ook maatschappelijke kosten en baten

[51] Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW2020)
[52] Deze risico's komen overeen met een kans op overlijden van 1 op 1.000.000 en 1 op 100.000 per jaar.
[53] Nota Modernisering omgevingsveiligheid (Tweede Kamer, vergaderjaar 2013-2014, 29517, nr. 92)
[54] Roels, J.M, et al, 2018; Bewust Omgaan met Veiligheid: doelen en effectmaten in het risico- en veiligheidsbeleid, RIVM Rapport 2018-0029
[55] Rapport Bewust Omgaan met Veiligheid: Op weg naar een schone, gezonde en veilige leefomgeving – Eindrapportage. Ministerie van IenW. 2018.

meegewogen. De basisbescherming geldt voor risico's afkomstig van bepaalde vormen van gebruik, transport en opslag van gevaarlijke stoffen zoals toxische of brandbare stoffen. Deze basisbescherming is echter ook toepasbaar als maat voor de risico's behorende bij windturbines.

Het externe veiligheidsbeleid van alle risicobronnen is met introductie van het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) in 2004 gelijkgetrokken. Het hanteren van 10^{-5} en 10^{-6} voor een aanvaardbaar risico dateert al van eerder, zo wordt het onder andere genoemd in het Nationaal milieubeleidsplan 4 (juni 2001) maar ook daarvoor werd deze norm als aanvaardbaar gehanteerd. In het kader van de vuurwerkramp in Enschede (2000) en het daaropvolgende rapport van de commissie Oosting heeft er toe geleid dat het gehele externe veiligheidsbeleid in Nederland tegen het licht is gehouden en er uiteindelijk maatschappelijk aanvaardbare normen in het Bevi zijn vastgelegd. Bij gevaarlijke stoffen is dit tot uiting gekomen in bepaalde richtwaarde en grenswaarden voor de hoogte van de optredende risico's.

Kader 4.1 Uitleg richtwaarde en grenswaarde

Bij de beoordeling van de risico's voor externe veiligheid van gevaarlijke stoffen wordt onderscheid gemaakt tussen een richtwaarde en een grenswaarde. Een grenswaarde is een harde grens die niet overschreden mag worden en een richtwaarde is een wenselijke waarde waar, bij gevaarlijke stoffen, enkel om gemotiveerde redenen van mag worden afgeweken.

Er is geen aanleiding om te twijfelen aan de ruimtelijke aanvaardbaarheid op basis van het hanteren van het plaatsgebonden risico niveau van respectievelijke 10^{-5} en 10^{-6} die optreden voor andere risicobronnen. Ook zijn de gevolgen voor het milieu hiermee beperkt. Weliswaar is er een kans op een effect, maar het hanteren van een andere kans als beoordelingsniveau leidt niet tot een afname van het gevolg maar alleen van de kans dat dit effect kan optreden. Het feit dat een zekere mate van risico, alhoewel zeer beperkt, wordt geaccepteerd is inherent aan het feit dat Nederland een drukbevolkt land is en multifunctioneel ruimtegebruik toegepast wordt.

Aanvaardbaar beschermingsniveau

In 2014 heeft het Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties een rapport laten opstellen over het in perspectief zetten van risico's[56]. Uit dit rapport kunnen geen cijfermatige conclusies worden getrokken maar het geeft wel aan waarom een mate van bescherming voor windturbines leidt tot maatschappelijk aanvaardbare risico's in vergelijking met risico's bij andere activiteiten. Op stadsniveau (generieke stad van 50.000 personen) is de kans op een vergelijkbaar aantal verloren levensjaren voor reizen met het vliegtuig vergeleken met een windturbineongeluk circa 1.000x hoger, het wonen in laaggelegen gebieden (overstromingsrisico) geeft circa een 10x hogere kans en voor autorijden ligt de kans op een vergelijkbaar aantal verloren levensjaren bijna 10.000x hoger dan bij een windturbineongeluk. Voor de risicoperceptie van personen is de mate van vrijwilligheid, de keuze en het doel voor het nemen van het risico ook van belang voor een individuele afweging. Zo zal een reis met een vliegtuig een persoonlijk doel hebben waarmee een hoger risico door een individu geaccepteerd kan worden.

Hieruit kan worden geconstateerd dat het toepassen van risicocriteria in de orde van grote van $PR10^{-05}$ en $PR10^{-06}$ bij windturbines een maatschappelijk geaccepteerd risico kan opleveren. Overigens blijkt uit

[56] Risico's in perspectief – Risicovergelijking, HaskoningDHV Nederland B.V, november 2014 i.o.v. Ministerie BZK

literatuur en ook navraag bij een externe veiligheidsdeskundige dat wereldwijd[57],[58],[59] het geaccepteerde plaatsgebonden risico over het algemeen ligt op een niveau tussen 10^{-4} en 10^{-6}. Zo geeft in het Verenigd Koninkrijk de Health and Safety Executive (HSE)[60] aan dat de jaarlijkse acceptabele letaliteitskans voor een lid van de maatschappij circa 1 : 100.000 (= 10^{-5}) is als gevolg van een nucleaire installatie en bij een niveau van 1 : 1.000.000 (= 10^{-6}) is er ook geen verdere verbetering van de situatie meer benodigd.

Bescherming van objecten

In het Besluit externe veiligheid Inrichtingen (Bevi) worden mogelijk te beschermen objecten onderverdeeld in beperkt kwetsbare objecten en kwetsbare objecten, waarbij bij de indeling rekening is gehouden met de mogelijke verblijfsduur van personen, de hoeveelheid aanwezige personen en de zelfredzaamheid van personen die normaliter in het type vermelde objecten kunnen voorkomen. Er is geen aanleiding van deze indeling af te wijken.

Groepsrisico en maatschappelijk risico

De bescherming van personen is naast het hanteren van een maximale eis per persoon ook afhankelijk van de hoeveelheid personen die een bepaald risico ondervindt. Hoe meer personen een risico kunnen ondervinden hoe minder geaccepteerd het risico wordt. Dit komt tot uiting in beoordeling van normen die worden omschreven voor het groepsrisico (GR) dat kan optreden. Voor andere risicovolle inrichtingen en risicovolle transporten geldt voor het groepsrisico geen harde normstelling maar wordt wel een oriëntatiewaarde gebruikt om de totale effecten te kunnen beoordelen[61].

Het maatschappelijk risico is een beoordelingswaarde die aangeeft wat het ‘totale cumulatieve risico voor de maatschappij’ bedraagt en wordt bij infrastructuren van Rijkswaterstaat en ProRail gebruikt om de totale maatschappelijke risico’s van een ontwikkeling inzichtelijk te kunnen maken. Dit is de optelsom van de plaatsgebonden risico’s voor alle potentiële personen in het gebied.

4.3 Berekening- en beoordelingssystematiek

4.3.1 Plaatsgebonden risico

De risico’s van de windturbines op de omgeving worden berekend met behulp van het Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid module IV – De Handleiding risicobeoordeling windturbines (versie oktober 2020 (HRW)). Deze handreiking en handleiding hebben in 2020 een uitgebreide actualisatie ondergaan en voldoen aan de actuele stand van de wetenschappelijke kennis op dit punt. Ze zijn daarmee goed bruikbaar voor het berekenen en bepalen van risico’s van moderne grote windturbines.

Voor de beoordeling worden alle objecten waar mensen zich in kunnen bevinden binnen de maximale effectzone in kaart gebracht. Buiten de maximale effectzone (bladworp bij overtoeren) kunnen geen onderdelen van de windturbine meer terechtkomen, waardoor hier ook geen effecten meer kunnen

[57] Comparison of Minimum endogenous mortality (MEM), Globalement Au Moins Aussi Bon (GAMAB), As low as reasonably practicable (ALARP) as Safety Integrity Level (SIL), from Different Principles Used for Determination of Tolerable Hazard Rates, H. Schäbe (2001) – Materials of the World Congress on Railway Research.
[58] Lenoble et al (2011) Introduction of frequency in France following the AZF accident. Journal of Loss Prevention in the Process industries.
[59] Origin of 10^{-06} in the US - Kelly, K. E. (1991). The myth of 10-6 as a definition of acceptable risk. 84th Annual Meeting Air & Waste Management Association, 1(10).
[60] Reducing risks, HSE’s decision-making process, Health and Safety Executive, 2001.
[61] Zie Besluit externe veiligheid Transporten, artikel 1 lid 1 en Besluit externe veiligheid Inrichtingen artikel 12 lid 1 b

optreden. Op basis van de effecten kan de maximale ligging van de PR-contouren, volgens de vuistregels uit de HRW, worden bepaald. Daarnaast wordt het maximale plaatsgebonden risico (PR) dat binnen een object kan optreden specifiek per windturbine berekend. De maximale PR-waarden worden opgeteld per object om het maximale optredende PR te berekenen. Eén adreslocatie kan uit meerdere gebouwen (objecten) bestaan

Om het aantal aanwezige personen in te schatten wordt gerekend met een aanwezigheidsfactor of relatieve verblijfstijden. Voor woningen wordt gerekend met een aanwezigheidsfactor van 2,4 personen per object. Voor de schuren behorende bij agrarische bedrijven en overige objecten zonder toegewezen functie, wordt gerekend met een aanwezigheidsfactor[62] van 0,125. Het aantal personen dient om een inschatting te maken van de groepsrisico's en het maatschappelijk risico.

Passanten op infrastructurele transportroutes (wegen, waterwegen en spoorwegen) kunnen ook risico's ondervinden door de aanwezigheid van windturbines. De verblijfstijden van passerende personen binnen de risicozones van de windturbines zijn echter zodanig klein dat dit geen significante risico's oplevert in vergelijking met permanent aanwezige personen. Voor wegen met significante hoeveelheden personenverkeer (bijv. snelwegen of provinciale hoofdwegen) kunnen de cumulatieve risico's significant worden. De risico's voor passanten kunnen worden uitgerekend in een Individueel Passanten Risico (IPR) en een Maatschappelijk Risico (MR). Naast een direct risico op personen in de omgeving kunnen windturbineonderdelen bij een calamiteit terechtkomen op risicovolle buisleidingen en risicovolle inrichtingen in de omgeving. Door dit treffen kan er schade ontstaan en kunnen er gevaarlijke stoffen vrijkomen of kunnen er risico's optreden die op zichzelf weer een gevaar vormen voor de omgeving. Dit wordt een indirect risico of domino-effect genoemd. Daarbij is altijd de toevoeging van het risico door de windturbine(s) van belang bij de beoordeling. De beoordeling van risico's voor infrastructuren en overige installaties zijn vastgelegd in beleidsregels van betrokken instanties zoals Rijkswaterstaat, Gasunie en TenneT. Deze regels blijven gelden en zijn reeds beschouwd in de milieueffectrapportage voor Burgerwindpark A2 Lage Rooijen. Er treden in de beoordelingen van deze infrastructuren en installaties geen wijzigingen op als gevolg van de uitspraak over de windturbinebepalingen in het Activiteitenbesluit.

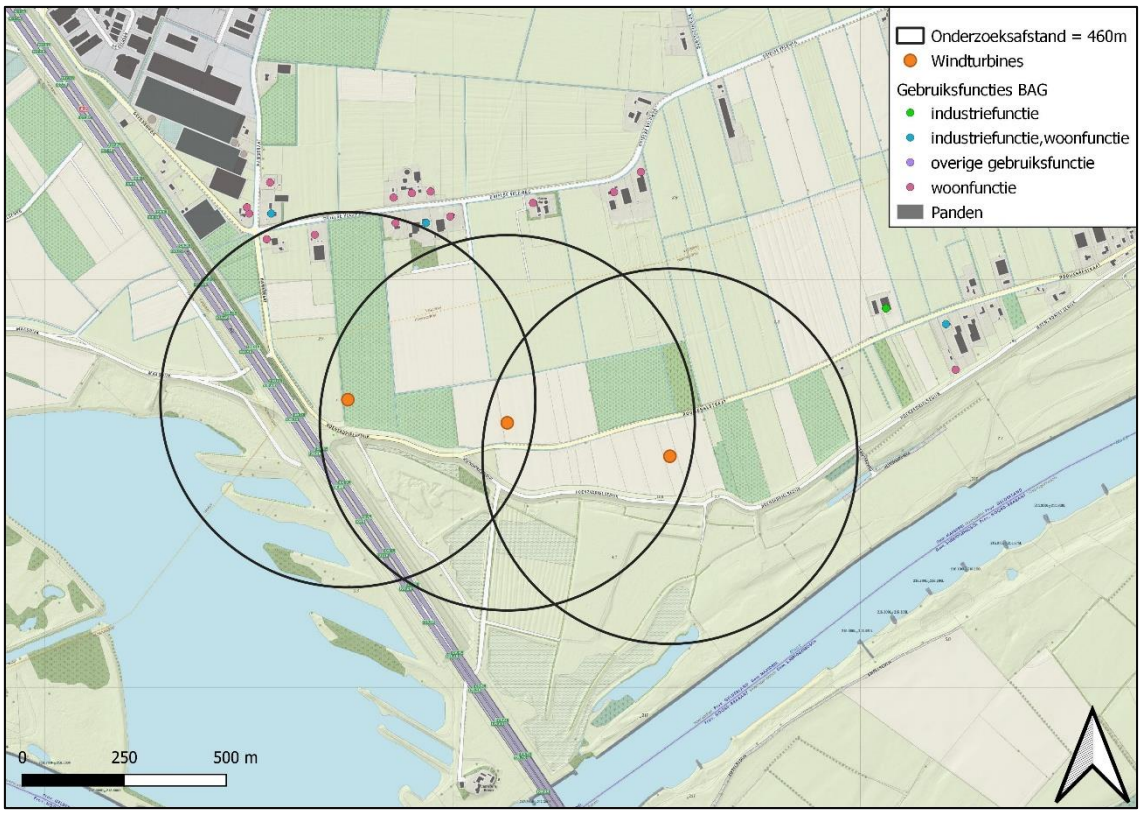
4.4 Lokale situatie in project Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

4.4.1 Referentiesituatie

In de huidige situatie treden er op de objecten geen veiligheidsrisico's op als gevolg van de aanwezigheid van windturbines. Er zijn 11 panden binnen de onderzoeksafstand. Het dichtstbijgelegen pand is aanwezig op 347 meter afstand. Er zijn geen kwetsbare of beperkt kwetsbare locaties (zoals een recreatieterrein) en benodigde te projecteren objecten (nog niet ingevulde bestemmingsplanmogelijkheden) aangetroffen binnen de onderzoeksafstand.

[62] Deze aanwezigheidsfactor staat voor circa 1 persoon voor 3 uur per dag en respectievelijk één persoon gedurende 24 minuten per dag.

Figuur 4.1 Weergave referentiesituatie externe veiligheid



4.4.2 Effecten plaatsgebonden risico als gevolg van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

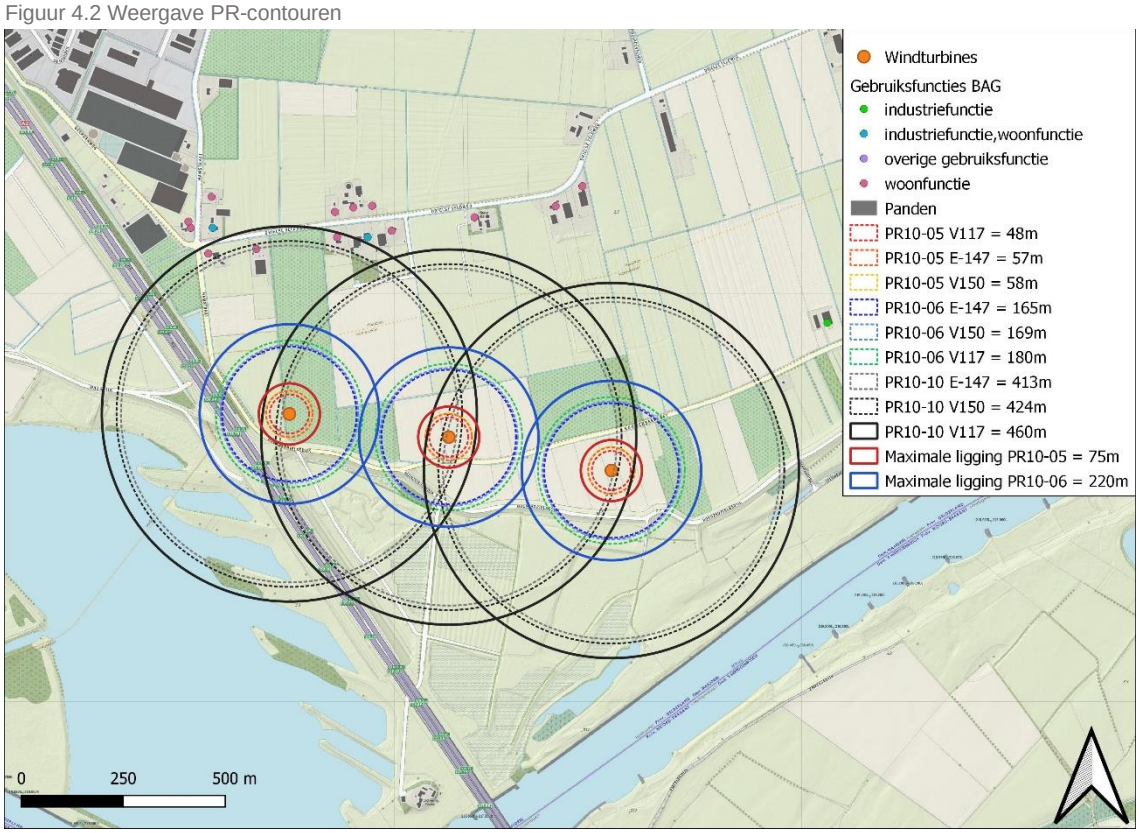
Door de komst van de windturbines ontstaan er gebieden rondom de windturbineposities waar een verhoogd risico optreedt. De ligging van de $PR10^{-6}$ contouren liggen volgens vuistregels maximaal op een afstand gelijk aan de tiphoogte (220m) en de $PR10^{-5}$ contouren liggen volgens vuistregels maximaal op een afstand gelijk aan een halve rotordiameter (75m). De panden kunnen daardoor enkel getroffen worden door het faalscenario bladworp bij overtoeren. Voor deze specifieke analyse zijn de PR-contouren specifiek berekend van een drietal mogelijke windturbinetypes:

- Vestas V117 op 140 meter ashoogte;
- Vestas V150 op 145 meter ashoogte;
- Enercon E-147 op 146,5 meter ashoogte.

Enkele analyses en resultaten zijn ter verduidelijking enkel weergegeven voor de Vestas V117 op 140m ashoogte.

De PR-contouren zijn berekend met behulp van de formules 2.18 tot en met 2.25b en 3.1 tot en met 3.3 uit de Handleiding risicobeoordeling windturbines (versie oktober 2020). De gebruikte uitgangspunten zijn te vinden in de tabel in de bijlage 1.

Figuur 4.2 Weergave PR-contouren



Vervolgens kan gekeken worden welke te beoordelen objecten of locaties zich bevinden binnen bepaalde plaatsgebonden risicocontouren om inzicht te krijgen in het optredende risico voor aanwezige bebouwing of geprojecteerde objecten.

Tabel 4.1 Aantal objecten binnen PR-contouren van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen

Risico maat	Aantal panden / (beperkt) kwetsbare objecten			Aantal personen per risicomaat		
	V117	V150	E-147	V117	V150	E-147
PR10-04	0	0	0	0	0	0
PR10-05	0	0	0	0	0	0
PR10-06	0	0	0	0	0	0
PR10-07	0	0	0	0	0	0
PR10-08	0	1	1	0	1,82	0,13
PR10-09	8	8	6	9,52	5,55	3,03
PR10-10	3	0	0	0,38	0	-

* Door de vervallen woonfuncties in het gebied zijn alle woonfuncties verspreid liggende woningen (<3 woningen per hectare) en daarmee te definiëren als beperkt kwetsbare objecten conform het Bevi artikel 1.

Maatschappelijk risico

Per object kan het optredende plaatsgebonden risico in een gebouw vermenigvuldigd worden met het aantal verwachte personen in dat gebouw om tot het totale maatschappelijk risico van het windpark te

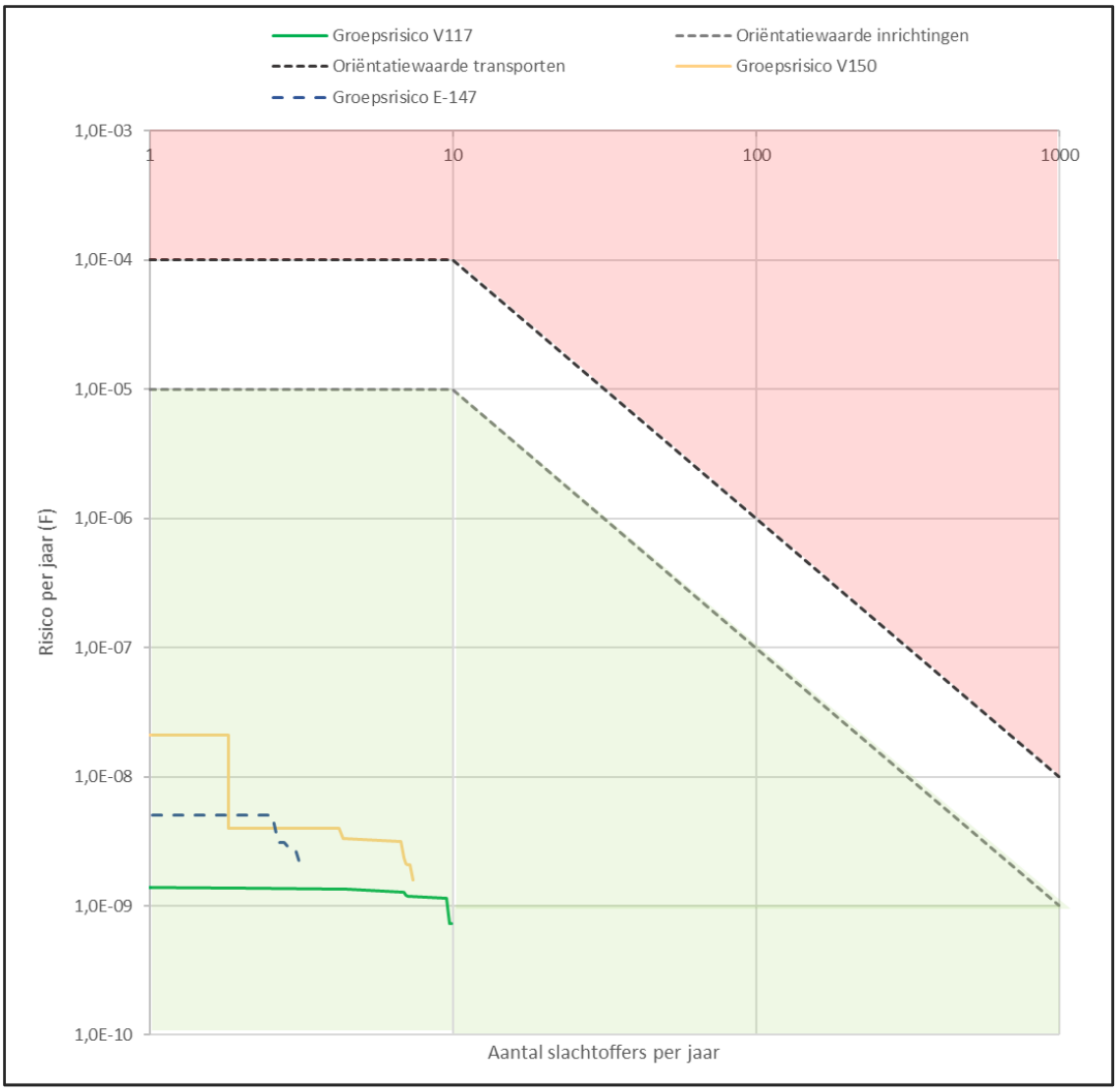
komen. Dit betreft maximaal 1,3 x 10^{-8} per jaar. Ter referentie: Rijkswaterstaat en ProRail hanteren als beheerders van infrastructurele werken een toetsingsnorm van maximaal 2 x 10^{-3} per jaar.

4.4.3 Effectbeoordeling via groepsrisico benadering

Naast de bescherming van het maximaal optredende risico per object kan de situatie rondom de externe veiligheid van een windpark ook beoordeeld worden aan de verhouding van de hoeveelheid personen die een bepaald risico kunnen ondervinden. Een dergelijke beoordeling kan plaatsvinden door te kijken naar de berekenmethodiek van het optredende groepsrisico (GR). Een groepsrisicoberekening is opgesteld door de te verwachtte persoonsbezetting per pand of locatie en het maximaal optredende plaatsgebonden risico in kaart te brengen. Voor de bepaling van de persoonsbezetting van de verschillende gebruiksfuncties wordt hierbij wederom aangesloten bij de kengetallen zoals genoemd in 4.3.1.

In onderstaande grafieken is het optredende groepsrisico als gevolg van het windpark afgezet tegen de oriëntatiewaardes zoals die voor groepsrisico van andere activiteiten (risicovolle inrichtingen en gevaarlijke transporten) worden gehanteerd. Het groene gebied geeft het gebied aan waarbij het optredende groepsrisico beneden de oriëntatiewaardes blijft.

Figuur 4.3 Weergave groepsrisico drie windturbinetypes en oriëntatiewaarde inrichtingen en transporten



4.5 Naar een normstelling voor externe veiligheid

In navolging van andere risicobronnen ligt het voor de hand om ook voor windturbines uit te gaan van een basisbeschermingsniveau voor de omgeving aangezien er een risico optreedt voor de omgeving. Daarbij is het eveneens logisch om aan te sluiten bij het beleidskader voor externe veiligheid door onderscheid te maken tussen beperkt kwetsbare objecten en kwetsbare objecten en deze te beoordelen aan de hand van de plaatsgebonden risicocontouren. Er is geen aanleiding om hiervan af te wijken bij de beoordeling van windturbinerisico's. Zoals uit de berekeningen onder 4.4 blijkt geeft dit tevens voldoende bescherming tegen het optreden van onaanvaardbare groepsrisico's.

Conclusies

Met een kans van 1 de 100.000 jaar bij continue jaarlang onbeschermd verblijf op de PR10^{-5} contour bij beperkt kwetsbare objecten en 1 op de miljoen bij continue jaarlang onbeschermd verblijf op de PR10^{-6} contour bij kwetsbare objecten is daarmee sprake van een risico dat aanmerkelijk lager ligt dan andere

algemeen aanvaarde (maatschappelijke) risico's. Bij andere risicovolle installatie (gevaarlijke stoffen) geldt een strengere richtwaarde voor beperkt kwetsbare objecten ($PR10^{-06}$) maar is er geen grenswaarde voor beperkt kwetsbare objecten van $PR10^{-05}$. Bij kwetsbare objecten is het te adviseren beschermingsniveau gelijk aan de grenswaarde ($PR10^{-06}$).

In het geval van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen zijn er momenteel geen panden gelegen binnen de risicozone's groter dan $PR10^{-07}$. Er is daarmee geen sprake van een significant veiligheidsrisico voor de omgeving en het hanteren van een norm van $PR10^{-05}$ contour bij beperkt kwetsbare objecten en locaties en $PR10^{-06}$ contour bij kwetsbare objecten en locaties biedt in deze specifieke situatie voldoende bescherming.

Het opstellen van een normstelling in de vorm van een bepaalde PR-contour waarde kan gezien worden als het trekken van een horizontale streep in Figuur 4.3. Ondanks dat er bij deze projectlocatie geen panden dichtbij de windturbines zijn gelegen en er daarmee geen significante veiligheidsrisico's optreden verdient het aanbeveling de veiligheid contouren ruimtelijk vast te leggen zodat er bij toekomstige ontwikkeling geen conflicten kunnen ontstaan.

Om te voorkomen dat in de toekomst mogelijk een grotere hoeveelheid personen toch een risico kunnen ervaren kan voor kwetsbare objecten en locaties een norm worden gesteld op een bepaalde PR-waarde. Om te voorkomen dat enige personen een groter risico van meer dan $PR10^{-05}$ kunnen ervaren kan ook voor objecten met minder personen (beperkt kwetsbare objecten en locaties) een norm worden gesteld op een bepaalde PR-waarde. Gezien de afwezigheid van objecten en locaties nabij de windturbines is er in de huidige situatie van het beoogde windpark geen aanleiding om een norm vast te stellen voor de bescherming van bestaande objecten en locaties. De resterende risico's zijn zodanig klein dat deze als verwaarloosbaar kunnen worden beschouwd.

5 Overige windturbinenormen Activiteitenbesluit

5.1 Bouw- en ontwerpnormen IEC

Het ontwerp van windturbines voldoet aan de internationale norm (IEC-61400-1). Op grond van deze norm bevat de windturbine diverse veiligheidssystemen om ervoor te zorgen dat bij falen van onderdelen of bij extreme weersomstandigheden de windturbine niet wordt beschadigd. Onder andere bevat de windturbine een remsysteem welke ervoor zorgt dat de rotorbladen uit de wind worden gedraaid bij te hoge windsnelheden. Daarnaast is een bliksembeveiliging voorgeschreven die ervoor zorg dat inslaande bliksem buiten kwetsbare delen van de windturbine naar de grond leidt.

We adviseren daarom een planregel in het bestemmingsplan op te nemen waarin wordt voorgeschreven dat windturbines moeten voldoen aan de NEN-norm voor veiligheid, waarmee deze veiligheid wordt geborgd.

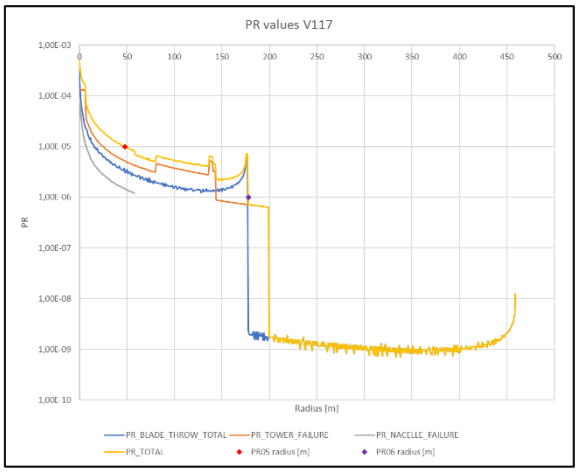
Bijlage 1 Eigenschappen windturbines i.r.t. externe veiligheid en toetspunten

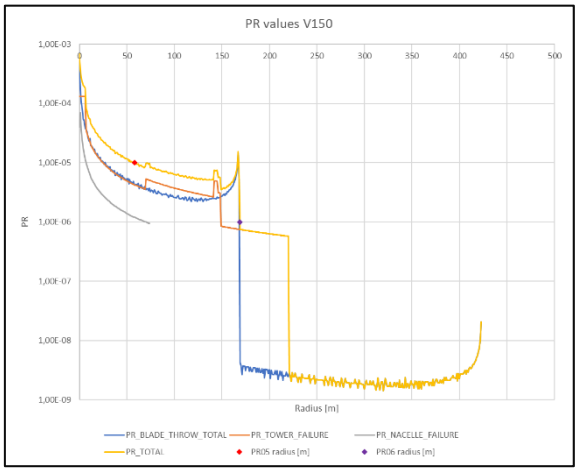
Tabel 5.1 Turbine eigenschappen windturbines

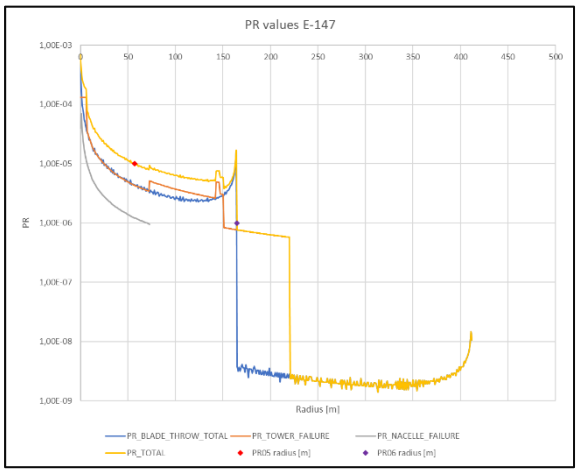
Manu-facturer	Model	Hub height tower [m]	Throw height [m]	Rotor diameter [m]	Nominal rotor speed [RPM]	Blade COG from rotor axis [m]	Nacelle height [m]	Nacelle width [m]	Maximum tower width [m]	Nacelle length (incl. hub) [m]	Maximum blade width [m]
Vestas	V117	140	140	117	14,15	19,50	8	8	12	24	5,5
Vestas	V150	145	145	150	10,4	25,00	8	8	12	24	5,5
Enercon	E-147	146,5	146,5	147	10,4	24,50	8	8	12	24	5,5

NB. Data afkomstig van Datasheets, WindPRO Database en generieke formules.

Dit resulteert in onderstaande grafieken van het plaatsgebonden risico. Voor de bepaling van de bladworptrefkansen is gebruik gemaakt van de formules: 2.5 t/m 2.13 van de Handleiding risicobeoordeling windturbines (versie oktober 2020). De PR-contouren zijn berekend met behulp van de formules 2.18 tot en met 2.25b en 3.1 tot en met 3.3







In onderstaande tabel zijn de gebruikte gegevens van de aanwezige objecten binnen de maximale effectafstand (faalscenario bladworp bij overtoeren) weergegeven. Voor de bepaling van de PR-contour is gerekend met de betrokken minimale afstanden tot de randen van de panden per windturbinelocatie.

Adres	Pandnr (vanaf N)	Objecttype	Aantal personen	Verblijfsduur /week	Verblijfstijdfactor /personen	Status	Afstand - 1	Afstand - 2	Afstand - 3
Drielse Veldweg	35	Woonfunctie	2,4	168	2,400		415		
Drielse Veldweg	35	Pand	2	10,5	0,125		412		
Drielse Veldweg	35	Pand	2	10,5	0,125		398		
Drielse Veldweg	31	Woonfunctie	2,4	168	2,400		406		
Drielse Veldweg	31	Pand	2	10,5	0,125		398		
Drielse Veldweg	31	Pand	2	10,5	0,125		392		
Drielse Veldweg	31	Pand	2	10,5	0,125		390		
Drielse Veldweg	31	Pand	2	10,5	0,125		347		
Drielse Veldweg	27	Woonfunctie	2,4	168	2,400		431		
Drielse Veldweg	25	Industriefunctie,Woonfunctie	2,4	168	2,400		469		
Drielse Veldweg	25	Industriefunctie,Woonfunctie	7,63	40	1,817		423		
Drielse Veldweg	23	Pand	2	10,5	0,125		448		

Bijlage 2 Geluidgegevens windturbines

Geluidgegevens Vestas V117-3.45MW STE op 150 m ashoogte

Coördinaten RD	148735	417704
Coördinaten WGS	51,7480	5,2965
Ashoogte [m]		150
Hoogte windprofiel [m]		150
Windturbine	Vestas V117-3.45 MW	
Mode	mode 0 mode STE	

Gecorrigeerd voor bedrijfsduur (Lw + Cb)

v_as [m/s]	dag [%]	avond [%]	nacht [%]	Lw_as [dB(A)]	LE dag [dB(A)]	LE avond [dB(A)]	LE nacht [dB(A)]
1	2,52	1,49	1,57				
2	4,64	2,98	2,55	89	75,7	73,7	73,1
3	7,32	4,60	3,58	91,8	80,4	78,4	77,3
4	8,79	6,24	5,10	92,1	81,5	80,1	79,2
5	9,92	8,41	6,37	93,9	83,9	83,1	81,9
6	10,98	10,27	7,81	97,1	87,5	87,2	86,0
7	12,09	12,57	10,24	100,4	91,2	91,4	90,5
8	11,50	13,48	14,15	103,4	94,0	94,7	94,9
9	10,04	13,23	15,95	106	96,0	97,2	98,0
10	7,45	10,07	13,55	106,8	95,5	96,8	98,1
11	5,26	6,66	8,24	106,8	94,0	95,0	96,0
12	3,22	3,82	4,54	106,8	91,9	92,6	93,4
13	2,09	2,30	2,35	106,8	90,0	90,4	90,5
14	1,57	1,37	1,58	106,8	88,8	88,2	88,8
15	0,97	1,01	1,02	106,8	86,7	86,8	86,9
16	0,58	0,62	0,63	106,8	84,4	84,7	84,8
17	0,39	0,36	0,30	106,8	82,7	82,4	81,6
18	0,25	0,21	0,19	106,8	80,8	80,0	79,6
19	0,17	0,11	0,11	106,8	79,1	77,2	77,2
20	0,10	0,08	0,06	106,8	76,8	75,8	74,6
21	0,06	0,04	0,06	106,8	74,6	72,8	74,6
22	0,05	0,02	0,03	106,8	73,8	69,8	71,6
23	0,01	0,01	0,01	106,8	66,8	66,8	66,8
24	0,01	0,01	0,00	106,8	66,8	66,8	
25	0,01	0,02	0,00	106,8	66,8	69,8	
				Totaal	**102,91**	**103,68**	**104,30**

Gehanteerde spectrale verdeling [dB(A)]

31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
-29,03	-18,52	-11,73	-9,16	-6,28	-5,16	-6,99	-12,83	-24,52

Geluidgegevens Vestas V150-4.2MW STE op 145 m ashoogte (voor geluidcontouren)

Coördinaten RD	148735	417704
Coördinaten WGS	51,7480	5,2965
Ashoogte [m]		145
Hoogte windprofiel [m]		145
Windturbine	Vestas V150-4.2MW	
Mode	mode 0 STE	

Gecorrigeerd voor bedrijfsduur (Lw + Cb)

v_as [m/s]	dag [%]	avond [%]	nacht [%]	Lw_as [dB(A)]	LE dag [dB(A)]	LE avond [dB(A)]	LE nacht [dB(A)]
1	2,52	1,48	1,55				
2	4,69	3,03	2,58				
3	7,42	4,66	3,65	91,1	79,8	77,8	76,7
4	8,91	6,40	5,18	91,3	80,8	79,4	78,4
5	10,00	8,53	6,52	93,2	83,2	82,5	81,3
6	11,14	10,54	7,99	96,4	86,9	86,6	85,4
7	12,24	12,84	10,65	99,9	90,8	91,0	90,2
8	11,53	13,66	14,62	103,3	93,9	94,7	94,9
9	9,99	13,25	16,23	104,9	94,9	96,1	97,0
10	7,33	9,91	13,19	104,9	93,6	94,9	96,1
11	5,12	6,31	7,78	104,9	92,0	92,9	93,8
12	3,10	3,64	4,17	104,9	89,8	90,5	91,1
13	2,03	2,11	2,20	104,9	88,0	88,1	88,3
14	1,54	1,34	1,51	104,9	86,8	86,2	86,7
15	0,90	0,94	0,95	104,9	84,4	84,6	84,7
16	0,56	0,57	0,56	104,9	82,4	82,5	82,4
17	0,37	0,33	0,27	104,9	80,6	80,1	79,2
18	0,24	0,19	0,18	104,9	78,7	77,7	77,5
19	0,15	0,11	0,09	104,9	76,7	75,3	74,4
20	0,09	0,08	0,07	104,9	74,4	73,9	73,4
21	0,06	0,03	0,05	104,9	72,7	69,7	71,9
22	0,04	0,01	0,02	104,9	70,9	64,9	67,9
23	0,01	0,01	0,00	104,9	64,9	64,9	
24	0,00	0,01	0,01	104,9		64,9	64,9
25	0,01	0,02	0,00	104,9	64,9	67,9	
				Totaal	**101,56**	**102,30**	**102,87**

Gehanteerde spectrale verdeling [dB(A)]

31 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
-29,49	-18,96	-11,34	-6,67	-4,86	-6,00	-10,08	-16,99	-26,88

Bijlage 3 Instellingen geluidmitigatie

In onderstaande tabel is per windturbine weergegeven in welke modus de windturbine gedurende de nachtperiode zou moeten draaien om de verschillende normstellingen te behalen

Windturbine	geen mitigatie	mitigatie naar 46 dB Lden	mitigatie naar 45 dB Lden
WT1	mode 0	mode SO2	mode SO4
WT2	mode 0	mode SO1	mode SO2
WT3	mode 0	mode 0	mode 0

Bronvermogen behorend bij geluidmodus:
Mode SO1 = max 105,2 dB(A)
Mode SO2 = max 103,7 dB(A)
Mode SO3 = max 102,4 dB(A)
Mode SO4 = max 99,8 dB(A)

Bijlage 4 Aantal (ernstig) gehinderden

In paragraaf 2.5.2 is berekend hoeveel ernstig gehinderden er worden verwacht na realisatie van Burgerwindpark A2 Lage Rooijen. Dezelfde aanpak is gebruikt om het aantal gehinderden vast te stellen. De dosishinderrelatie voor hinder binnenshuis uit het TNO rapport uit 2008 (percentages zijn weergegeven in bijlage C van het TNO rapport).

Aantal ernstig gehinderden

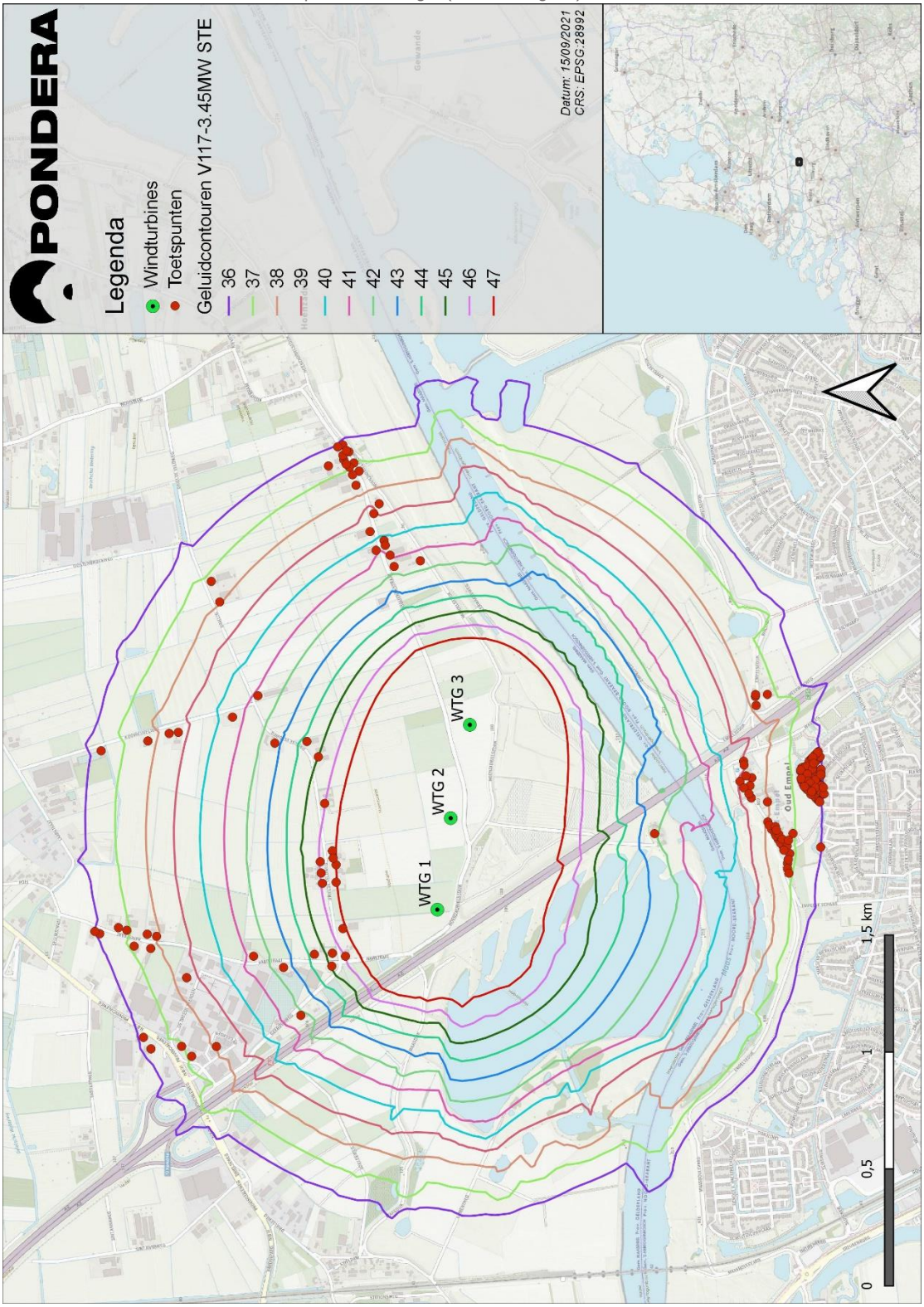
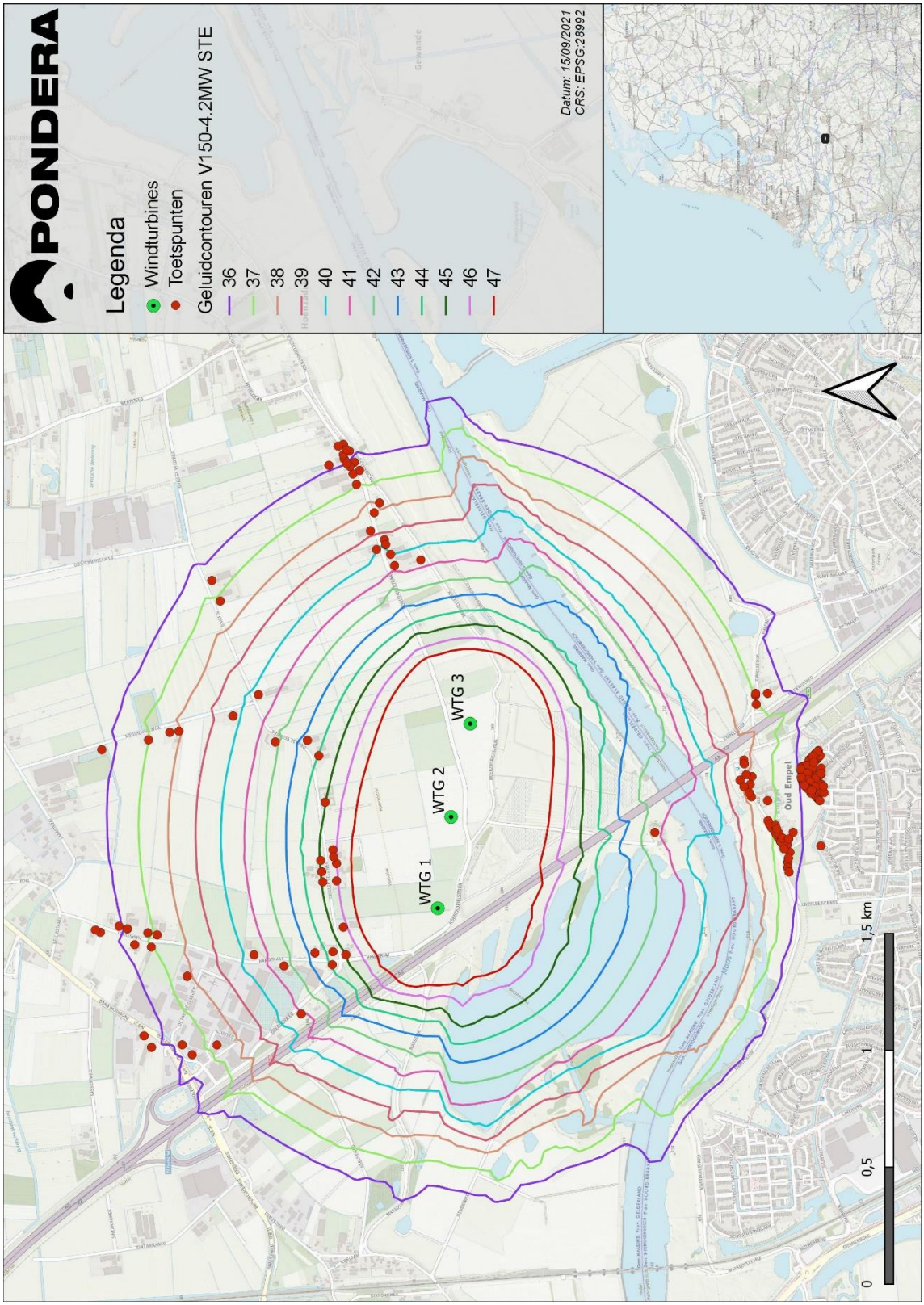
Situatie	Ernstig gehinderd (binnenshuis)	
	Aantal	% van de populatie
Zonder geluidmitigatie (max. 47 dB Lden)	5,3	1,3%
Tot 46 dB L_{den} mitigeren	3,4	0,9%
Tot 45 dB L_{den} mitigeren	2,5	0,6%

Aantal gehinderden

Situatie	Aantal gehinderd (binnenshuis)	
	Aantal	% van de populatie
Zonder geluidmitigatie (max. 47 dB Lden)	14,1	3,6%
Tot 46 dB L_{den} mitigeren	8,9	2,2%
Tot 45 dB L_{den} mitigeren	6,7	1,7%

Bijlage 5 Geluidcontouren

Geluidcontouren V117-3.45MW STE op 150m ashoogte (zonder mitigatie)



Geluidcontouren V150-4.2MW STE op 145m ashoogte (zonder mitigatie)