

Bosch & van Rijn

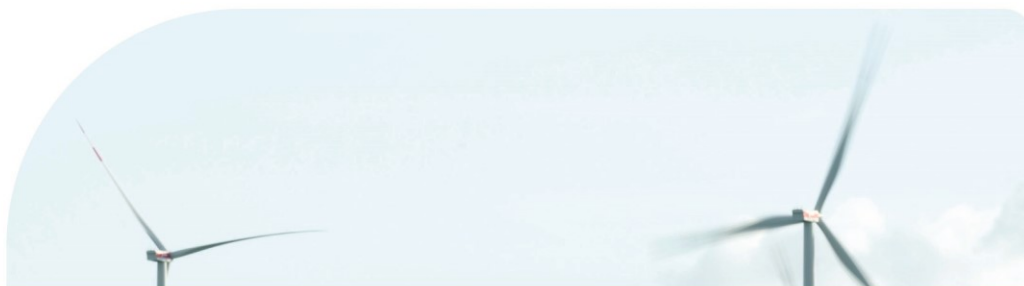
Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Steven Velthuisen MSc.
Daan Booij MSc.
Leon Schreurs MSc.

Opdrachtgever

WP De Pals BV



Onderbouwing milieunormen

Windpark De Pals



Onderbouwing milieunormen

Windpark De Pals

Datum
21 februari 2022

Bosch & Van Rijn
Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht

Tel: 030-677 6466
Mail: info@boschenvanrijn.nl
Web: www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2022

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie

Inhoudsopgave

1	INLEIDING	3
2	GELUID	4
	2.1 <i>Theorie en uitgangspunten</i>	4
	2.2 <i>Lokale situatie WP De Pals</i>	8
	2.3 <i>Conclusie</i>	9
3	SLAGSCHADUW	10
	3.1 <i>Theorie en uitgangspunten</i>	10
	3.2 <i>Lokale situatie WP De Pals</i>	14
4	EXTERNE VEILIGHEID	18
	4.1 <i>Aanvaardbare risico's</i>	18
	4.2 <i>Lokale situatie WP De Pals</i>	19
5	LICHTSCHITTERING	20
BIJLAGE A	GELUID	21
BIJLAGE B	SLAGSCHADUW	21

1 Inleiding

Tot voorkort waren er rechtstreeks geldende milieunormen voor windparken opgenomen in het Activiteitenbesluit milieubeheer. Omdat voor het Activiteitenbesluit ten onrechte geen milieueffectrapport is opgesteld zijn deze normen door de Afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State buiten toepassing verklaard voor windturbineprojecten die vallen onder bijlage II van de Europese Mer-richtlijn. In de uitspraak wordt expliciet door de RvS genoemd dat een bevoegd gezag er voor kan kiezen om eigen normen te hanteren. Die normen moeten dan zijn voorzien van een actuele, deugdelijke, op zichzelf staande en op de aan de orde zijnde situatie toegesneden motivering.

Dit hoofdstuk geeft een onderbouwing voor vaststelling van dergelijke normen voor het Windpark De Pals.

2 Geluid

Deze paragraaf bevat een motivering voor een gemeentelijke milieunorm voor geluid van windturbines. Deze motivering is:

- **Actueel:** er is uitgegaan van de nieuwste gegevens als het gaat om nabijgelegen woningen en windturbintypen. Uit onderzoek is tevens gebleken dat de gehanteerde dosis-effectrelatie, hoewel daterend uit 2008, in de tussentijd niet is betwist in wetenschappelijke publicaties en in 2018 opnieuw is gebruikt in een rapportage van de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO).
- **Deugdelijk:** de berekeningen zijn uitgevoerd conform het Reken- en Meetvoorschrift windturbines en baseren zich op wetenschappelijke publicaties van gerenommeerde kennis-instituten als TNO en het RIVM.
- **Op zichzelf staand en op de aan de orde zijnde situatie toegesneden:** de motivering is specifiek voor de situatie van Windpark De Pals. Naast het werken met algemene hinderpercentages is een inschatting gemaakt van het daadwerkelijke *aantal* verwachte ernstig gehinderden, waarbij de specifieke windturbinelocaties en de ligging van woningen in de wijde omgeving zijn betrokken. Ook zijn het lokale windaanbod en de afmetingsklassen van windpark De Pals gebruikt om de energieopwek te kunnen betrekken in de afweging.

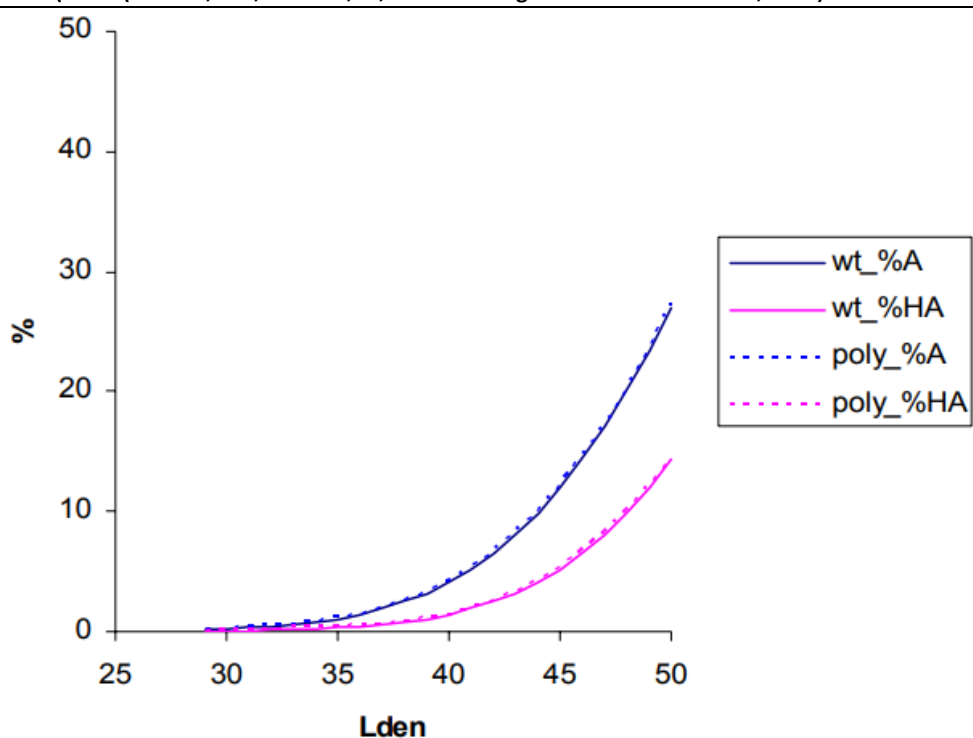
2.1 Theorie en uitgangspunten

2.1.1 Dosis-effectrelatie

Hoewel er geen milieueffectrapport is uitgevoerd voor de windturbinenormen uit het Activiteitenbesluit neemt dat niet weg dat er een inhoudelijke onderbouwing voor de voorheen toegepaste milieunormen bestaat. TNO heeft de dosis-effectrelatie voor windturbinegeluid bepaald (Janssen, Vos, & Eisses, Hinder door geluid van windturbines, 2008). Dat wil zeggen: hoe groot is het effect bij verschillende geluidsniveaus. De onderzoeksresultaten zijn ook gepubliceerd in een wetenschappelijk tijdschrift (Janssen & Vos, Eisses, & Pedersen, 2011). Hoewel windturbines in de afgelopen jaren groter zijn geworden is deze dosis-effectrelatie nog steeds geldig. Dit blijkt onder andere uit een recent WHO-rapport (Environmental Noise Guidelines for the European Region, 2018), dat zich baseert op diezelfde publicatie en komt tot dezelfde conclusies¹.

¹ Daarbij moet worden opgemerkt dat het WHO-rapport een uitspraak doet over hinder buitenshuis, terwijl motivering voor de 47 dB Lden zich baseert op de hinderpercentages binnenshuis. Dit verklaart waarom de hinderpercentages in het WHO rapport afwijken van de hier genoemde percentages.

Figuur 1 De relatie tussen Lden en het percentage gehinderden (wt_%A) en ernstig gehinderden (wt_%HA) binnenshuis door geluid van windturbines. De gestippelde lijnen geven de polynome benadering weer. (Bron: (Janssen, Vos, & Eisses, A., Hinder door geluid van windturbines, 2008)



Diverse recente onderzoeken hebben gekeken naar de gezondheidseffecten van geluid.

- In 2017 en 2018 heeft het RIVM een grootschalig literatuuronderzoek uitgevoerd (van Kamp & van den Berg, Health Effects Related to Wind Turbine Sound, Including Low-Frequency Sound and Infrasound, 2018) waarin 32 wetenschappelijke artikelen uit de periode 2009-2017 zijn geanalyseerd. Dit onderzoek concludeert: *Geluid van windturbines leidt tot meer hinder dan geluid van andere bronnen. Er is geen bewijs voor een specifiek effect van de laagfrequente component noch van infrageluid.*
- Een recent literatuuronderzoek van het RIVM (van Kamp & van der Berg, Health effects related to wind turbine sound: an update, 2020) concludeert dat uit literatuur niet blijkt dat laagfrequent geluid van windturbines voor extra hinder zorgt tot die gerelateerd aan 'gewoon' geluid. De literatuur liet duidelijk zien dat omwonenden minder hinder hebben van de windturbines als ze betrokken worden bij de plaatsing ervan.

Er zijn geen onderzoeken bekend waarin de kwantitatieve relatie tussen de hoeveelheid geluid en de hoeveelheid hinder uit het oorspronkelijke onderzoek (Janssen, Vos, & Eisses, Hinder door geluid van windturbines, 2008) wordt betwist.

2.1.2 Geluidsdosismaat Lden en Lnight

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) Lden of dB Lnight te worden uitgedrukt. De geluidbelasting in dB Lden wordt ook wel de dag-avond-nachtgeluidbelastingsindicator 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 nachtgeluidsbelastingsindicator. 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 windturbine². Bij een geluidbelasting van 47 dB L_{den} op een punt is het daadwerkelijk ervaren gemiddelde geluidniveau³ op de gevel (bij hoge windsnelheden op ashoogte) 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 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 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 stellen aanvullend op een L_{den} normering. 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 slaapverstoring⁴. De WHO geeft in haar rapport van 2018 dan ook geen advies over een L_{night}-norm voor windturbines.

2.1.3 Normgrens en hinder

Voor de 'oude' grenswaarde van 47 dB L_{den} blijkt uit een vergelijking met de dosis effect-relatie dat bij deze waarde circa 9% ernstige hinder kan worden verwacht.

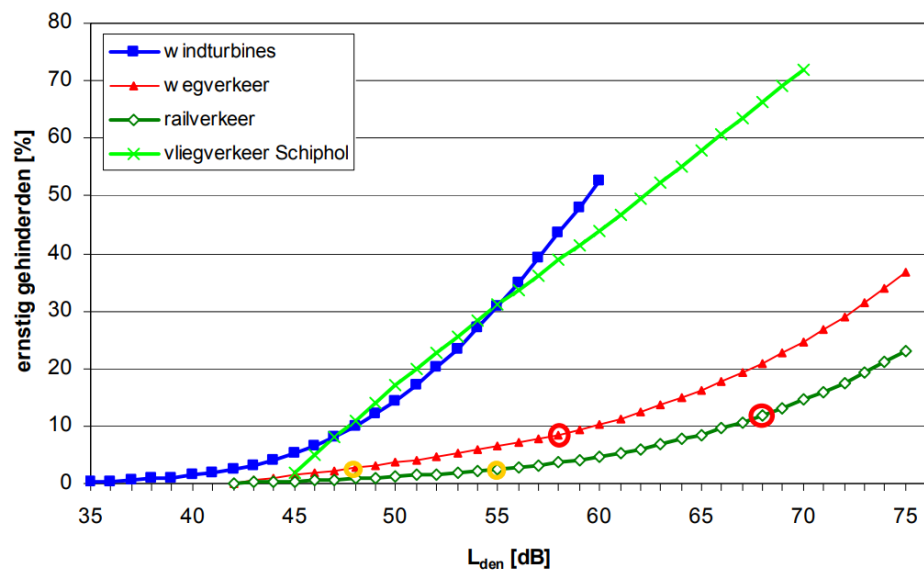
² Nederlandse geluidsnormen in internationaal perspectief, E. Koppen, Arcadis, Windnieuws nr. 4 2015.

³ De daadwerkelijk ervaren geluidsniveaus zijn lager dan het gewogen L_{den} gemiddelde omdat de L_{den}-waarde straffactoren bevat voor geluid in de avond en de nacht.

⁴ Factsheet gezondheidseffecten van windturbinegeluid, RIVM, augustus 2021.

Deze grenswaarde is goed vergelijkbaar met het aantal ernstig gehinderden bij de normering voor wegverkeer, railverkeer en industrielawaai. Onderstaande grafiek geeft de relatie tussen Lden en het percentage ernstig gehinderden (binnenshuis) bij verschillende bronnen weer. De rode cirkels zijn de grenswaarden voor weg- en railverkeer, waarbij dus ook ca. 9-11% ernstig gehinderden aanvaardbaar wordt geacht. Het feit dat dit hinderpercentage bij windturbine al bij een lager geluidsniveau optreedt komt doordat windturbinegeluid als hinderlijker wordt ervaren dan geluid van overige bronnen, bijvoorbeeld door het kenmerkende ritmische karakter van het geluid van de wieken die de mast passeren, de zogenaamde amplitudemodulatie.

Figuur 2 Relatie tussen Lden en het percentage ernstig gehinderden (binnenshuis) bij verschillende bronnen (Verheijen, et al., 2009). Bij 47 dB Lden geluidsbelasting van windturbines (blauwe lijn) hoort een ernstig-gehinderdenpercentage van ca. 9%. De normen voor railverkeer (68 dB Lden) en wegverkeer (58 dB Lden) zijn met rode cirkels weergegeven en leiden tot vergelijkbare hinderpercentages. De gele cirkels tonen de voorkeurswaarde voor railverkeer (55 dB Lden) en wegverkeer (48 dB Lden).



Op basis van de dosis-effectrelatie uit Figuur 1 is te berekenen hoe groot het percentage ernstig gehinderden is bij objecten in de omgeving van het windpark (zoals woningen). Door vervolgens dit percentage te vermenigvuldigen met het (geschatte) aantal bewoners per pand krijgen wij het statistisch verwachte aantal ernstig gehinderden in elk pand. De optelling van alle panden geeft het statistisch verwachte aantal ernstig gehinderden.

De berekening van het hinderpercentage maakt gebruik van de polynome functie die is gegeven in (Janssen, Vos, & Eisses, A., 2008):

$$\%HA_{binnen} = -107,6 + 9,656 L_{den} - 0,289 L_{den}^2 + 0,002894 L_{den}^3$$

Deze formule beschrijft de roze stippellijn in Figuur 1.

2.2 Lokale situatie WP De Pals

In het akoestisch onderzoek voor Windpark De Pals is voor geluidsgevoelige objecten in de ruime omgeving van het windpark de jaargemiddelde geluidbelasting op de gevel berekend.

Onderstaande tabel toont de immisiewaarden van de 10 objecten met de hoogste geluidsbelasting. Daarbij is steeds ook het hinderpercentage berekend conform de formule hierboven en is dit percentage ernstig gehinderden omgezet in een verwacht aantal ernstig gehinderden door gebruik te maken van het aantal inwoners en het aantal huishoudens in de gemeente Bladel.

Zie ook Bijlage A voor een uitgebreidere versie van de berekening.

Tabel 1 Demografische gegevens woningen in Bladel. Bron: <https://allecijfers.nl/gemeente/bladel/>, 2021.

Inwoners gemeente Bladel	20.529
Huishoudens gemeente Bladel	8.710
Inwoners per huishouden	2,4

Tabel 2 Geluidsbelasting en hinder als gevolg van Windpark De Pals (10 hoogst belaste woningen).

Adres	Lden (dB)		% ernstig gehinderd		Aantal ernstig gehinderden	
	VKA Boven	VKA Onder	VKA Boven	VKA Onder	VKA Boven	VKA Onder
Troprijt 14 Bladel	44	42	5%	2%	0,11	0,06
Troprijt 21 Bladel	44	41	4%	2%	0,10	0,05
De Pals 2 Hapert	44	41	4%	2%	0,09	0,05
De Pals 1 Hapert	43	41	3%	2%	0,08	0,04
Troprijt 19 Bladel	43	41	3%	2%	0,08	0,04
Troprijt 15 Bladel	41	38	2%	1%	0,04	0,02
Troprijt 11 Bladel	36	34	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 39 Bladel	36	33	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 10 A Bladel	36	33	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 44 Bladel	35	33	0%	0%	0,01	0,01

Door het verwachte aantal ernstig gehinderden over alle woningen in de wijde omgeving op te tellen verkrijgen wij het totale verwachte aantal gehinderden als gevolg van het windpark. Zie Tabel 3.

Tabel 3 Verwacht aantal ernstig gehinderden a.g.v. windturbinegeluid op basis van de dosis-effectrelatie.

Aantal ernstig gehinderden (statistische verwachting)	
VKA onder	0,4
VKA boven (worst case)	0,9

Wanneer geen beperkende geluidsnorm wordt opgenomen zou het aantal ernstig gehinderden als gevolg van het windturbinegeluid van windpark De Pals dus liggen tussen de 0,4 en 0,9.

Overigens treedt de hoogste geluidsbelasting als gevolg van het windpark op bij de woning met adres Troprijt 14: maximaal 44 dB Lden als gevolg van VKA boven. Dat

betekent dus dat het aantal ernstig gehinderden pas daalt wanneer een geluidsnorm zou worden gedefinieerd die lager is dan 44 dB Lden.

Het Akoestisch Onderzoek kijkt ook naar de geluidsbelasting op de nabijgelegen recreatieparken (Camping De Achterste Hoef en Bungalowpark Het Vennenbos). Daaruit blijkt de maximale jaargemiddelde geluidsbelasting bij de Camping ca. 40 dB Lden te zijn en bij het recreatiepark ca. 37 dB Lden. Gegeven deze lage waarden en het feit dat verblijf overwegend van beperkte duur is kan gesteld worden dat er voor wat betreft deze terreinen en het windturbinegeluid sprake is van een aanvaardbaar leefklimaat.0

2.3 Conclusie

Het statistisch verwachte aantal ernstig gehinderden in de worst-case situatie uit de vergunningaanvraag voor windpark De Pals is zeer beperkt (minder dan 1). In dat worst-case geval treedt bij geen enkel gevoelig object of terrein een geluidsbelasting op van meer dan 44 dB Lden.

3 Slagschaduw

Ter onderbouwing van een lokale norm voor slagschaduw baseren wij ons voor wat betreft theorie en uitgangspunten deels op de beschrijvingen uit het document 'Onderzoek milieunormen windenergie Windpark Agro-Wind Reusel' van Pondera. Deze uitgangspunten zijn vervolgens toegepast op de lokale situatie van Windpark De Pals.

3.1 Theorie en uitgangspunten

3.1.1 *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 20% van de zonneschijf. Bij een lager percentage zal zoveel licht langs het blad vallen dat van sterke schaduwwerking sprake is. Hoe kleiner de afdekking, hoe 'diffuser' de schaduw.
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.⁵
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 ramen 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').

3.1.2 *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.

Voor de definitie van een slagschaduw gevoelig object of terrein maken we onderscheid tussen objecten of terreinen bedoeld 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:

⁵ World Meteorological Organization, 2021; Chapter 8 Measurement of sunshine duration: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3154

- **Een slagschaduwgevoelig object of terrein:** 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).
- **Overige slagschaduwgevoelige objecten:** 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. Stallen, loodsen, landbouwgrond, sportvelden en parkeerterreinen 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 kantoordeelte), hoeft alleen dat deel als slagschaduwgevoelig te worden beschouwd.

3.1.3 *Hinderlijkheid van slagschaduw*

3.1.3.1 *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 leefomgeving⁶. 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 licht⁷. Bij grote moderne windtur-

⁶ Pohl, J, Faul, F, & Mausfeld, R; Belästigung durch periodischen schattenwurf von Windenergieanlagen, 1999.

⁷ Parsons Brinckerhoff, 2006; Update of UK Shadow flicker Evidence Base

bines 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 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 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.

3.1.3.2 Toegenomen afmetingen windturbines

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.

3.1.3.3 Hinder beperken in de tijd

Uit een vergelijkende literatuurstudie uit 2017 van Koppen et al⁸, 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.

In Nederland wordt nu veelal een maximale slagschaduwduur van ca. 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 beoordelingsystematiek is op jaarbasis dus zeer beperkt.

3.1.3.4 Dosis-effectrelatie

Er is internationaal beperkt onderzoek beschikbaar naar de relatie tussen blootstellingsduur aan slagschaduw en de effecten hiervan op personen. In 2016 heeft Health Canada⁹ aanvullend onderzoek gedaan naar variabelen die de hoogte van de ervaren hinder beïnvloeden. Hieruit is gebleken dat wanneer de aaneengesloten

⁸ Koppen, E, et al, 2017; International Legislation and Regulations for Wind Turbine Shadow Flicker Impact

⁹ <https://asa.scitation.org/doi/pdf/10.1121/1.4942403>

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 4. Dit is voor zover bekend de enige dosis-effectrelatie studie die beschikbaar is in relatie tot slagschaduw van windturbines.

Tabel 4 Mate van ernstige hinder bij verschillende aaneengesloten blootstellingsduren¹⁰.

Blootstelling slagschaduw	0-10 min.	10-20 min.	20-30 min.	>30 min.
Mate van ernstige hinder	3,8%	5,2%	13,5%	21,1%

Tot slot wordt opgemerkt dat verscheidene landen een bruto slagschaduwnorm hanteren¹¹. Omdat de dosis-effectrelatie gaat over de daadwerkelijke blootstelling aan slagschaduw wordt een netto blootstellingsduur 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.

3.1.3.5 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. 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. Bij moderne windturbines geldt dat een wiek nog slechts minder dan 20% van de zonneschijf bedekt bij een afstand van ca. 1,8 – 2 km, afhankelijk van de afmeting van de windturbine. Voorbij dergelijke afstanden is hinderlijke slagschaduw niet meer aan de orde.

3.1.4 Onderzoeksopzet

De slagschaduwberekeningen ten behoeve van de milieuonderbouwing zijn uitgevoerd met het softwareprogramma windPRO versie 3.5.552. Voor de windturbines van WP De Pals is een windturbine met een rotordiameter van 165 meter en een ashoogte van 157,5 meter gehanteerd. Dit is de worst-case situatie.

Voor de slagschaduwberekeningen is de slagschaduw meegenomen die optreedt bij een zonnestand van minimaal 5 graden boven de horizon. De achterliggende argumentatie is dat de schaduweffecten onder deze zonnestand te veel gereduceerd zijn om hinderlijke effecten te veroorzaken:

- Het schaduwcontrast is geringer vanwege afzwakking van het licht in de atmosfeer

¹⁰ 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

¹¹ 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.

- Bij lage zonnestanden is de invloed van obstakels groot (bv. andere gebouwen en bomen).

Daarnaast is de aanname gedaan dat op afstanden waarvoor de wieken van de windturbines minder dan 20% van de zonneschijf bedekken geen hinderlijke slagschaduw meer kan optreden.

Deze beide aannames in de berekening wijken iets af van de aannames in het slagschaduwonderzoek bij het MER. Op deze manier is echter een goed vergelijk te maken met Windpark Agro-Wind Reusel, waar op dezelfde wijze gerekend is. Zie Bijlage B voor de berekening.

Op de locatie van de onderzochte objecten is uitgegaan van een verticale schaduw 'receptor' van 5 meter hoog en 8 meter breed, beginnend op 50 cm hoogte. Deze receptoren zijn in alle richtingen gevoelig voor slagschaduw. Op de locatie van de twee onderzochte terreinen (Camping en Bungalowpark) zijn de volledige werkelijke oppervlaktes van deze terreinen gemodelleerd als slagschaduwgevoelige 'vlakken'.

Eventueel hoogteverschil van het maaiveld is als verwaarloosbaar beschouwd en de windturbines en de ontvangers zijn op een gelijk denkbeeldig maaiveld gemodelleerd.

3.2 Lokale situatie WP De Pals

3.2.1 Slagschaduwgevoelige objecten (woningen)

In het slagschaduwonderzoek (inclusief de actualisatie zoals opgenomen in het document 'Aanvulling MER') is inzicht gegeven in de slagschaduw van windpark De Pals op gevoelige objecten in de omgeving. Tevens is daarin onderzocht hoeveel slagschaduw er optreedt op de nabijgelegen Camping de Achterste Hoef en Bungalowpark Het Vennenbos en is ook bekeken hoeveel slagschaduw WP De Pals en het nabijgelegen Windpark Agro-Wind Reusel gezamenlijk (cumulatief) veroorzaken.

Uit het onderzoek blijkt dat er 6 slagschaduwgevoelige objecten in de omgeving van WP De Pals daadwerkelijk slagschaduw ondervinden.

Onderstaande tabel toont de jaarlijkse verwachte slagschaduw, uitgaande van het grootste windturbinetype dat past binnen de vergunningaanvraag voor WP De Pals (VKA boven).

Tabel 5 Slagschaduw op omliggende gevoelige objecten (uren per jaar). WAWR staat voor Windpark Agro-Wind Reusel.

Adres	Resultaten WP De Pals	Cumulatief met WAWR
	VKA boven	VKA boven
De Pals 1 5527PA Hapert	15:00	15:00
De Pals 2 5527PA Hapert	17:20	17:20
Troprijt 14 5531NA Bladel	12:17	12:17
Troprijt 15 5531NA Bladel	05:23	05:23
Troprijt 19 5531NA Bladel	08:12	08:12
Troprijt 21 5531NA Bladel	11:14	11:14

De hierboven berekende waarden wijken een klein beetje af van hetgeen is berekend in het slagschaduwonderzoek. Dit verschil wordt veroorzaakt door de geactualiseerde uitgangspunten zoals in de vorige paragraaf beschreven. Uit de rechterkolom blijkt dat de slagschaduw van Windpark Agro-Wind Reusel niet reikt tot de woningen die slagschaduw van WP De Pals ondervinden, waardoor er geen cumulatieve effecten zijn.

3.2.2 Overige objecten en terreinen

Uit een nieuwe inventarisatie die ten behoeve van deze onderbouwing is uitgevoerd blijkt een klein aantal overige slagschaduwgevoelige objecten (niet zijnde woningen) in de omgeving van het windpark te liggen.

Het betreft twee panden en twee terreinen:

Tabel 6 Overige slagschaduwgevoelige objecten en terreinen.

Adres	Resultaten WP De Pals	Cumulatief met WAWR
	VKA boven	VKA boven
Slagschaduwgevoelige overige objecten		
Ten Vorsel 3-schr (logiesfunctie, geen recreatiebestemming)	2:56	7:46
Troprijt 21a (industriefunctie, agrarische bestemming)	9:32	9:32
Slagschaduwgevoelige overige terreinen		
Bungalowpark Het Vennenbos	11:57	11:57
Camping De Achterste Hoef	2:52	2:52

Voor de slagschaduwgevoelige terreinen is het volledige grondgebied meegenomen in de berekening; per individueel object op de terreinen is de slagschaduw logischerwijs (een stuk) minder.

Uit de rechterkolom is af te lezen dat alleen bij de schuur gelegen aan Ten Vorsel cumulatieve effecten optreden. Overigens ligt er bos tussen dit object en de windturbines van Windpark Agro-Wind Reusel, waardoor het daadwerkelijk optreden van hinderlijke slagschaduweffecten weinig voor zal komen.

Naast het pand met adres Troprijt 21a ligt een pand met woonfunctie (Troprijt 21). Eventuele stilstandvoorzieningen die ten behoeve van de woning worden ingesteld zullen logischerwijs ook de slagschaduw op Troprijt 21a beperken.

Figuur 3 De beoogde windturbines van Windpark de Pals en nabijgelegen gevoelige overige objecten.



Figuur 4 De beoogde windturbines van Windpark de Pals en nabijgelegen gevoelige overige terreinen.



3.2.3 Opbrengstderving

Uit de berekeningen is ook te destilleren hoe vaak de windturbines stil zouden moeten staan om de slagschaduw te voorkomen. Dit is niet hetzelfde als een optelling van de slagschaduw per object, omdat slagschaduw in sommige gevallen meerdere objecten tegelijk kan beslaan.

De resultaten zijn opgenomen in onderstaande tabel:

Tabel 7 Benodigde stilstand om slagschaduw te voorkomen. Berekend voor de maximale maten (VKA boven) om een worst-case indicatie te krijgen. In uren per jaar.

	uu:mm
Benodigde stilstand om alle slagschaduw op woningen te voorkomen	40:27
Benodigde stilstand om alle slagschaduw op overige objecten te voorkomen	27:06
Som van bovenstaande	67:33

Een norm die de slagschaduwduur op woningen en/of overige objecten maximeert zal dus nooit meer stilstand van de windturbines veroorzaken dan de hierboven aangegeven waarden. Daarmee is ook een inschatting te geven van de maximale procentuele opbrengstderving. Uitgaande van 8.415 draaiuren per jaar is de derving dan maximaal 0,2% oftewel 133 MWh/jr, het jaarlijkse energieverbruik van ca. 50 Bladelse huishoudens¹².

¹² Het gemiddelde elektriciteitsverbruik in een Nederlands huishouden ligt rond de 2,7 MWh/jr.

4 Externe veiligheid

4.1 Aanvaardbare risico's

In het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) zijn definities voor kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten opgenomen. Dit zijn objecten die bij een externe veiligheidsbeoordeling bijzondere bescherming verdienen, omdat zij zijn bestemd voor het (langdurig) verblijf van kwetsbare of grote aantallen personen.

Welk externe veiligheidsrisico bij (beperkt) kwetsbare objecten als aanvaardbaar wordt beschouwd wordt in normen omschreven met het plaatsgebonden risico (PR). Hiermee wordt de kans omschreven dat een persoon die zich onafgebroken op een bepaalde locatie bevindt komt te overlijden als direct gevolg van een ongeval bij de te beoordelen inrichting. Een persoon die zich onafgebroken op de PR 10^{-6} contour rondom een inrichting bevindt heeft een kans op overlijden van 10^{-6} per jaar (één op de miljoen per jaar) als direct gevolg van een ongeval bij de te beoordelen inrichting. Op de PR 10^{-5} contour is de kans op overlijden één op de honderd-duizend per jaar.

In het Activiteitenbesluit milieubeheer waren normen voor het plaatsgebonden risico bij (beperkt) kwetsbare objecten opgenomen, veroorzaakt door een windturbine of combinatie van windturbines. De bescherming van (beperkt) kwetsbare objecten was echter niet alleen in het Activiteitenbesluit milieubeheer geregeld, maar ook in diverse andere externe veiligheidsbesluiten zoals het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt).

In bovengenoemde besluiten wordt voor kwetsbare objecten telkens een grenswaarde voor het PR van 10^{-6} per jaar in acht genomen en wordt rekening gehouden met een richtwaarde van 10^{-6} per jaar voor beperkt kwetsbare objecten. Een grenswaarde voor het PR bij beperkt kwetsbare objecten wordt in de besluiten niet gegeven. In de praktijk wordt een PR van 10^{-5} per jaar nog als aanvaardbaar beschouwd.

Er is geen reden om bij de beoordeling van windturbines normen voor (beperkt) kwetsbare objecten te hanteren die afwijken van de normen die gelden voor overige inrichtingen en zijn opgenomen in de diverse externe veiligheidsbesluiten, zoals het Bevi, Bevb en Bevt. Om deze reden wordt de bescherming van (beperkt) kwetsbare objecten voldoende geborgd door bij een windpark de volgende normen te stellen:

- Het plaatsgebonden risico voor een kwetsbaar object, veroorzaakt door een of meer windturbines van Windpark de Pals, is niet hoger dan 10^{-6} per jaar.
- Het plaatsgebonden risico voor een beperkt kwetsbaar object, veroorzaakt door een of meer windturbines van Windpark de Pals, is niet hoger dan 10^{-5} per jaar.

Voor de definitie van kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten wordt aangesloten bij de definitie uit artikel 1 lid 1b en artikel 1 lid 1l uit het Bevi. Voor het berekenen van het plaatsgebonden risico wordt gebruik gemaakt van het door het RIVM opgestelde *Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module IV – Windturbines*. Dit rekenvoorschrift bevat de meest actuele en recente rekenmethoden om het plaatsgebonden risico rondom een windturbine te bepalen.

4.2 Lokale situatie WP De Pals

Voor wat betreft Windpark De Pals geldt dat uit het externe-veiligheidsonderzoek (bijlage C bij het MER) blijkt dat de lokale situatie niet uitzonderlijk is, en daarmee geen aanleiding geeft om af te wijken van de hierboven beschreven redenerlijn.

5 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. Een voorschrift ter voorkoming van lichtschittering kan worden opgenomen in de omgevingsvergunning.

Bibliografie

- (2018). *Environmental Noise Guidelines for the European Region*. Copenhagen: WHO.
- Janssen & Vos, Eisses, A., & Pedersen, E. (2011). A comparison between exposure-response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *J. Acoust. Soc. Am.*, 3746-3753.
- Janssen, S., Vos, H., & Eisses, A. (2008). *Hinder door geluid van windturbines*. Delft: TNO Bouw en Ondergrond.
- Janssen, S., Vos, H., & Eisses, A. (2008). *Hinder door geluid van windturbines*. Delft: TNO Bouw en Ondergrond.
- van Kamp, I., & van den Berg, F. (2018). Health Effects Related to Wind Turbine Sound, Including Low-Frequency Sound and Infrasound. *Acoust Aust*, 46:31-57.
- van Kamp, I., & van der Berg, G. (2020). *Health effects related to wind turbine sound: an update*. Bilthoven: RIVM.
- Verheijen, E., Jabben, J., Schreurs, E., Koeman, T., van Poll, R., & du Pon, B. (2009). *Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid*. de Bilt: RIVM.

Bijlage A Geluid

Zie hiernavolgend.

Bijlage B Slagschaduw

Zie hiernavolgend.



Bosch & van Rijn
experts in duurzame energie

Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht
www.boschenvanrijn.nl





Onderbouwing lokale milieunormen - Bijlage Geluid

Inleiding

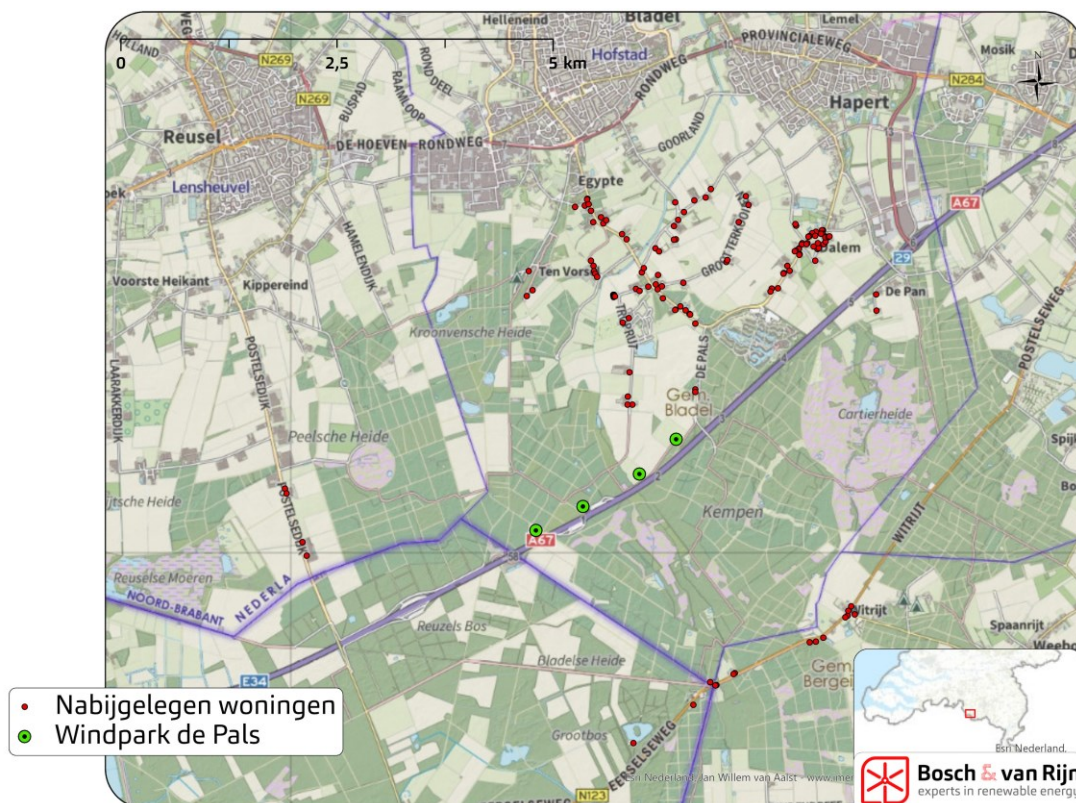
Dit document bevat de bijlagen van de onderbouwing milieunormen van windpark De Pals.

Rekenmethode

De rekenmethode is gelijk aan de beschreven methode in het Akoestisch onderzoek t.b.v. projectMER van windpark de Pals. Voor de berekening is wel is een nieuwere versie van GeoMilieu gebruikt, namelijk GeoMilieu V2021.0.

Resultaten per woning

Onderstaande figuur geeft alle 135 woningen weer die binnen 3 km van het windpark gelegen zijn en die in de analyse zijn meegenomen.



Voor alle nabijgelegen woningen is berekend hoe hoog de jaargemiddelde geluid belasting als gevolg van het windpark is, voor het voorkeursalternatief onder en

boven. Met behulp van de dosis-effectrelatie zoals beschreven in het document 'Onderbouwing Milieunormen' is vervolgens per woning het % ernstig gehinderden en het aantal ernstig gehinderden berekend. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel. Uit de resultaten is te concluderen dat er bij verder weg gelegen woningen met zekerheid geen hinder optreedt. De som van de waarden in de laatste twee kolommen is 0,9 voor VKA boven en 0,4 voor VKA onder.

Adres	Lden (dB)		% ernstig gehinderd		Aantal ernstig gehinderden	
	VKA Boven	VKA Onder	VKA Boven	VKA Onder	VKA Boven	VKA Onder
Troprijt 14 Bladel	44	42	5%	2%	0,11	0,06
Troprijt 21 Bladel	44	41	4%	2%	0,10	0,05
De Pals 2 Hapert	44	41	4%	2%	0,09	0,05
De Pals 1 Hapert	43	41	3%	2%	0,08	0,04
Troprijt 19 Bladel	43	41	3%	2%	0,08	0,04
Troprijt 15 Bladel	41	38	2%	1%	0,04	0,02
Troprijt 11 Bladel	36	34	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 39 Bladel	36	33	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 10 A Bladel	36	33	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 44 Bladel	35	33	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 42 Bladel	35	33	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 37 A Bladel	35	33	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 37 Bladel	35	33	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 40 Bladel	35	33	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 38 Bladel	35	32	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 35 Bladel	34	32	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 N Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 M Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 K Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 B Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 J Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Bredasebaan 34 Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 H Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 C Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 6 Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 D Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 G Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 7 E Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Troprijt 5 Bladel	34	31	0%	0%	0,01	0,01
Groot Terkooijen 3 Bladel	33	31	0%	0%	0,01	0,00
Groot Terkooijen 4 Bladel	33	31	0%	0%	0,01	0,00
Troprijt 4 Bladel	33	31	0%	0%	0,01	0,00
Groot Terkooijen 11 Bladel	33	30	0%	0%	0,01	0,00
Akkerweg 6 Bladel	33	30	0%	0%	0,01	0,00
Bredasebaan 29 Bladel	32	30	0%	0%	0,01	0,00
Bredasebaan 32 Bladel	32	30	0%	0%	0,01	0,00
Ten Vorsel 3 B Bladel	32	29	0%	0%	0,01	0,00

Adres	Lden (dB)		% ernstig gehinderd		Aantal ernstig gehinderden	
	VKA Boven	VKA Onder	VKA Boven	VKA Onder	VKA Boven	VKA Onder
Ten Vorsel 3 Bladel	32	29	0%	0%	0,01	0,00
Ten Vorsel 2 Bladel	32	29	0%	0%	0,01	0,00
Park de Tipmast 20 Bladel	31	29	0%	0%	0,01	0,00
Ten Vorsel 1 Bladel	31	29	0%	0%	0,01	0,00
Schouwberg 8 Hapert	31	29	0%	0%	0,01	0,00
Park de Tipmast 18 Bladel	31	29	0%	0%	0,01	0,00
Schouwberg 6 Hapert	31	28	0%	0%	0,01	0,00
Schouwberg 5 Hapert	31	28	0%	0%	0,01	0,00
Ten Vorsel 1 A Bladel	31	28	0%	0%	0,01	0,00
Akkerweg 4 Bladel	31	28	0%	0%	0,01	0,00
Groot Terkooijen 17 Bladel	31	28	0%	0%	0,01	0,00
Akkerweg 2 Bladel	31	28	0%	0%	0,00	0,00
Groot Terkooijen 19 Bladel	31	28	0%	0%	0,00	0,00
Bredasebaan 26 Bladel	30	28	0%	0%	0,00	0,00
De Elsten 3 Bladel	30	28	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 30 Bergeijk	30	27	0%	0%	0,00	0,00
De Elsten 3 A Bladel	30	27	0%	0%	0,00	0,00
Tipmast 52 Bladel	30	27	0%	0%	0,00	0,00
Schouwberg 4 Hapert	30	27	0%	0%	0,00	0,00
Schouwberg 2 Hapert	30	27	0%	0%	0,00	0,00
Bredasebaan 24 Bladel	30	27	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 20 Bergeijk	30	27	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 24 Bergeijk	30	27	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 25 Bergeijk	30	27	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 27 Bergeijk	30	27	0%	0%	0,00	0,00
Schouwberg 1 Hapert	30	27	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 40 Hapert	29	27	0%	0%	0,00	0,00
Klein Terkooijen 6 Bladel	29	27	0%	0%	0,00	0,00
Eerselseweg 98 Belgie	29	27	0%	0%	0,00	0,00
Bredasebaan 20 Bladel	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Klein Terkooijen 4 Bladel	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Bredasebaan 20 A Bladel	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 19 A Hapert	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Eerselseweg 75 Belgie	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 19 Hapert	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Bredasebaan 23 Bladel	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Bredasebaan 18 Bladel	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 21 Bergeijk	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 22 Hapert	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Overland 3 Bladel	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 19 Bergeijk	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 20 Hapert	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Groot Terkooijen 12 Bladel	29	26	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 24 Hapert	28	26	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 15 Bergeijk	28	26	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 18 A Hapert	28	26	0%	0%	0,00	0,00

Adres	Lden (dB)		% ernstig gehinderd		Aantal ernstig gehinderden	
	VKA Boven	VKA Onder	VKA Boven	VKA Onder	VKA Boven	VKA Onder
Dalem 18 Hapert	28	26	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 4 Bergeijk	28	26	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 7 Bergeijk	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 6 Bergeijk	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Bredasebaan 21 Bladel	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Witrijt 5 Bergeijk	28	25	0%	0%	0,00	0,00
De Uitgang 31 Bladel	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 16 A Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 17 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Overland 2 Bladel	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 16 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Witrijtseweg 18 Bergeijk	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 15 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 26 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 32 A Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 14 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 23 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 14 A Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Egyptischedijk 24 Bladel	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 26 A Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Egyptischedijk 26 Bladel	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Groot Terkooijen 25 Bladel	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Egyptischedijk 22 Bladel	28	25	0%	0%	0,00	0,00
De Pan 17 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 12 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Overland 5 Bladel	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Bredasebaan 17 Bladel	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Bredasebaan 17 A Bladel	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 10 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 25 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 32 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
De Steenakkers 1 A Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 28 A Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
De Steenakkers 1 B Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 28 Hapert	28	25	0%	0%	0,00	0,00
De Pan 15 Hapert	27	25	0%	0%	0,00	0,00
Overland 4 Bladel	27	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 13 Hapert	27	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 30 Hapert	27	25	0%	0%	0,00	0,00
Groot Terkooijen 27 Bladel	27	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 8 A Hapert	27	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 11 A Hapert	27	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 8 Hapert	27	25	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 11 Hapert	27	24	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 36 Hapert	27	24	0%	0%	0,00	0,00
Dalem 36 A Hapert	27	24	0%	0%	0,00	0,00

	Lden (dB)		% ernstig gehinderd		Aantal ernstig gehinderden	
	VKA Boven	VKA Onder	VKA Boven	VKA Onder	VKA Boven	VKA Onder
Adres						
Postelsedijk 17 Reusel	26	23	0%	0%	0,00	0,00
Postelsedijk 15 Reusel	26	23	0%	0%	0,00	0,00
Postelsedijk 13 a Reusel	25	22	0%	0%	0,00	0,00
Postelsedijk 13 Reusel	25	22	0%	0%	0,00	0,00

Resultaten Recreatieparken

De resultaten van de jaargemiddelde geluidbelasting op de recreatieparken is gelijk aan de resultaten uit het Akoestisch onderzoek t.b.v. projectMER van windpark de Pals.



Bosch & Van Rijn
Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht

Tel: 030 - 677 64 66
Mail: info@boschenvanrijn.nl
Web: www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2021

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie.



Titel **Onderbouwing milieunormen WP de Pals: Technische bijlage slagschaduw**

Datum 17 december 2021

Rekenmethode

Ter onderbouwing van de lokale milieunormen voor Windpark de Pals zijn een aantal berekeningen uitgevoerd. Met het software pakket WindPRO is voor de bovengrens van het VKA berekend hoeveel slagschaduw er jaarlijks kan worden verwacht ter plaats van slagschaduwgevoelige objecten (woningen). Daarnaast is berekend hoeveel slagschaduw er jaarlijks kan worden verwacht ter plaatse van overige objecten en terreinen. Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor zowel het beoogde windpark de Pals afzonderlijk als cumulatief met het nabijgelegen Windpark Agro Wind Reusel (WAWR).

De gehanteerde rekenmethode is gelijk aan de methode in het slagschaduwonderzoek dat is uitgevoerd voor Windpark de Pals, met uitzondering van de bepalingen in paragraaf 3.1.4 van het document 'Onderbouwing milieunormen'.

Rekenbijlagen WindPRO

Hieronder zijn achtereenvolgens de WindPRO rekenbijlagen weergegeven van de berekeningen die zijn uitgevoerd ter onderbouwing van de milieunormen:

- VKA bovengrens met woningen;
- VKA bovengrens met woningen, cumulatie met WAWR;
- VKA bovengrens met overige objecten en terreinen;
- VKA bovengrens met overige objecten en terreinen, cumulatie met WAWR;
- VKA bovengrens met maatgevende vakantiehuisjes Het Vennenbos.

SHADOW - Main Result

Calculation: Slagschaduw VKA Bovengrens 21110
Assumptions for shadow calculations

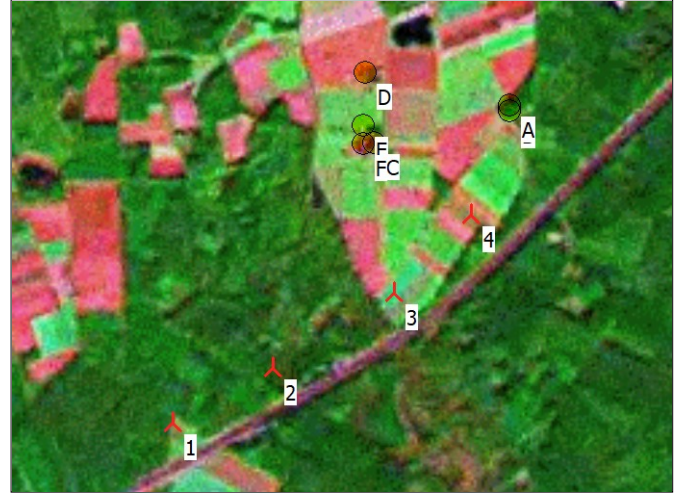
Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 5 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [MAASTRICHT]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
1,51 2,65 3,12 4,87 6,15 5,31 5,98 5,61 4,34 3,29 2,18 1,10

Operational time
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
473 547 527 593 464 444 729 1.274 1.330 812 634 588 8.415

All coordinates are in
Dutch Stereo-RD/NAP 2008



Scale 1:40.000
New WTG Shadow receptor

WTGs

X (east)	Y (north)	Z [m]	Row data/Description	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
				Valid	Manufact.	Type-generator				Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	142.835	370.259	0,0 USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 1...	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
2	143.379	370.536	0,0 USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 1...	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
3	144.032	370.911	0,0 USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 1...	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
4	144.457	371.313	0,0 USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 1...	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3

Shadow receptor-Input

No.	Name	X (east)	Y (north)	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
				[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	De Pals 1 5527PA Hapert	144.677	371.890	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
B	De Pals 2 5527PA Hapert	144.678	371.860	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
C	Troprijt 14 5531NA Bladel	143.951	371.712	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
D	Troprijt 15 5531NA Bladel	143.919	372.089	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
E	Troprijt 19 5531NA Bladel	143.900	371.808	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
F	Troprijt 21 5531NA Bladel	143.894	371.712	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]	
A	De Pals 1 5527PA Hapert	125:37	98	1:43	15:00	
B	De Pals 2 5527PA Hapert	141:06	105	1:46	17:20	
C	Troprijt 14 5531NA Bladel	88:57	127	1:02	12:17	
D	Troprijt 15 5531NA Bladel	54:40	82	0:46	5:23	
E	Troprijt 19 5531NA Bladel	59:17	93	0:54	8:12	
F	Troprijt 21 5531NA Bladel	81:59	124	0:58	11:14	

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (486)	0:00	0:00
2	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (487)	0:00	0:00
3	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (488)	67:21	6:41
4	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (489)	263:41	33:46

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

SHADOW - Main Result

Calculation: Slagschaduw VKA Bovengrens cumulatie 211110

Assumptions for shadow calculations

Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 5 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [MAASTRICHT]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
1,51 2,65 3,12 4,87 6,15 5,31 5,98 5,61 4,34 3,29 2,18 1,10

Operational time
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
473 547 527 593 464 444 729 1.274 1.330 812 634 588 8.415

All coordinates are in
Dutch Stereo-RD/NAP 2008



Scale 1:100.000
▲ New WTG * Existing WTG ● Shadow receptor

WTGs

No.	X (east)	Y (north)	Z [m]	Row data/Description	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
					Valid	Manufact.	Type-generator				Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	142.835	370.259	0,0	USER USER-165 4600 165.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
2	143.379	370.536	0,0	USER USER-165 4600 165.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
3	144.032	370.911	0,0	USER USER-165 4600 165.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
4	144.457	371.313	0,0	USER USER-165 4600 165.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
5	140.529	369.915	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
6	140.393	370.344	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
7	140.258	370.773	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
8	140.132	371.205	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
9	142.057	370.614	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
10	141.915	371.124	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
11	141.777	371.622	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
12	141.639	372.123	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
13	139.954	369.645	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
14	139.669	370.112	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
15	139.385	370.580	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
16	137.491	372.394	0,0	Laarakkerdijk 1	No	REpower	MM 100-2.000	2.000	100,0	100,0	1.625	13,9
17	137.515	371.916	0,0	Laarakkerdijk 2	No	REpower	MM 100-2.000	2.000	100,0	100,0	1.625	13,9
18	137.538	371.438	0,0	Laarakkerdijk 3	No	REpower	MM 100-2.000	2.000	100,0	100,0	1.625	13,9
19	137.561	370.961	0,0	Laarakkerdijk 4	No	REpower	MM 100-2.000	2.000	100,0	100,0	1.625	13,9
20	137.585	370.483	0,0	Laarakkerdijk 5	No	REpower	MM 100-2.000	2.000	100,0	100,0	1.625	13,9

Shadow receptor-Input

No.	Name	X (east)	Y (north)	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.	
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]	
A	De Pals 1	5527PA Hapert	144.677	371.890	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
B	De Pals 2	5527PA Hapert	144.678	371.860	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
C	Troprijt 14	5531NA Bladel	143.951	371.712	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
D	Troprijt 15	5531NA Bladel	143.919	372.089	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
E	Troprijt 19	5531NA Bladel	143.900	371.808	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
F	Troprijt 21	5531NA Bladel	143.894	371.712	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5

SHADOW - Main Result

Calculation: Slagschaduw VKA Bovengrens cumulatie 211110

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]	
A	De Pals 1 5527PA Hapert	125:37	98	1:43	15:00	
B	De Pals 2 5527PA Hapert	141:06	105	1:46	17:20	
C	Troprijt 14 5531NA Bladel	88:57	127	1:02	12:17	
D	Troprijt 15 5531NA Bladel	54:40	82	0:46	5:23	
E	Troprijt 19 5531NA Bladel	59:17	93	0:54	8:12	
F	Troprijt 21 5531NA Bladel	81:59	124	0:58	11:14	

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (486)	0:00	0:00
2	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (487)	0:00	0:00
3	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (488)	67:21	6:41
4	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (489)	263:41	33:46
5	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (494)	0:00	0:00
6	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (495)	0:00	0:00
7	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (496)	0:00	0:00
8	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (497)	0:00	0:00
9	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (498)	0:00	0:00
10	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (499)	0:00	0:00
11	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (500)	0:00	0:00
12	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (501)	0:00	0:00
13	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (502)	0:00	0:00
14	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (503)	0:00	0:00
15	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (504)	0:00	0:00
16	Laarakkerdijk 1	0:00	0:00
17	Laarakkerdijk 2	0:00	0:00
18	Laarakkerdijk 3	0:00	0:00
19	Laarakkerdijk 4	0:00	0:00
20	Laarakkerdijk 5	0:00	0:00

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

The calculation of the total expected values for a given receptor assumes a weighted average directional reduction for all WTGs contributing to shadow flicker within the same day. In the case where shadow flicker from different WTGs is not concurrent within the day, the total expected time at a given receptor may deviate marginally from the individual flicker time caused by each turbine separately.

SHADOW - Main Result

Calculation: Slagschaduw VKA Bovengrens met overige objecten 211110

Assumptions for shadow calculations

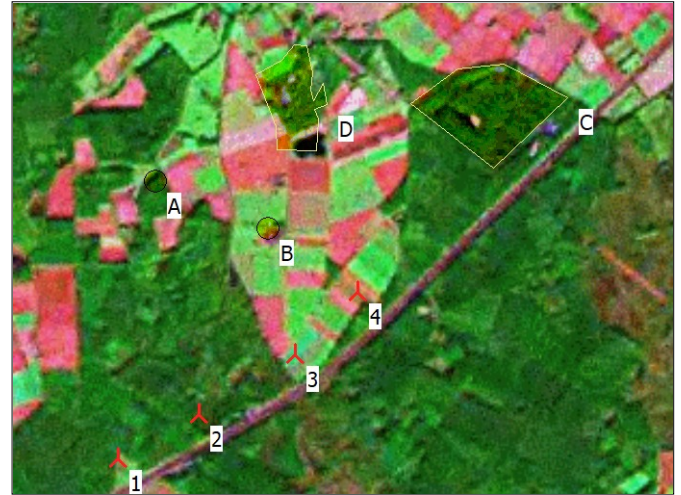
Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 5 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [MAASTRICHT]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
1,51 2,65 3,12 4,87 6,15 5,31 5,98 5,61 4,34 3,29 2,18 1,10

Operational time
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
473 547 527 593 464 444 729 1.274 1.330 812 634 588 8.415

All coordinates are in
Dutch Stereo-RD/NAP 2008



Scale 1:50.000
New WTG Shadow receptor

WTGs

	X (east)	Y (north)	Z [m]	Row data/Description	WTG type			Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Shadow data	
					Valid	Manufact.	Type-generator				Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	142.835	370.259	0,0	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 1... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
2	143.379	370.536	0,0	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 1... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
3	144.032	370.911	0,0	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 1... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
4	144.457	371.313	0,0	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 1... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3

Shadow receptor-Input

No.	Name	X (east)	Y (north)	Z [m]	Width [m]	Height [m]	Elevation a.g.l. [m]	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
A	huisje met logiesfunctie	143.141	372.089	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
B	Troprijt 21A industrieffunctie	143.876	371.755	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
C	Bungalowpark Het Vennebos	145.356	372.558	0,0	#		1,0			1,0
D	Camping Achterste Hoef	144.131	372.632	0,0	#		1,0			1,0

#) See details in: Detailed assumptions

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]	Shadow hours per year [h/year]
A	huisje met logiesfunctie	27:37	84	0:28	2:56	
B	Troprijt 21A industrieffunctie	69:01	112	0:55	9:32	
C	Bungalowpark Het Vennebos	94:41	104	1:07	11:57	
D	Camping Achterste Hoef	33:29	44	1:08	2:52	

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (486)	0:00	0:00
2	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (487)	0:00	0:00
3	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (488)	33:05	2:49
4	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (489)	190:53	24:17

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

SHADOW - Main Result

Calculation: Slagschaduw VKA Bovengrens met overige objecten, cumulatie 211110

Assumptions for shadow calculations

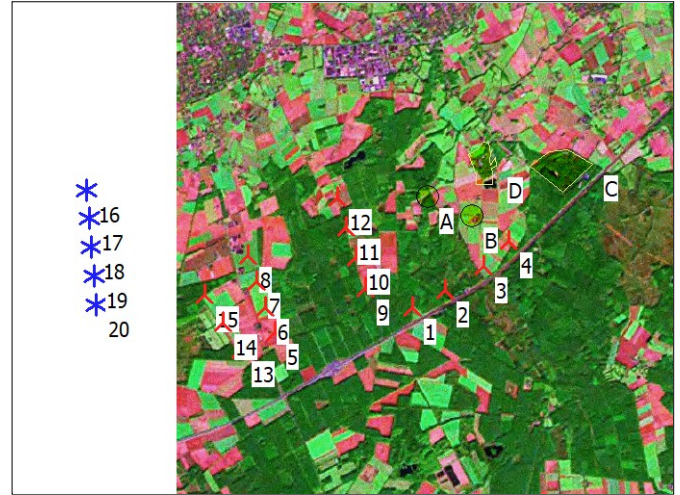
Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 5 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [MAASTRICHT]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
1,51 2,65 3,12 4,87 6,15 5,31 5,98 5,61 4,34 3,29 2,18 1,10

Operational time
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
473 547 527 593 464 444 729 1.274 1.330 812 634 588 8.415

All coordinates are in
Dutch Stereo-RD/NAP 2008



▲ New WTG

★ Existing WTG

🟡 Shadow receptor

WTGs

	X (east)	Y (north)	Z [m]	Row data/Description	WTG type					Shadow data		
					Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	142.835	370.259	0,0	USER USER-165 4600 165.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
2	143.379	370.536	0,0	USER USER-165 4600 165.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
3	144.032	370.911	0,0	USER USER-165 4600 165.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
4	144.457	371.313	0,0	USER USER-165 4600 165.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-165-4.600	4.600	165,0	157,5	1.747	9,3
5	140.529	369.915	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
6	140.393	370.344	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
7	140.258	370.773	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
8	140.132	371.205	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
9	142.057	370.614	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
10	141.915	371.124	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
11	141.777	371.622	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
12	141.639	372.123	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
13	139.954	369.645	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
14	139.669	370.112	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
15	139.385	370.580	0,0	USER USER-160 4500 160.0 IO! hub: ... Yes	Yes	USER	USER-160-4.500	4.500	160,0	166,0	1.747	9,3
16	137.491	372.394	0,0	Laarakkerdijk 1	No	REpower	MM 100-2.000	2.000	100,0	100,0	1.625	13,9
17	137.515	371.916	0,0	Laarakkerdijk 2	No	REpower	MM 100-2.000	2.000	100,0	100,0	1.625	13,9
18	137.538	371.438	0,0	Laarakkerdijk 3	No	REpower	MM 100-2.000	2.000	100,0	100,0	1.625	13,9
19	137.561	370.961	0,0	Laarakkerdijk 4	No	REpower	MM 100-2.000	2.000	100,0	100,0	1.625	13,9
20	137.585	370.483	0,0	Laarakkerdijk 5	No	REpower	MM 100-2.000	2.000	100,0	100,0	1.625	13,9

Shadow receptor-Input

No.	Name	X (east)	Y (north)	Z	Width	Height	Elevation a.g.l.	Slope of window	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l.
		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[°]		[m]
A	huisje met logiesfunctie	143.141	372.089	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
B	Troprijt 21A industrie functie	143.876	371.755	0,0	8,0	5,0	0,5	90,0	"Green house mode"	5,5
C	Bungalowpark Het Vennebos	145.356	372.558	0,0	#		1,0			1,0
D	Camping Achterste Hoef	144.131	372.632	0,0	#		1,0			1,0

#) See details in: Detailed assumptions

SHADOW - Main Result

Calculation: Slagschaduw VKA Bovengrens met overige objecten, cumulatie 211110

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]	Shadow hours per year [h/year]
A	huisje met logiesfunctie	54:56	179	0:28	7:46	7:46
B	Troprijt 21A industriefunctie	69:01	112	0:55	9:32	9:32
C	Bungalowpark Het Vennebos	94:41	104	1:07	11:57	11:57
D	Camping Achterste Hoef	33:29	44	1:08	2:52	2:52

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (486)	0:00	0:00
2	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (487)	0:00	0:00
3	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (488)	33:05	2:49
4	USER USER-165 4600 165.0 !O! hub: 157,5 m (TOT: 240,0 m) (489)	190:53	24:17
5	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (494)	0:00	0:00
6	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (495)	0:00	0:00
7	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (496)	0:00	0:00
8	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (497)	0:00	0:00
9	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (498)	0:00	0:00
10	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (499)	10:01	1:34
11	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (500)	9:09	1:40
12	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (501)	8:09	1:40
13	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (502)	0:00	0:00
14	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (503)	0:00	0:00
15	USER USER-160 4500 160.0 !O! hub: 166,0 m (TOT: 246,0 m) (504)	0:00	0:00
16	Laarakkerdijk 1	0:00	0:00
17	Laarakkerdijk 2	0:00	0:00
18	Laarakkerdijk 3	0:00	0:00
19	Laarakkerdijk 4	0:00	0:00
20	Laarakkerdijk 5	0:00	0:00

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

The calculation of the total expected values for a given receptor assumes a weighted average directional reduction for all WTGs contributing to shadow flicker within the same day. In the case where shadow flicker from different WTGs is not concurrent within the day, the total expected time at a given receptor may deviate marginally from the individual flicker time caused by each turbine separately.

SHADOW - Main Result

Calculation: Slagschaduw VKA Bovengrens met maatgevende vakantiehuisjes 211215

Assumptions for shadow calculations

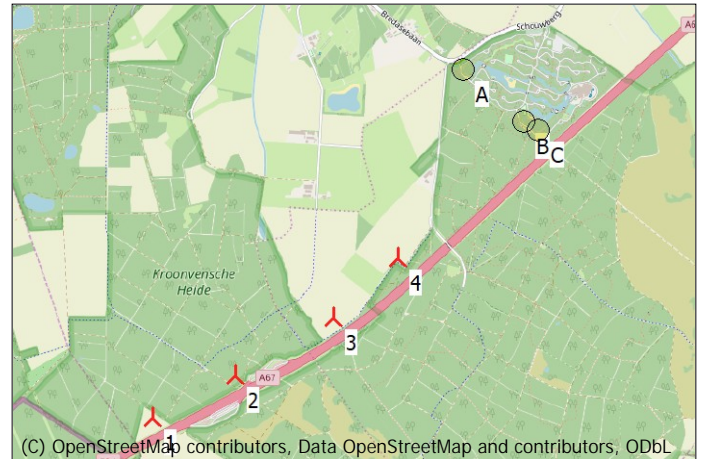
Maximum distance for influence
Calculate only when more than 20 % of sun is covered by the blade
Please look in WTG table

Minimum sun height over horizon for influence 5 °
Day step for calculation 1 days
Time step for calculation 1 minutes

Sunshine probability S (Average daily sunshine hours) [MAASTRICHT]
Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec
1.51 2.65 3.12 4.87 6.15 5.31 5.98 5.61 4.34 3.29 2.18 1.10

Operational time
N NNE ENE E ESE SSE S SSW WSW W WNW NNW Sum
473 547 527 593 464 444 729 1,274 1,330 812 634 588 8,415

All coordinates are in
Dutch Stereo-RD/NAP 2008



(C) OpenStreetMap contributors, Data OpenStreetMap and contributors, ODbL
Scale 1:50,000
New WTG Shadow receptor

WTGs

	X (east)	Y (north)	Z [m]	Row data/Description	WTG type				Shadow data			
					Valid	Manufact.	Type-generator	Power, rated [kW]	Rotor diameter [m]	Hub height [m]	Calculation distance [m]	RPM [RPM]
1	142,835	370,259	0.0	User User 165 4500 165.0 !O! hub: 157.5 m (TOT: 240.0 ...	Yes	User	User 165-4,500	4,500	165.0	157.5	1,819	10.7
2	143,379	370,536	0.0	User User 165 4500 165.0 !O! hub: 157.5 m (TOT: 240.0 ...	Yes	User	User 165-4,500	4,500	165.0	157.5	1,819	10.7
3	144,032	370,911	0.0	User User 165 4500 165.0 !O! hub: 157.5 m (TOT: 240.0 ...	Yes	User	User 165-4,500	4,500	165.0	157.5	1,819	10.7
4	144,457	371,313	0.0	User User 165 4500 165.0 !O! hub: 157.5 m (TOT: 240.0 ...	Yes	User	User 165-4,500	4,500	165.0	157.5	1,819	10.7

Shadow receptor-Input

No.	Name	X (east)	Y (north)	Z	Width [m]	Height [m]	Elevation a.g.l. [m]	Slope of window [°]	Direction mode	Eye height (ZVI) a.g.l. [m]
A	Vennenbos 161 5527JK Hapert	144,898	372,556	0.0	8.0	5.0	0.5	90.0	"Green house mode"	5.5
B	Vennenbos 869 5527JK Hapert	145,294	372,207	0.0	8.0	5.0	0.5	90.0	"Green house mode"	5.5
C	Vennenbos 870 5527JK Hapert	145,389	372,147	0.0	8.0	5.0	0.5	90.0	"Green house mode"	5.5

Calculation Results

Shadow receptor

No.	Name	Shadow, worst case			Shadow, expected values	
		Shadow hours per year [h/year]	Shadow days per year [days/year]	Max shadow hours per day [h/day]	Shadow hours per year [h/year]	Shadow hours per year [h/year]
A	Vennenbos 161 5527JK Hapert	0:00	0	0:00	0:00	0:00
B	Vennenbos 869 5527JK Hapert	33:13	84	0:36	4:12	4:12
C	Vennenbos 870 5527JK Hapert	21:23	60	0:34	3:11	3:11

Total amount of flickering on the shadow receptors caused by each WTG

No.	Name	Worst case [h/year]	Expected [h/year]
1	User User 165 4500 165.0 !O! hub: 157.5 m (TOT: 240.0 m) (486)	0:00	0:00
2	User User 165 4500 165.0 !O! hub: 157.5 m (TOT: 240.0 m) (487)	0:00	0:00
3	User User 165 4500 165.0 !O! hub: 157.5 m (TOT: 240.0 m) (488)	9:29	1:11
4	User User 165 4500 165.0 !O! hub: 157.5 m (TOT: 240.0 m) (489)	47:06	6:18

Total times in Receptor wise and WTG wise tables can differ, as a WTG can lead to flicker at 2 or more receptors simultaneously and/or receptors may receive flicker from 2 or more WTGs simultaneously.

The calculation of the total expected values for a given receptor assumes a weighted average directional reduction for all WTGs contributing to shadow flicker within the same day. In the case where shadow flicker from different WTGs is not concurrent within the day, the total expected time at a given receptor may deviate marginally from the individual flicker time caused by each turbine separately.



Bosch & Van Rijn
Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht

Tel: 030 - 677 64 66
Mail: info@boschenvanrijn.nl
Web: www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2021

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie.