

Slagschaduw

Inleiding

In de buurtenquête van medio december kwam naar voren van velen onder ons tegenstander zijn van het plaatsen van windmolens op de Voorsterklei. Veel genoemde argumenten om tegen zijn, waren:

- Horizonvervuiling, aantasting van uitzicht/ landschap/ cultuurhistorie
- Negatieve gevolgen voor natuur
- Hinder door geluid
- Schadelijk voor de gezondheid
- Hinder door slagschaduw
- Waardevermindering van de woningen

Deze factsheet gaat over slagschaduw.

Slagschaduw is de schaduw van de bewegende wieken van een molen. Wanneer deze bewegende schaduw op het raam van een woning in de omgeving van de molen valt, geeft dit een hinderlijke flikkering van licht. Met name als een kamer wordt verlicht vanuit één niet al te groot raam, lijkt het alsof het licht iedere 1 of 2 seconden even uit gaat.

Illustratie – wat is het?

Om een indruk te krijgen van wat slagschaduw is: zie bijvoorbeeld

<https://www.youtube.com/watch?v=LQCVX7NQ66M>

<https://www.youtube.com/watch?v=EXrTLsu501I>

Voor een simulatie van slagschaduw over de dag en de seizoenen (let op het tellertje rechts onder):

<https://www.youtube.com/watch?v=HtBZhr7o8bQ>

Voor een toegankelijke inleiding over slagschaduw:

<https://www.youtube.com/watch?v=J7eFR7sWuZU>, vanaf minuut 16:00

De norm in Nederland

Bij wet¹ is geregeld dat de slagschaduw van een windmolen op *gevoelige gebouwen gemiddeld* niet vaker dan *17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten per dag* mag optreden.

Wanneer wordt overwogen om een windmolen te plaatsen die deze norm dreigt te overschrijden, moet de molen worden voorzien van een *automatische stilstandsvoorziening* die ervoor zorgt dat de duur van de hinder binnen deze norm blijft.

Gevoelige gebouwen zijn woningen, scholen, ziekenhuizen e.d. maar niet bijvoorbeeld bedrijfsgebouwen of campings².

Dit is een vreemde, moeilijke norm. Wordt aan de norm voldaan bij 30 dagen met 19 minuten slagschaduw per dag, of 16 dagen met 40 minuten per dag? En hoe moet je omgaan met *gemiddeld* – moet er jarenlang worden gemeten voordat je kunt bepalen of de norm wel of niet wordt gehaald? Bovendien is niet meer te achterhalen waar de getallen van 17 dagen en 20 minuten vandaan komen³.

Om deze problemen te omzeilen wordt in de rechtspraak het uitgangspunt gekozen dat aan de norm wordt voldaan als de meest strenge interpretatie wordt gebruikt. (Blijkbaar vindt men het te veel

¹ Activiteitenregeling Milieubeheer artikel 3.12

² Bron: RVO 2019 – Slagschaduw en windturbines

³ Artikel 3.12 van de Activiteitenregeling Milieubeheer baseert dit op een uitspraak van de Raad van State in 1996 (ABRvS E03.95 1961, 24 oktober 1996)) maar in deze uitspraak worden deze getallen niet genoemd en wordt alleen verwezen naar een onderzoek dat niet bij naam wordt genoemd en niet meer is te achterhalen.

werk om de Activiteitenregeling aan te passen). De meest strenge interpretatie is dat er op 17 dagen precies 20 minuten slagschaduw is. Dit is gelijk aan 5 uur en 40 minuten, en dit wordt afgerond naar 6 uur. Daarnaast wordt er niet verlangd dat een gemiddelde over meer jaren wordt berekend. Kortom: de norm is dat er ieder jaar op gevoelige gebouwen maximaal 6 uur slagschaduw mag zijn.

Vergelijking met internationale normen

Voor het vergelijken van de Nederlandse norm met die in het buitenland is het onderscheid van belang tussen potentiële hinder en verwachte hinder.

- Bij *potentiële hinder* wordt aangenomen dat het nooit bewolkt is, de molen altijd geheel gericht is naar de woning (zie Figuur 1) en de molen altijd draait. De slagschaduw is dan een kwestie van de positie van de zon over de dag en de seizoenen, de afmeting van de molen en de afstand tot de woning.
- Bij *verwachte hinder* wordt wel rekening gehouden met het feit dat het vaak bewolkt is, de molen niet het hele jaar door draait, en de windrichting varieert zodat de molen maar een deel van de tijd geheel of gedeeltelijk gericht is naar de woning.

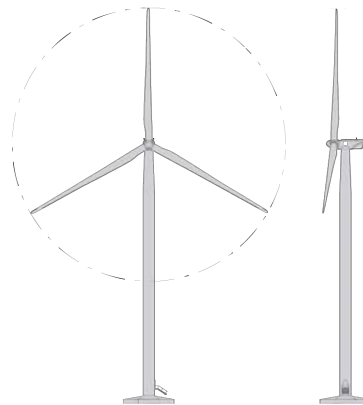
Veel landen hebben alleen een norm voor de potentiële hinder (vaak gesteld op 30 uur slagschaduw per jaar). Duitsland en Zweden hebben normen voor zowel de potentiële hinder (30 uur per jaar) als de verwachte hinder (8 uur per jaar). Denemarken heeft alleen een norm voor de verwachte hinder (10 uur per jaar)⁴.

De Nederlandse norm is een norm voor de *verwachte hinder*, die door de rechter wordt geïnterpreteerd als 6 uur per jaar.

Daarmee lijkt de Nederlandse norm strenger dan die in het buitenland. Maar de *uitvoering* van de Nederlandse norm is op andere aspecten juist minder streng dan in het buitenland⁵.

Figuur 1

Molen geheel naar woning gericht (links): veel slagschaduw
Molen niet naar woning gericht (rechts): geen slagschaduw



⁴ Koppen 2017 – International Legislation and regulations for wind turbine shadow flicker impact. Gedownload van <https://www.slideshare.net/ErikKoppen/wtn-2013-international-legislation-and-regulations-for-wind-turbine-noise>

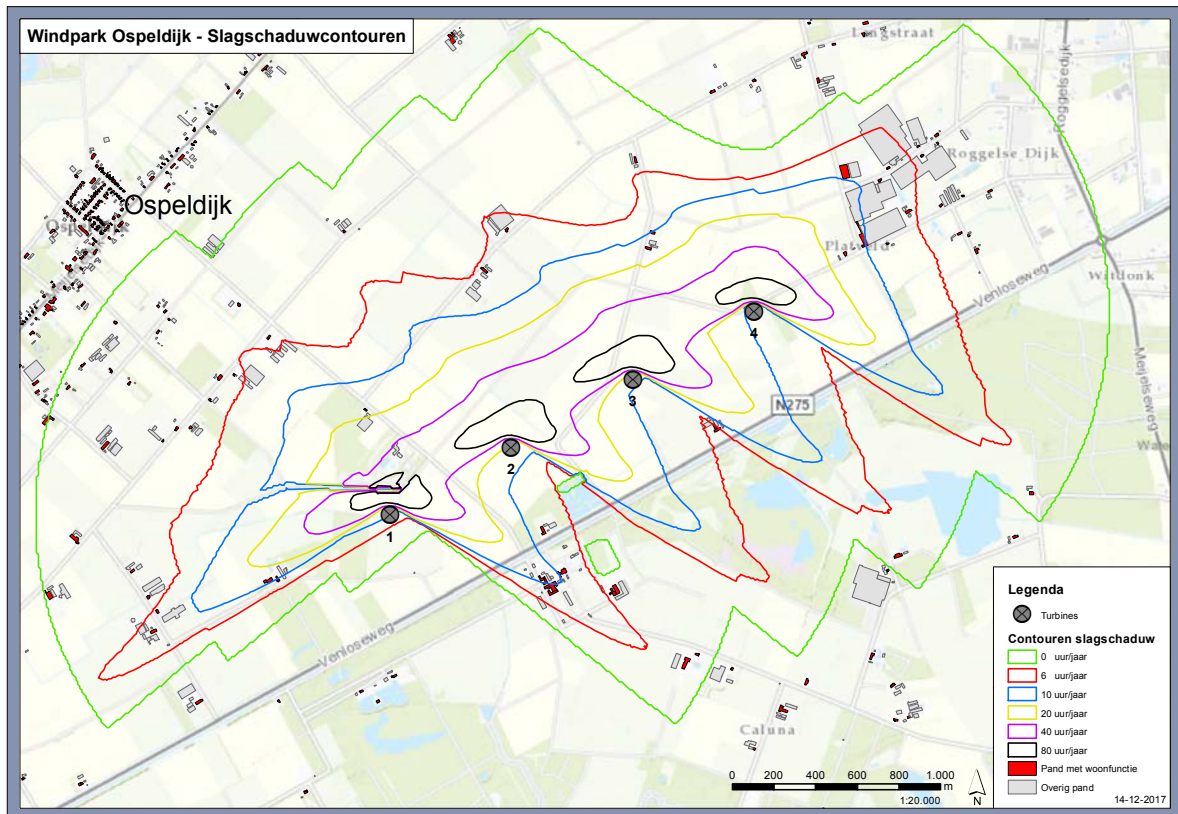
⁵ Het is bij de berekening van de slagschaduw gebruikelijk om zeer lage zonnestanden (dus net na zonsopgang en net voor zonsondergang) niet mee te nemen omdat de schaduw dan te diffuus is en dus niet hinderlijk. Een algemeen aanvaarde waarde hiervoor is 3° boven de horizon, en deze waarde is in Duitsland wettelijk voorgeschreven. In Nederland is het praktijk om te rekenen met zonnestanden vanaf 5° boven de horizon. Waarom voor deze hogere waarde wordt gekozen, is onduidelijk. Omdat de schaduw bij lage zonnestand het verst reikt, wordt bij de keuze van 5° als minimum een kleiner gebied bestreken dan bij 3° als minimum. Dus de Nederlandse norm is strenger dan bijvoorbeeld Duitsland, maar wordt op een soepeler manier berekend. De Raad van State heeft geoordeeld dat toch kan worden gerekend vanaf 5°, mede omdat de landen waar wordt gerekend vanaf 3° op andere punten minder strenge uitgangspunten hanteren (punt 137 ABRvS 201608423/1 en 2017 03826/1, 21 februari 2018).

Hoe moet je plaatjes van slagschaduw contouren lezen?

In de vergunningsprocedure voor nieuwe windmolens is het een voorwaarde dat onderzoek wordt gedaan naar slagschaduw.

Dit onderzoek brengt de *verwachte hinder* in beeld. Dit gebeurt met gespecialiseerde software⁶ en vraagt de ervaring van een specialistisch bureau.

Figuur 2 is een voorbeeld van de uitkomsten van zo'n onderzoek.



Figuur 2 Bron: Sweco 2018 – Slagschaduwhinder windpark Ospeldijk.

De figuur is opgebouwd uit de contouren van vier molens. Sommige woningen kunnen van meer dan één molen slagschaduw ondervinden. Dan worden de contouren van de individuele molens bij elkaar opgeteld (zogenaamde *cumulatie*).

Buiten de groene lijn is geen sprake van slagschaduw (maar... zie voetnoot 5!).

Binnen de rode lijn is dit 6 uur per jaar of meer.

Als de automatische stilstandsvoorziening die in de wet is voorgeschreven naar behoren werkt, is dit in het hele gebied binnen de rode lijn 6 uur per jaar.

Tussen de groene en rode lijn is er een geleidelijke toename van 0 naar 6 uur per jaar.

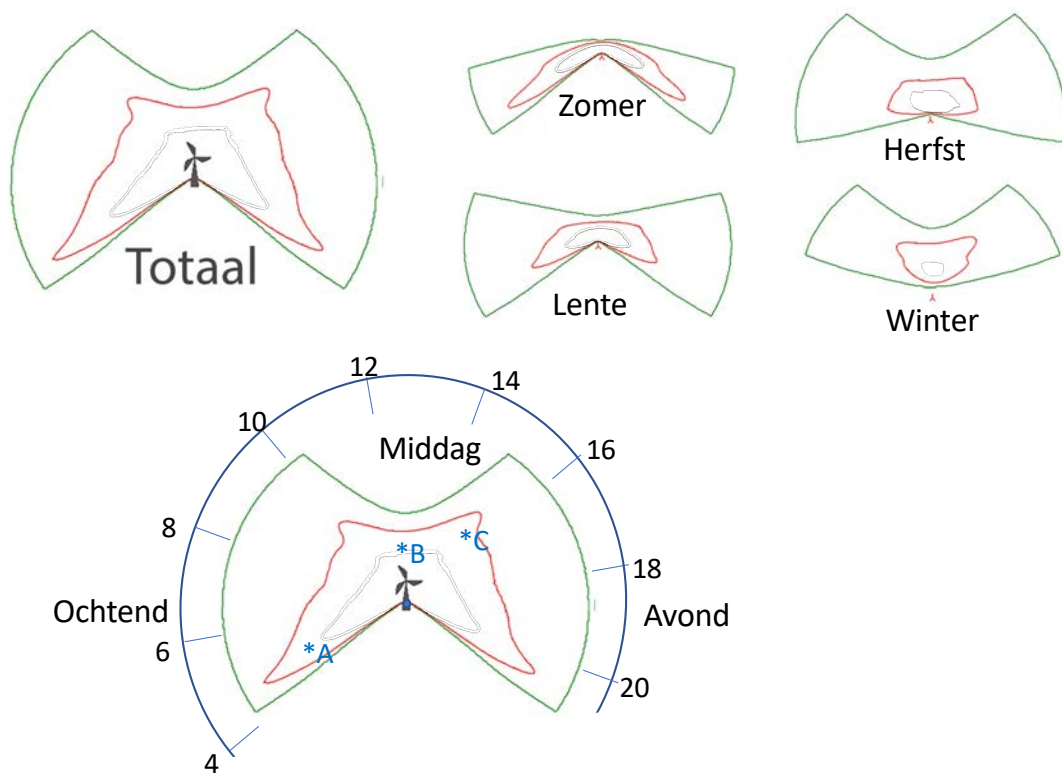
⁶ Door Nederlandse adviesbureaus wordt meestal gerekend met de module WindPro-Shadow van het Deense bedrijf EMD International.

De contour van één molen ziet er uit als een vlinder (zie Figuur 3 links).

Het gebied dat slagschaduw ondervindt, varieert met het seizoen (Figuur 3 rechts). 's Winters worden vooral woningen ten noorden van de molen bereikt; 's zomers worden vooral woningen ten westen en oosten van de molen bereikt.

Binnen een dag draait de slagschaduw met de klok mee, beginnend in het (zuid)westen (Figuur 3 onder).

- woning A ondervindt vooral slagschaduw in de zomer, rond 5 uur 's ochtends (**NB.** de uren in de figuur zijn in wintertijd, dus + 1 uur in zomertijd)
- woning B ondervindt vooral slagschaduw in herfst en winter, rond het middaguur
- woning C ondervindt vooral slagschaduw in de winter, rond 16:00 uur.



Figuur 3. Bron adviesbureau Pondera⁷; met bewerking.

⁷ <https://ponderaconsult.com/ponderacontent/slagschaduw/>

Figuur 4 en 5 zijn schattingen van de slagschaduw als de voorgestelde windmolens op de Voorsterklei zouden worden gerealiseerd. Figuur 4 is een schatting als de twee zuidelijke molens worden gerealiseerd. Figuur 5 is een schatting als alle vier voorgestelde molens worden gerealiseerd. Hoe de schatting is gemaakt, staat beschreven in de Bijlage.



Figuur 4



Figuur 5

Automatische stilstandsvoorziening – de praktijk

Het is standaard praktijk dat moderne windmolens worden voorzien van een automatische stilstandsvoorziening zoals door de norm wordt voorgeschreven. Navraag bij Pandora, een adviesbureau dat is gespecialiseerd in verkenningen naar windmolens, leert dat zo'n stilstandsvoorziening, mits goed ingeregeld, goed werkt.

De werkwijze is als volgt. De molen wordt voorzien van software die uit de astronomische gegevens van zonnestanden, afmetingen van de molens en afstanden tot woningen berekent of er in theorie een slagschaduw op een woning kan vallen (dit is de *potentiele hinder* van hierboven). Daarnaast wordt door een sensor op de molen gemeten of op enig moment in het afgelopen kwartier de zon heeft geschinen. Als dit het geval is en de woning heeft in het afgelopen jaar al 6 uur slagschaduw ondervonden, wordt de molen stilgezet.

In de software wordt doorgaans uitgegaan van de (ongunstige) situatie dat de molen altijd geheel gekeerd is naar de woning. Ook de aanwezigheid van bosjes of windsingels tussen molen en woning, die de slagschaduw kunnen dempen, wordt in de berekening in het algemeen niet meegenomen. In beide opzichten rekent de software dus strenger dan strikt nodig (maar... zie voetnoot 5!). De software houdt rekening met de situatie waarin de slagschaduw van meer molens een woning kan bereiken (*cumulatie*).

Als er een ring van woningen rond een molen staat die al aan de norm voor slagschaduw zitten, en het is een zonnige dag met wind, dan zal de molen telkens even stoppen wanneer de slagschaduw een woning bereikt.

Hoeveel uur moet een molen hierdoor stilstaan?

In projecten elders in het land wordt een molen in de orde van 30 – 130 uur per jaar stilgezet om te voldoen aan de slagschaduw norm. Een molen draait ongeveer 95% van de tijd; dat is 8322 uur per jaar ($0.95 \cdot 24 \cdot 365$). Dan komt de 30 – 130 uur stilstand vanwege de slagschaduw norm overeen met 0.4% - 1.5%. Het verlies van de opbrengst van de molen is dus heel beperkt.

Kortom: hoe groot is het probleem?

- Het optreden van slagschaduw is een vervelende, hinderlijke situatie
- Het lijkt niet een bedreiging van de gezondheid te zijn. Gezondheidseffecten zouden kunnen optreden bij die personen die last hebben van een vorm van epilepsie die wordt opgewekt door flikkerend licht⁸. Maar deze effecten treden pas op wanneer het flikkeren een frequentie bereikt groter 2.5 – 3.0 keer per seconde. De frequentie van slagschaduw door moderne molens is beduidend lager (0.5 – 1.0 keer per seconde).
- Met een goed afgestelde automatische stilstandsvoorziening is het mogelijk om een windmolen in bedrijf te hebben waarbij de slagschaduw voor omringende woningen onder de norm blijft.
- Dit levert nauwelijks verlies op voor de opbrengst van de molen. Dan lijkt het niet teveel gevraagd om van een eventuele exploitant te verwachten dat zij de slagschaduw nog meer terugbrengen, bijvoorbeeld door⁹:
 - o Uitbreiden van de stilstandsregeling tot nihil slagschaduw op alle woningen tot op 2000 m afstand.
 - o Uitbreiding van de stilstandsregeling tot beperking de van slagschaduw op tuinen en terrassen

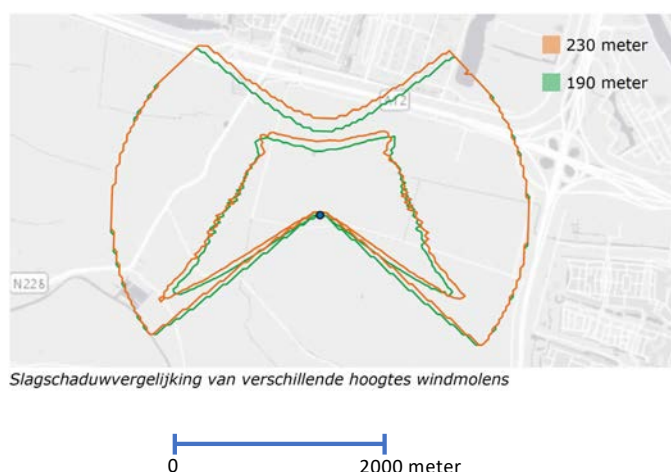
⁸ DECC 2011 - Update of UK Shadow Flicker evidence base, p 8

⁹ Deze punten zijn overgenomen van de Factsheet Slagschaduw van de belangenvereniging voor omwonenden van windturbines NLVOW. Zie https://nlvow.nl/index.php/system/files/article-files/2020-11/factsheet_slagschaduw_windparken_11-10-2020.pdf

Bijlage – werkwijze voor schatting voor de Voorsterklei

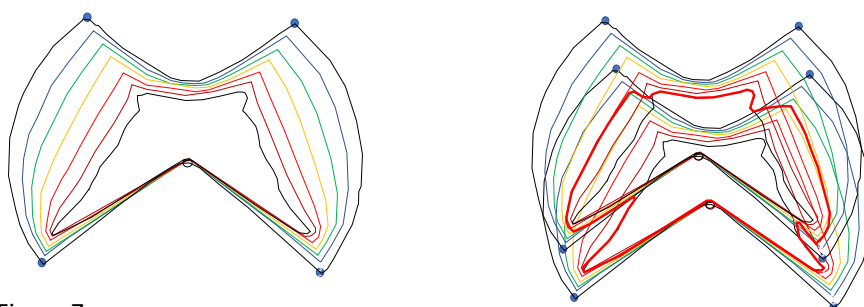
De factoren die een slagschaduw van een windmolen bepalen zijn het verloop van de zon in het jaar, de afmetingen van de windmolen, de frequentie waarmee de zon al of niet schijnt, en de windrichting die bepaalt hoe de windmolen gericht is. Het verloop van de zon in het jaar is over heel Nederland vrijwel gelijk. De verschillen in zonne-uren en windrichting zijn groter (bijvoorbeeld Zeeland is zonnig) maar naarmate een locatie dichter bij de Voorsterklei ligt, worden deze verschillen kleiner.

Als een 'vlinder' kan worden gevonden voor één molen op een locatie in de buurt van de Voorsterklei, dan is deze dus redelijk representatief voor een molen van vergelijkbare hoogte op de Voorsterklei. De combinatie van de slagschaduw van twee of meer molens ('cumulatie') kan dan worden berekend door de slagschaduw van individuele molens bij elkaar op te tellen. Zo'n 'vlinder' is gevonden voor het project Rijnenburg en Reijerscop ten zuiden van Utrecht¹⁰. Zie Figuur 6.



Figuur 6

In Figuur 6 zijn contouren ingetekend tussen de 0-lijn en de 6-uur lijn door lineaire interpolatie (Figuur 7 links; in werkelijkheid is het verloop van deze lijnen concaaf; hier is geen rekening mee gehouden.). Deze geïnterpoleerde vlinder is op de locaties van de voorgestelde molens gelegd en de 6-uur lijn is bepaald door optellen van de ingetekende contouren (Figuur 7 rechts, voor het geval met twee molens)



Figuur 7

¹⁰ DGMR 2018 – Geluids- en slagschaduwonderzoek voor scenario's Energielandschap Rijnenburg en Reijerscop, p 34. Hierin zijn als onderdeel van een gevoeligheidsonderzoek naar de hoogte van windmolens de slagschaduw van twee individuele molens over elkaar heen getekend (het gaat dus niet om de cumulatie van twee molens). De hoogte van de molens is 190 en 230 meter, dus vergelijkbaar met die van de voorgestelde molens op de Voorsterklei (220 meter).
<https://www.utrecht.nl/fileadmin/uploads/documenten/wonen-en-leven/duurzame-stad/energie/duurzame-energie-rijnenburg/2018-10-Rapport-onderzoek-slagschaduw-en-geleuid-voor-scenarios-energielandschap.pdf>