

Bijlage 7: Slagschaduwonderzoek



**SLAGSCHADUWONDERZOEK WINDPARK
DANKZIJ DE DIJKEN**

RWE INNOGY WINDPOWER NETHERLANDS B.V.

12 oktober 2015
078421205:D - Vrijgegeven
B02047.000077.0900



Inhoud

1	Inleiding	3
2	Situatie en uitgangspunten	4
3	Beoordelingskader	6
4	Berekeningsmethode	8
4.1	Simulatiemodel	8
4.2	Uitgangspunten berekeningen	8
4.3	Correcties op basis van langjarige zonneshijnduur- en windstatistieken	9
5	Berekeningsresultaten	11
5.1	Windpark Dankzij de Dijken	11
5.2	Bestaande windturbines	16
6	Hinderbeperkende maatregelen	19
7	Conclusie	21
Bijlage 1	Gegevens van de bestaande windturbines in en nabij de Eemshaven	22

1 Inleiding

RWE Innogy Windpower Netherlands B.V. is voornemens om maximaal 25 windturbines op primaire keringen te ontwikkelen rondom de Eemshaven, het project Dankzij de Dijken. Fase 1 van dit project bestaat uit de bouw van 3 windturbines op de Oostpolderdijk. Fase 2 bestaat uit de ontwikkeling van een windpark op de Emmapolderdijk ten westen van Eemshaven.

Het doel van het voorliggende onderzoek is om voor twee mogelijke varianten de slagschaduweffecten van de 3 turbines op de omgeving in beeld te brengen. Slagschaduw betreft de lichtflikkeringen die optreden vanwege de passerende schaduw van de draaiende rotorbladen van een windturbine. Deze lichtflikkeringen treden op als vanaf de ontvanger gezien de rotorbladen van een windturbine de zonnestrallen onderbreken.

Het voorliggende rapport beschrijft allereerst de situatie en de uitgangspunten voor het windpark (hoofdstuk 2). Hoofdstuk 3 beschrijft het beoordelingskader. De berekeningsmethode is beschreven in hoofdstuk 4 en de berekeningsresultaten in hoofdstuk 5. Hoofdstuk 6 gaat in op hinderbeperkende maatregelen. De conclusie van het onderzoek is samengevat in hoofdstuk 7.

2

Situatie en uitgangspunten

De drie windturbines van Fase 1 van Windpark Dankzij de Dijken zijn gepland op de Oostpolderdijk ten zuidoosten van de Eemshaven. Voor het windpark worden twee mogelijke varianten overwogen:

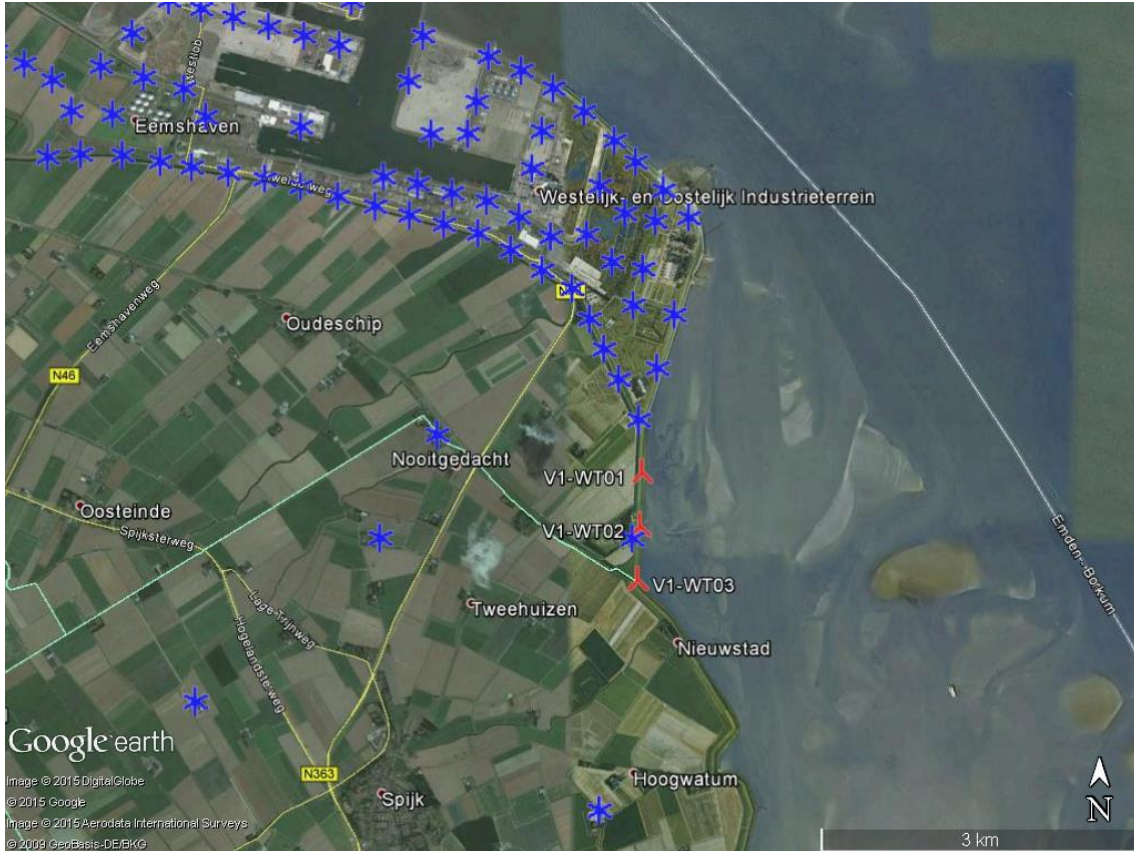
- Variant 1: 3 turbines uit de 6 MW klasse;
- Variant 2: 3 turbines uit de 3 MW klasse.

De coördinaten, de maximale ashoogte en de maximale rotordiameter voor deze twee varianten zijn vermeld in Tabel 1. De posities van de turbines zijn met rode symbolen weergegeven in Afbeelding 1 en Afbeelding 2.

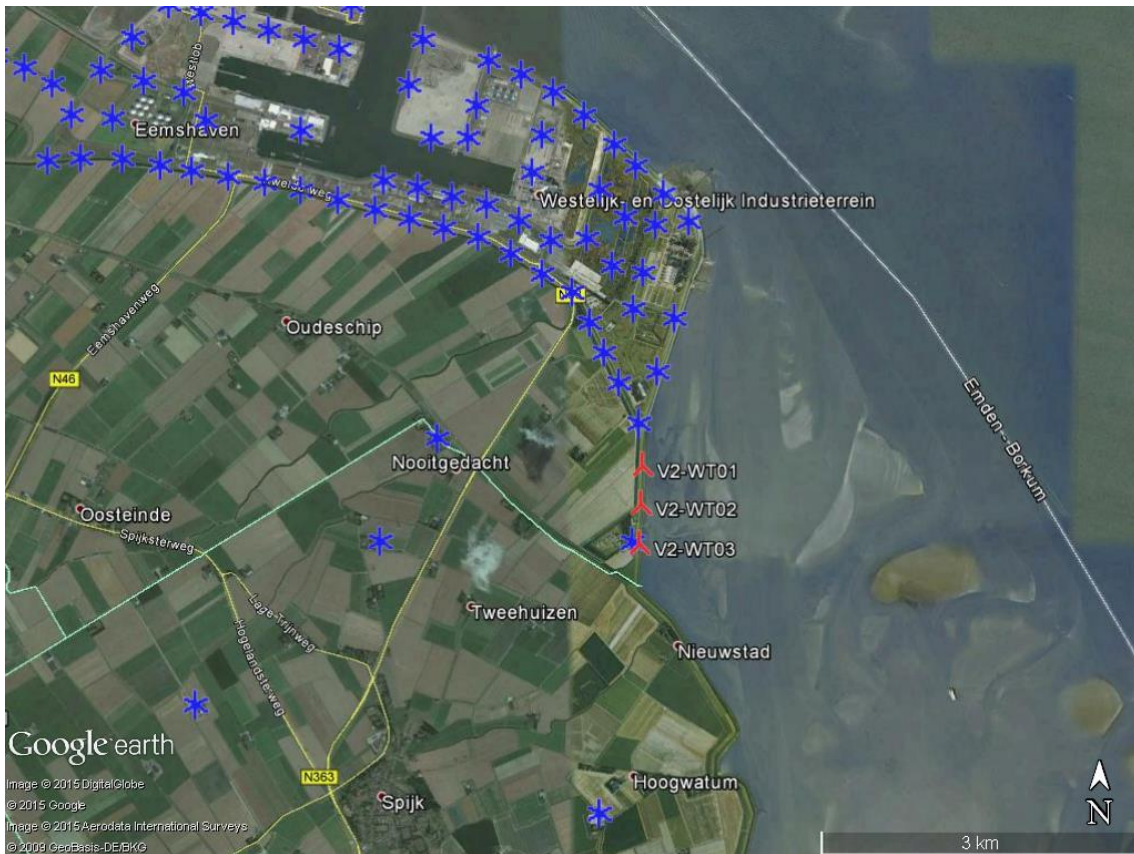
Turbine	Coördinaten		Ashoogte [m] (maximaal)	Rotordiameter [m] (maximaal)
	X	Y		
Variant 1: 3 turbines uit 6 MW klasse, onderlinge afstand van 520 m				
Turbine 1	253870	604476	117	126
Turbine 2	253862	603970	117	126
Turbine 3	253848	603460	117	126
Variant 2: 3 turbines uit 3 MW klasse, onderlinge afstand van 370 m				
Turbine 1	253873	604571	100	104
Turbine 2	253865	604209	100	104
Turbine 3	253859	603831	100	104

Tabel 1: Uitgangspunten twee varianten Windpark Dankzij de Dijken

In en nabij de Eemshaven bevindt zich een groot aantal bestaande windturbines. De gegevens van deze turbines zijn vermeld in bijlage 1. De bestaande windturbines in de nabijheid van het windpark Dankzij de Dijken zijn als blauwe symbolen in onderstaande afbeeldingen weergegeven.



Afbeelding 1: Variant 1, 3 windturbines 6 MW klasse (rode symbolen). Noot: blauwe symbolen zijn bestaande turbines



Afbeelding 2: Variant 1, 3 windturbines 3 MW klasse (rode symbolen). Noot: blauwe symbolen zijn bestaande turbines

3

Beoordelingskader

Slagschaduw betreft de lichtflikkeringen die optreden vanwege de passerende schaduw van de draaiende rotorbladen van een windturbine. Deze lichtflikkeringen treden op als vanaf de ontvanger gezien de rotorbladen van een windturbine de zonnestrallen onderbreken. De slagschaduw reikt het verste bij een laagstaande zon. Afhankelijk van hoe lang en hoe vaak de slagschaduw optreedt, de frequentie van de flikkeringen en de intensiteit van de wisselingen in lichtsterkte kan dit tot hinder leiden. De hinder doet zich vooral voor als de slagschaduw op het raam van een woning valt en hierdoor binnen in de woning sterke wisselingen in de lichtsterkte optreden. Windturbines zullen geen slagschaduw veroorzaken als de lucht volledig bewolkt is, het (vrijwel) windstil is of als rotorbladen parallel staan met de lijn tussen de ontvanger en de zon.

Uit onderzoek is gebleken dat de hinder van lichtflikkeringen het grootst is bij een frequentie van 2,5 tot 14 Hz. Er kunnen dan verschijnselen als zeeziekte of - bij hiervoor gevoelige mensen - een epileptische aanval optreden. Voor moderne windturbines is het toerental van de rotor echter dermate laag dat de flikkerfrequentie minder dan 1 Hz bedraagt. Bij deze frequentie worden voornoemde gezondheidseffecten niet verwacht.¹

Naast de wisselingen in lichtsterkte door de slagschaduw kunnen er ook wisselingen in lichtsterkte optreden door de rechtstreekse reflectie van het zonlicht op de draaiende rotorbladen, vaak aangeduid als lichtschitteringen. De reflectie van licht wordt bij moderne windturbines echter zo veel mogelijk uitgesloten door de rotorbladen uit te voeren met een veelal matte, lichtgrijze kleur.

In Nederland is voor het voorkomen of beperken van slagschaduw in artikel 3.14, lid 4, van het 'Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer', het zogenaamde Activiteitenbesluit, opgenomen dat bij het in werking hebben van een windturbine de bij ministeriële regeling te stellen maatregelen worden toegepast. Deze maatregelen zijn beschreven in artikel 3.12 van de 'Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer', vaak aangeduid als de Activiteitenregeling. Dit artikel luidt als volgt:

1. *Ten behoeve van het voorkomen of beperken van slagschaduw en lichtschittering is de windturbine voorzien van een automatische stilstandvoorziening die de windturbine afschakelt indien slagschaduw optreedt ter plaatse van gevoelige objecten voorzover de afstand tussen de windturbine en de gevoelige objecten minder dan 12 maal de rotordiameter bedraagt en gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten per dag slagschaduw kan optreden en voorzover zich in de door de slagschaduw getroffen uitwendige scheidingsconstructie van gevoelige gebouwen of woonwagens ramen bevinden. De afstand geldt van een punt op ashoogte van de windturbine tot de gevel van het gevoelige object.*
2. *Het bevoegd gezag kan met betrekking tot het in werking hebben van een windturbine aanvullend maatwerkvoorschriften stellen ten behoeve van het voorkomen of beperken van hinder door slagschaduw indien het eerste lid in een specifiek geval niet toereikend is.*

¹ RIVM Briefrapport 60933002/2008, Windturbines: invloed op de beleving en gezondheid van omwonenden

Voornoemde regeling is geënt op het voorkomen en beperken van slagschaduw hinder tijdens de operationele fase en bevat geen duidelijke normstelling voor prognose-onderzoeken. Voor het onderhavige onderzoek wordt er als 'worst case' benadering van uitgegaan dat er geen stilstandsvoorziening nodig is, als bij een gevoelig object de gemiddelde slagschaduwduur per jaar niet meer bedraagt dan 5 uur en 40 minuten (17 x 20 minuten). Dit is in feite een strengere beoordeling dan volgens voornoemde regeling, omdat volgens deze regeling slagschaduw van minder dan 20 minuten per dag of van minder dan 17 dagen met meer dan 20 minuten per dag aanvaardbaar wordt geacht. Voor een precieze beoordeling moet voor alle woningen de slagschaduw per dag worden beoordeeld. Deze analyse zal plaatsvinden voor het instellen van de stilstandsregeling, maar voert te ver voor het huidige onderzoek.

4

Berekeningsmethode

4.1 SIMULATIEMODEL

De slagschaduwberekeningen zijn verricht met het softwarepakket WindPRO, versie 3.0. De potentiële slagschaduweffecten bij een specifieke ontvanger zijn berekend door de situatie te simuleren. De positie van de zon in relatie tot het vlak waarin de rotor beweegt en de resulterende slagschaduw is voor een geheel jaar berekend in intervallen van 1 minuut. Als in een bepaalde minuut het vlak waarin de rotor beweegt een schaduw op het raam kan werpen dat als ontvangerpunt is gedefinieerd, dan wordt dit geregistreerd als 1 minuut potentiële slagschaduwduur. Hierbij wordt het rotorvlak beschouwd als een gesloten vlak. Voor het onderhavige onderzoek zijn de beoordelingspunten bij woningen zodanig gemodelleerd dat deze uit alle richtingen slagschaduw kunnen ontvangen en is als 'worst case' benadering uitgegaan van een (fictief) raam dat een gevelvlak omvat van 8 meter breed en 5 meter hoog vanaf 1 meter hoogte. Een dergelijk gevelvlak omvat gewoonlijk alle ramen in de gevel van een woning..

Bij de slagschaduwberekeningen wordt rekening gehouden met gegevens zoals de posities van de windturbines, de ashoogte, de rotordiameter, de bladbreedte, relevante hoogteverschillen in het landschap, de geografische positie op aarde (lengte- en breedtegraad), de tijdzone en zomer- en wintertijd. Het simulatiemodel bevat ook informatie over de baan en de rotatie van de aarde ten opzichte van de zon.

4.2 UITGANGSPUNTEN BEREKENINGEN

Artikel 3.12 van de 'Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer' geeft aan dat de slagschaduw alleen hoeft te worden beschouwd als de afstand tussen de windturbine en de gevoelige objecten minder dan 12 maal de rotordiameter bedraagt. Op grotere afstanden zullen de veranderingen in lichtintensiteit dermate gering zijn, dat de slagschaduw niet als hinderlijk wordt ervaren. Ook bij een zonnestand van minder dan 3 graden wordt de slagschaduw niet als hinderlijk beschouwd. De reden hiervoor is dat bij een lage stand van de zon, bij zonsopkomst en -ondergang, het licht vrij diffuus en minder sterk is en vaak afscherming plaatsvindt door aanwezige begroeiing en bebouwing. Op basis van het bovenstaande is in de berekeningen de eventuele slagschaduw op een afstand van meer dan 12 maal de rotordiameter en/of bij een zonnestand van minder dan 3 graden buiten beschouwing gelaten.

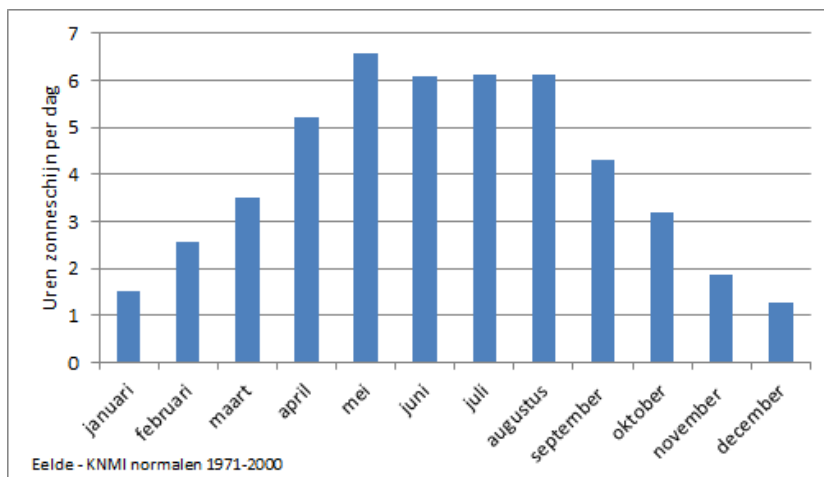
De beplanting en gebouwen in het gebied zijn in de berekeningen buiten beschouwing gelaten. Deze kunnen de slagschaduwduur lokaal wel verminderen, omdat ze het zicht op de windturbines plaatselijk kunnen belemmeren.

4.3 CORRECTIES OP BASIS VAN LANGJARIGE ZONNESCHIJNDUUR- EN WINDSTATISTIEKEN

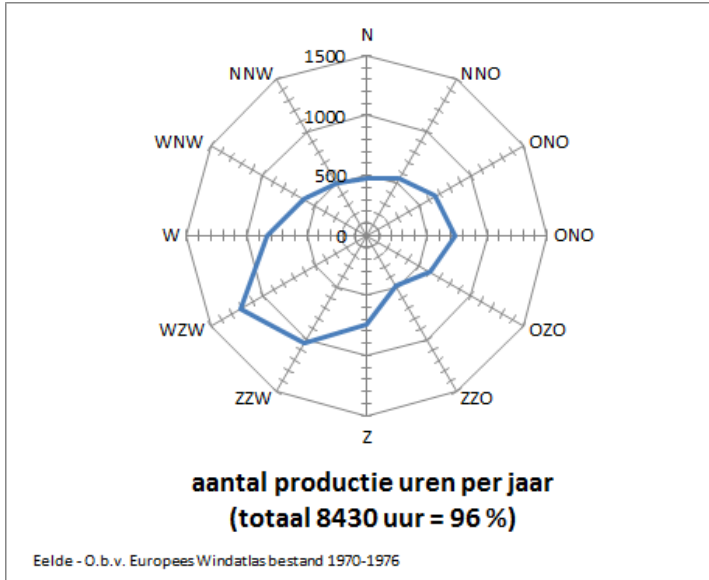
Op basis van de beschreven uitgangspunten wordt in eerste instantie de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduwduur berekend. Dit is de slagschaduwduur die optreedt als de zon altijd schijnt, de hemel altijd helder is, de windturbines altijd draaien en de rotor altijd dwars op de lijn van de zon naar de ontvanger staat. Dit is een theoretisch maximale situatie die in werkelijkheid nooit zal optreden.

Slagschaduw treedt alleen op als de zon schijnt en de windturbines in bedrijf zijn. Het is echter regelmatig bewolkt en de windturbines draaien ook niet altijd. Daarnaast staat de rotor van een windturbine niet altijd dwars op de lijn van de zon naar de ontvanger. Om de werkelijk te verwachten slagschaduwduur te berekenen is een correctie toegepast op basis van de langjarige zonnenschijnduur- en windstatistieken. De gehanteerde zonnenschijnduur is weergegeven in Afbeelding 3. Hierbij is uitgegaan van KNMI gegevens voor de periode 1971-2000 voor het meteorostation Eelde. Op basis van de klimaatinformatie op www.weersverwachting.nl/wereldweer/europa/nederland/eemshaven#klimaat lijkt het aantal zonnenschijnuren in de Eemshaven nog ietsjes lager te zijn. Om de slagschaduweffecten niet te onderschatten is uitgegaan van eerstgenoemde gegevens voor het meteorostation Eelde.

Op basis van de langjarige windstatistieken is een correctie toegepast voor het aantal productie uren van de windturbines per windrichtingssector. Hierbij is uitgegaan van het gegeneraliseerde Europese Windatlas bestand voor het meteorostation Eelde, dat met behulp van het softwarepakket WindPro/WAsP is gecorrigeerd voor de ruwheid in de wijde omgeving van het windpark. Hierdoor is in de berekeningen rekening gehouden met de ligging aan de kust. Het vastgestelde aantal productie uren is weergegeven in Afbeelding 4 en bedraagt in totaal circa 8430 uur per jaar. Dit betekent dat er van uit is gegaan dat de windturbine 96,2% van de tijd in werking is.



Afbeelding 3: Gemiddeld aantal zonnenschijn uren per dag op basis van meteorostation Eelde



Afbeelding 4: Gemiddeld aantal productie uren per jaar, berekend op basis van het Europese Windatlas bestand voor meteostation Eelde

5

Berekeningsresultaten

5.1 WINDPARK DANKZIJ DE DIJKEN

De posities van de beoordelingspunten bij woningen rondom het windpark zijn weergegeven in Afbeelding 5.



Afbeelding 5: Posities van de beoordelingspunten

De ter plaatse van woningen berekende slagschaduwduren zijn voor variant 1 vermeld in Tabel 2 en voor variant 2 in Tabel 3. De woningen aan de Oostpolder met de beoordelingspunten 24 en 25 zijn wegbestemd. Deze woningen zijn wel in voornoemde tabellen opgenomen, maar zijn in de beoordeling verder buiten beschouwing gelaten.

In de tabellen zijn de volgende gegevens weergegeven:

- Astronomisch maximale aantal uren slagschaduw per jaar.
- Astronomisch maximale aantal dagen met slagschaduw per jaar.
- Astronomisch maximale aantal uren slagschaduw per dag.
- Verwachte aantal uren slagschaduw per jaar. Hierbij wordt rekening gehouden met het langjarig gemiddelde aantal uren zonschijn per maand en het gemiddelde aantal draaiuren van de windturbines per windrichtingsector.

Voor de beoordeling van de effecten wordt uitgegaan van de verwachte slagschaduwduur. Voor variant 1 met 3 windturbines uit de 6 MW klasse geldt dat 12 woningen een slagschaduwduur van meer dan 5:40 uur per jaar ondervinden (zie vetgedrukte waarden in Tabel 2). Deze woningen bevinden zich ten westen en ten noordwesten van de geplande windturbines. De maximaal verwachte slagschaduwduur is 13 uur en 16 minuten per jaar. Voor variant 2 met 3 windturbines uit de 3 MW klasse geldt dat 4 woningen een slagschaduwduur van meer dan 5:40 uur per jaar ondervinden (zie vetgedrukte waarden in Tabel 3). Deze woningen bevinden zich ook ten westen en ten noordwesten van de geplande windturbines. De maximaal verwachte slagschaduwduur is 10 uur en 26 minuten per jaar.

De slagschaduwcontouren vanwege de nieuwe windturbines zijn voor variant 1 en 2 weergegeven in respectievelijk Afbeelding 6 en Afbeelding 7.

Beoordelingspunten bij woningen		Astronomisch maximale slagschaduwduur			Verwachte slagschaduw- duur
Nr.	Omschrijving	Aantal uren per jaar	Aantal dagen per jaar	Maximale duur per dag	Aantal uren per jaar
01	Nieuwstad 1	--	--	--	--
02	Nieuwstad 2	--	--	--	--
03	Nieuwstad 3	--	--	--	--
04	Nieuwstad 4	--	--	--	--
05	Nieuwstad 5	--	--	--	--
06	Nieuwstad 6	--	--	--	--
07	Nieuwstad 7	--	--	--	--
08	Nieuwstad 8	--	--	--	--
09	Oostpolderweg 19	--	--	--	--
10	Polen 1	43:31	137	0:28	9:37
11	Polen 2	48:28	147	0:29	10:42
12	Polen 4	51:52	149	0:30	11:19
13	Polen 5	33:51	110	0:27	6:55
14	Polen 6	52:49	152	0:30	11:29
15	Polen 7	28:34	100	0:25	5:34
16	Polen 8	60:21	169	0:31	13:16
17	Polen 11	25:15	96	0:24	4:50
18	Tweehuizerweg 15	--	--	--	--
19	Tweehuizerweg 19	--	--	--	--
20	Vierhuizerweg 6	23:09	56	0:33	5:56
21	Vierhuizerweg 8	22:50	69	0:33	5:46
22	Vierhuizerweg 10	23:53	56	0:34	6:04
23	Oostpolder 1	35:58	102	0:30	4:21
24	<i>Oostpolder 2*</i>	<i>42:14</i>	<i>104</i>	<i>0:33</i>	<i>5:15</i>
25	<i>Oostpolder 6*</i>	<i>62:05</i>	<i>78</i>	<i>0:57</i>	<i>6:27</i>
26	Oostpolder 7	81:59	149	0:48	11:10
27	Polen 3	34:18	113	0:27	7:20
28	Vierhuizerweg 4a	33:29	91	0:31	8:28
29	Vierhuizerweg 4	19:54	56	0:29	5:12

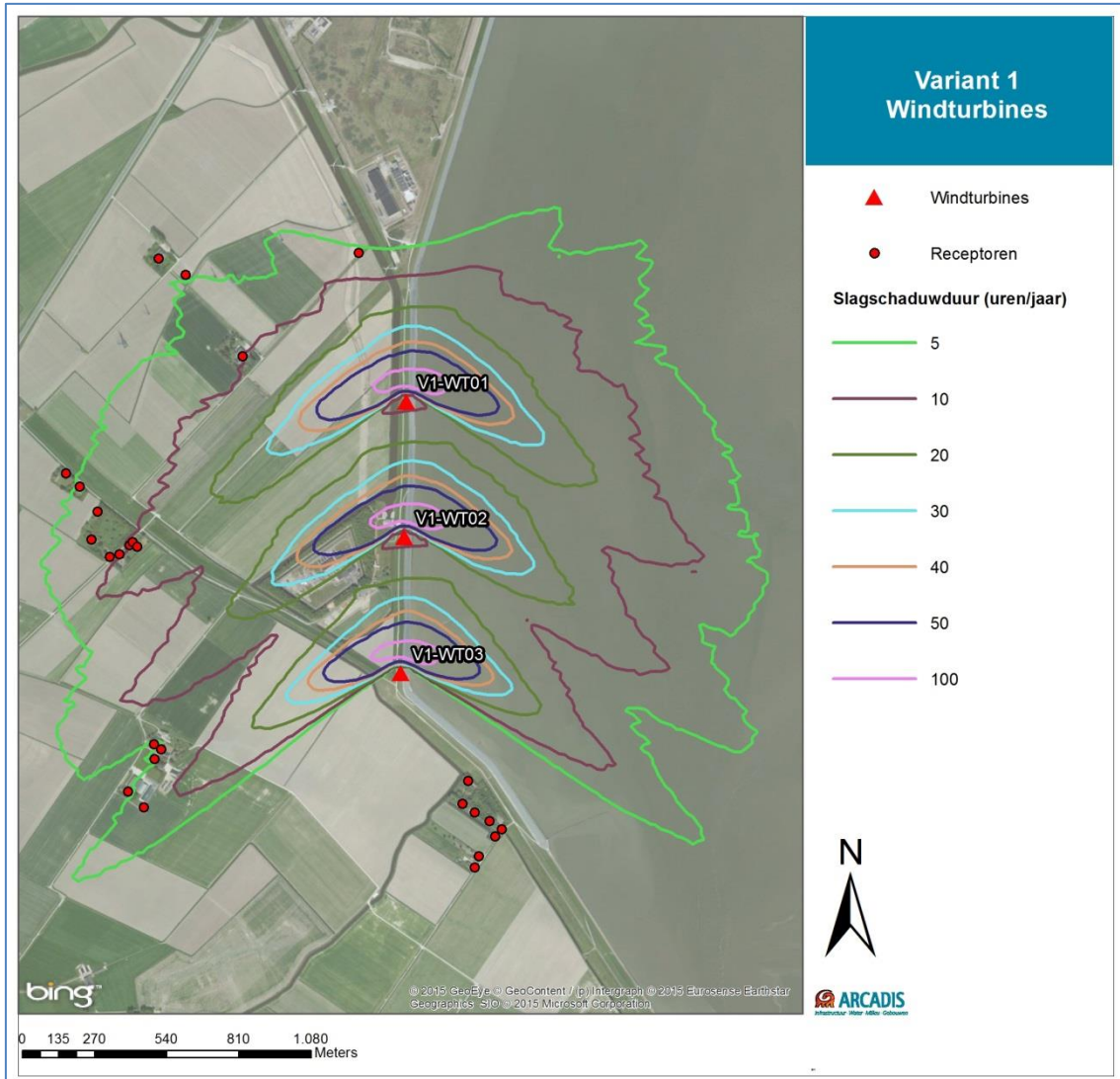
** De woningen aan Oostpolder 2 en 6 zijn wegbestemd en zijn in de beoordeling verder buiten beschouwing gelaten.*

Tabel 2: Slagschaduwduur bij woningen voor variant 1 met 3 windturbines uit de 6 MW klasse

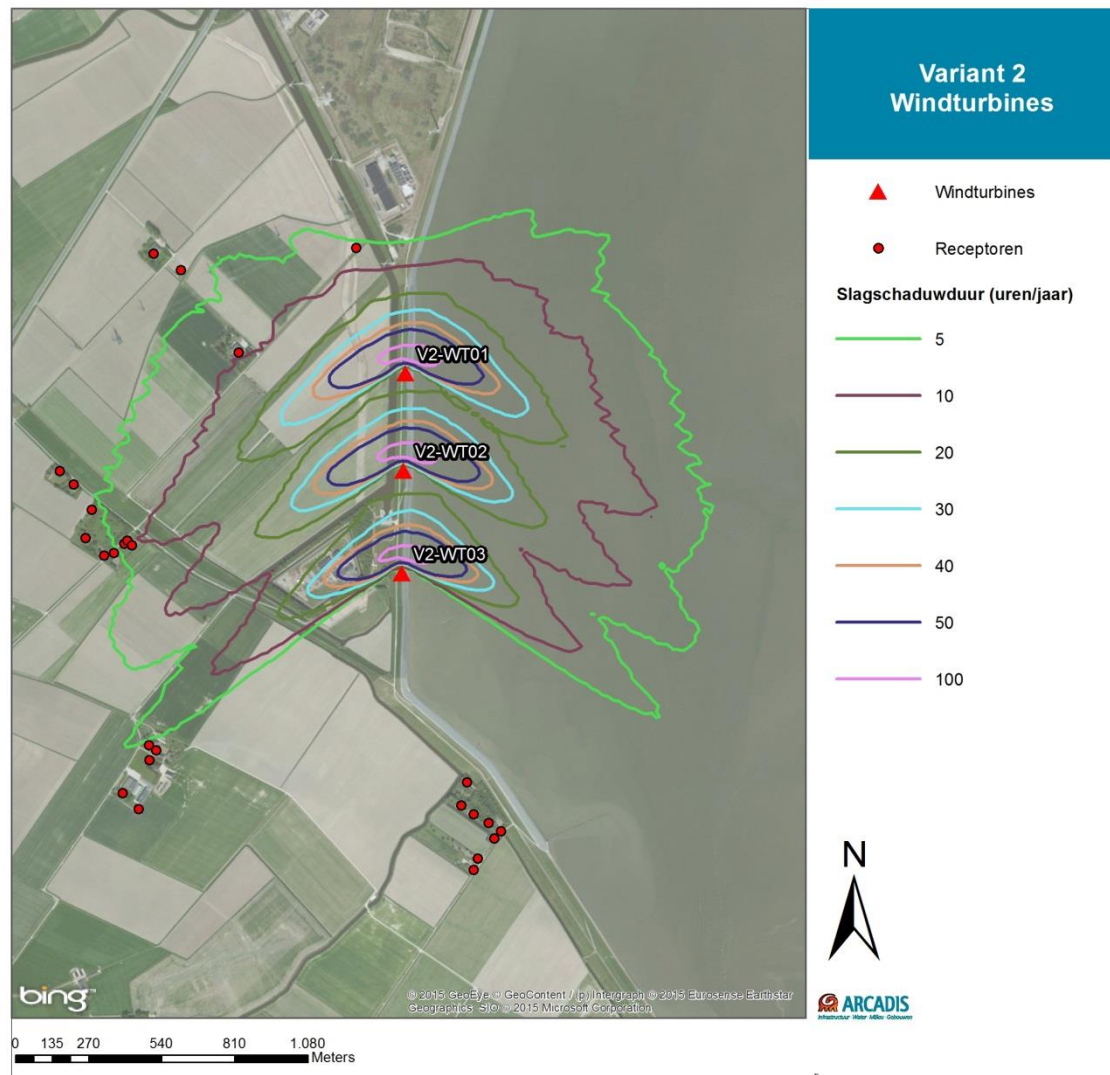
Beoordelingspunten bij woningen		Astronomisch maximale slagschaduwduur			Verwachte slagschaduw- duur
Nr.	Omschrijving	Aantal uren per jaar	Aantal dagen per jaar	Maximale duur per dag	Aantal uren per jaar
01	Nieuwstad 1	--	--	--	--
02	Nieuwstad 2	--	--	--	--
03	Nieuwstad 3	--	--	--	--
04	Nieuwstad 4	--	--	--	--
05	Nieuwstad 5	--	--	--	--
06	Nieuwstad 6	--	--	--	--
07	Nieuwstad 7	--	--	--	--
08	Nieuwstad 8	--	--	--	--
09	Oostpolderweg 19	--	--	--	--
10	Polen 1	17:05	63	0:24	3:45
11	Polen 2	18:34	64	0:24	4:04
12	Polen 4	40:30	144	0:25	9:29
13	Polen 5	14:20	55	0:23	2:52
14	Polen 6	41:15	145	0:26	9:39
15	Polen 7	6:23	27	0:21	1:20
16	Polen 8	43:29	142	0:26	10:10
17	Polen 11	--	--	--	--
18	Tweehuizerweg 15	--	--	--	--
19	Tweehuizerweg 19	--	--	--	--
20	Vierhuizerweg 6	11:08	47	0:20	2:42
21	Vierhuizerweg 8	20:00	61	0:25	4:55
22	Vierhuizerweg 10	14:45	52	0:24	3:36
23	Oostpolder 1	21:11	79	0:26	2:48
24	<i>Oostpolder 2*</i>	<i>28:31</i>	<i>91</i>	<i>0:29</i>	<i>3:45</i>
25	<i>Oostpolder 6*</i>	<i>66:26</i>	<i>82</i>	<i>0:56</i>	<i>6:58</i>
26	Oostpolder 7	70:58	155	0:42	10:26
27	Polen 3	14:21	57	0:22	3:06
28	Vierhuizerweg 4a	--	--	--	--
29	Vierhuizerweg 4	--	--	--	--

** De woningen aan Oostpolder 2 en 6 zijn wegbestemd en zijn in de beoordeling verder buiten beschouwing gelaten.*

Tabel 3: Slagschaduwduur bij woningen voor variant 2 met 3 windturbines uit de 3 MW klasse



Afbeelding 6: Slagschaduwcontouren voor variant 1 met 3 windturbines uit de 6 MW klasse



Afbeelding 7: Slagschaduwcontouren voor variant 2 met 3 windturbines uit de 3 MW klasse

5.2 BESTAANDE WINDTURBINES

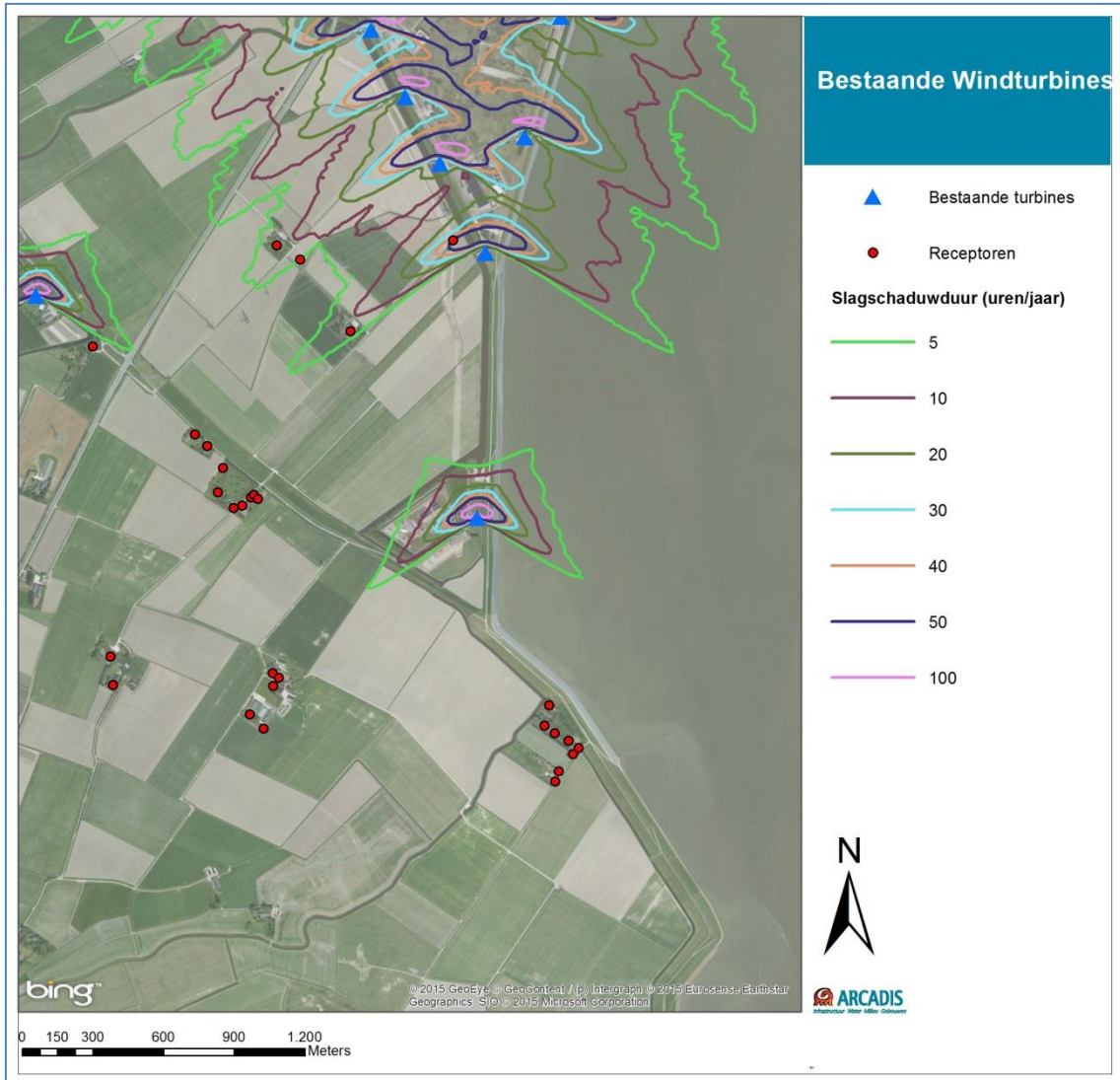
Bij de meest noordelijk gelegen woningen kan de slagschaduwduur van de nieuwe windturbines in principe cumuleren met de slagschaduwduur van de bestaande turbines in en nabij de Eemshaven. De slagschaduwduur vanwege de bestaande windturbines is vermeld in Tabel 4. De bijbehorende slagschaduwcontouren zijn voor het relevante deel van het gebied weergegeven in Afbeelding 8. Hierbij is geen rekening gehouden met een eventuele automatische stilstandsvoorziening.

Uit Tabel 4 blijkt dat de enige woningen die zowel door de bestaande als de nieuwe windturbines relevant worden belast, de woningen aan Oostpolder 1 en 7 zijn. Zoals aangegeven is hierbij nog geen rekening gehouden met een automatische stilstandsvoorziening. De woningen aan Oostpolder 2 en 6 zijn wegbestemd en in de beoordeling buiten beschouwing gelaten.

Beoordelingspunten bij woningen		Astronomisch maximale slagschaduwduur			Verwachte slagschaduw- duur
Nr.	Omschrijving	Aantal uren per jaar	Aantal dagen per jaar	Maximale duur per dag	Aantal uren per jaar
01	Nieuwstad 1	--	--	--	--
02	Nieuwstad 2	--	--	--	--
03	Nieuwstad 3	--	--	--	--
04	Nieuwstad 4	--	--	--	--
05	Nieuwstad 5	--	--	--	--
06	Nieuwstad 6	--	--	--	--
07	Nieuwstad 7	--	--	--	--
08	Nieuwstad 8	--	--	--	--
09	Oostpolderweg 19	--	--	--	--
10	Polen 1	--	--	--	--
11	Polen 2	--	--	--	--
12	Polen 4	--	--	--	--
13	Polen 5	--	--	--	--
14	Polen 6	--	--	--	--
15	Polen 7	--	--	--	--
16	Polen 8	--	--	--	--
17	Polen 11	--	--	--	--
18	Tweehuizerweg 15	--	--	--	--
19	Tweehuizerweg 19	--	--	--	--
20	Vierhuizerweg 6	--	--	--	--
21	Vierhuizerweg 8	--	--	--	--
22	Vierhuizerweg 10	--	--	--	--
23	Oostpolder 1	39:04	118	0:29	9:27
24	<i>Oostpolder 2*</i>	<i>27:12</i>	<i>78</i>	<i>0:26</i>	<i>6:22</i>
25	<i>Oostpolder 6*</i>	<i>283:08</i>	<i>186</i>	<i>1:57</i>	<i>62:13</i>
26	Oostpolder 7	34:00	70	0:34	8:31
27	Polen 3	--	--	--	--
28	Vierhuizerweg 4a	--	--	--	--
29	Vierhuizerweg 4	--	--	--	--

** De woningen aan Oostpolder 2 en 6 zijn wegbestemd en zijn in de beoordeling verder buiten beschouwing gelaten.*

Tabel 4: Slagschaduwduur bij woningen vanwege de bestaande windturbines in en nabij de Eemshaven



Afbeelding 8: Slagschaduwcontouren bestaande windturbines

6

Hinderbeperkende maatregelen

De hinder vanwege de optredende slagschaduw kan worden voorkomen c.q. beperkt door een automatische stilstandsregeling, die de windturbine afschakelt op de momenten dat deze slagschaduw bij woningen kan veroorzaken. In de besturingssoftware van de windturbine kunnen hiervoor blokken van dagen en tijden met potentiële slagschaduw worden geprogrammeerd. Door dit met een zonneshijnsensor te combineren kan de stilstandsduur worden beperkt.

De stilstandsregeling is verplicht op grond van de 'Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer'. Het toepassen van een stilstandsregeling gaat wel ten koste van de energieopbrengst van het windpark.

In Tabel 5 is de totale slagschaduwduur per turbine weergegeven. Het weergegeven verlies is berekend door het aantal uur slagschaduw te delen door het totaal aantal uur in een jaar (8.760 uur/jaar). Dit is het verlies dat zou optreden als de turbine iedere keer zou worden stilgezet wanneer er daadwerkelijk slagschaduw op woningen optreedt. Door de stilstandsregeling te combineren met een zonneshijnsensor kan de stilstandsduur met circa 65% worden beperkt, omdat de zon gemiddeld circa 35% van de tijd schijnt. Het productieverlies bedraagt dan circa 0,4 % voor variant 1 en circa 0,3 % voor variant 2.

Windturbine	Astronomisch maximale slagschaduwduur (uren/jaar)	Productieverlies uitgaande van astronomisch maximale slag-schaduwduur (%)	Productieverlies rekening houdend met zonneshijnsensor (%)
Variant 1: 3 turbines uit 6 MW klasse			
Turbine 1*	118:25	1,4	0,5
Turbine 2*	86:10	1,0	0,3
Turbine 3*	102:07	1,2	0,4
Gemiddeld	102:14	1,2	0,4
Variant 2: 3 turbines uit 3 MW klasse			
Turbine 1*	63:42	0,7	0,3
Turbine 2*	64:46	0,7	0,3
Turbine 3*	61:00	0,7	0,2
Gemiddeld	63:09	0,7	0,3
<i>* De slagschaduwduur op de wegbestemde woningen aan de Oostpolder 2 en 6 is in deze tabel buiten beschouwing gelaten.</i>			

Tabel 5: Totale slagschaduwduur en bijbehorend productieverlies per windturbine bij toepassing van een automatische stilstandsregeling

Indien er windturbines met een lagere ashoogte en/of kleinere rotordiameter worden geplaatst, zal het slagschaduwefect geringer zijn. Ook in dit geval zal een automatische stilstandsregeling naar alle waarschijnlijkheid noodzakelijk zijn, maar de stilstandsduur zal geringer zijn.

7

Conclusie

Voor de onderzochte varianten geldt dat zonder maatregelen bij de dichtstbijzijnde woningen ten noorden en westen van het geplande windpark slagschaduw hinder kan optreden. Voor variant 1 met 3 windturbines uit de 6 MW klasse geldt dat 12 woningen een slagschaduwduur van meer dan 5:40 uur per jaar ondervinden. De maximaal verwachte slagschaduwduur is 13 uur en 16 minuten per jaar. Voor variant 2 met 3 windturbines uit de 3 MW klasse geldt dat 4 woningen een slagschaduwduur van meer dan 5:40 uur per jaar ondervinden. De maximaal verwachte slagschaduwduur is 10 uur en 26 minuten per jaar.

Bij de meest noordelijk gelegen woningen, de woningen aan de Oostpolder 1 en 7, kan de slagschaduwduur van de nieuwe windturbines in principe cumuleren met de slagschaduwduur van de bestaande turbines in en nabij de Eemshaven. Gezien de verwachte slagschaduwduur mag echter worden aangenomen dat de bepalende bestaande windturbines reeds zijn voorzien van een automatische stilstandsvoorziening, waarmee de slagschaduw effecten worden voorkomen c.q. voldoende worden beperkt.

De hinder vanwege de optredende slagschaduw van de nieuwe windturbines kan worden voorkomen c.q. voldoende worden beperkt door een automatische stilstandsregeling, die de windturbine afschakelt op de momenten dat deze slagschaduw bij woningen kan veroorzaken. De stilstandsregeling is verplicht op grond van de 'Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer'. Hiermee wordt aan de eisen ten aanzien van slagschaduw voldaan. Dit gaat wel ten koste van de energieopbrengst van het windpark, maar de verliezen zijn beperkt. De verwachte productieverliezen bedragen circa 0,4 % voor variant 1 en circa 0,3 % voor variant 2.

Indien er windturbines met een lagere ashoogte en/of kleinere rotordiameter worden geplaatst, zal het slagschaduw effect geringer zijn. Ook in dit geval zal een automatische stilstandsregeling waarschijnlijk noodzakelijk zijn, maar de stilstandsduur zal dan lager liggen.

Bijlage 1

Gegevens van de bestaande windturbines in en nabij de Eemshaven

Turbine type	Coördinaten		Ashoogte [m] (maximaal)	Rotordiameter [m] (maximaal)
	X	Y		
ENERCON E-82 E3 3000	245283	609076	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	245591	609036	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	245888	608987	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	246175	608900	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	246462	608812	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	246750	608723	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	247037	608633	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	247316	608511	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	247592	608379	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	247874	608263	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	248146	608111	98	82
VESTAS V90 3000	245161	608566	100	90
VESTAS V90 3000	245463	608501	100	90
VESTAS V90 3000	245754	608427	100	90
ENERCON E-82 E3 3000	246045	608353	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	246336	608279	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	246622	608188	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	246907	608088	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	247190	607981	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	247472	607870	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	251691	608611	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	252325	608423	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	252642	608296	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	252952	608132	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253251	607912	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253547	607637	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253756	607438	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253416	607203	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253302	606732	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	249412	608052	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	249023	608155	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	248609	608251	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	249242	608904	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	249672	609314	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	250005	609324	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	250335	609195	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	250665	609061	98	82

Turbine type	Coördinaten		Ashoogte [m] (maximaal)	Rotordiameter [m] (maximaal)
	X	Y		
ENERCON E-82 E3 3000	250997	608936	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	249554	608828	98	82
VESTAS V90 3000	249866	608752	100	90
VESTAS V90 3000	250209	608669	100	90
VESTAS V90 3000	250550	608586	100	90
VESTAS V90 3000	250892	608503	100	90
VESTAS V90 3000	251566	608173	100	90
VESTAS V90 3000	251793	607668	100	90
VESTAS V90 3000	252219	607987	100	90
VESTAS V90 3000	252852	607716	100	90
VESTAS V90 3000	252144	607676	100	90
VESTAS V90 3000	252765	607355	100	90
VESTAS V90 3000	251347	607247	100	90
VESTAS V90 3000	251676	607186	100	90
VESTAS V90 3000	252006	607106	100	90
VESTAS V90 3000	252338	607035	100	90
VESTAS V90 3000	252652	606888	100	90
VESTAS V90 3000	252956	606705	100	90
ENERCON E-82 E3 3000	253344	605929	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253172	606215	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	252882	606382	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	252578	606570	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	252263	606723	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	251933	606803	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	251603	606884	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	251273	606964	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	250916	607050	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	250559	607137	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	250212	607201	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	249862	607252	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	249510	607302	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	249207	607349	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	248841	607404	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	248444	607404	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	248127	607372	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253830	604980	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253634	605359	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253487	605644	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253662	606943	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253548	606476	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	254026	607172	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253954	606875	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253843	606417	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253758	606067	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	254272	606915	98	82

Turbine type	Coördinaten		Ashoogte [m] (maximaal)	Rotordiameter [m] (maximaal)
	X	Y		
ENERCON E-82 E3 3000	254151	605985	98	82
ENERCON E-82 E3 3000	253996	605473	98	82
VESTAS V90 3000	248340	607818	100	90
VESTAS V90 3000	248736	607792	100	90
VESTAS V90 3000	248899	608577	100	90
VESTAS V90 3000	249631	607787	100	90
VESTAS V52 850	253792	603854	40	52
VESTAS V47 660	251918	604799	40	47
VESTAS V47 660	251400	603813	40	47
VESTAS V44 600	249693	602239	40	44
VESTAS V47 660	253530	601303	40	47
REpower 6 M 6000	250215	607769	114	126
REpower 6 M 6000	250736	607640	114	126

MEMO

 Onderwerp:
 Wijziging slagschaduwonderzoek Windpark
 Dankzij de Dijken

 Arnhem,
 13 oktober 2015

 Projectnummer:
 B02047.000077.0900

DIVISIE WATER & MILIEU

 Van:
 ir. H.D. Koppen

 Opgesteld door:
 ir. H.D. Koppen

 Afdeling:
 Divisie Water & Milieu Arnhem

 Ons kenmerk:
 078664614:A

 Aan:
 RWE Innogy Windpower Netherlands BV

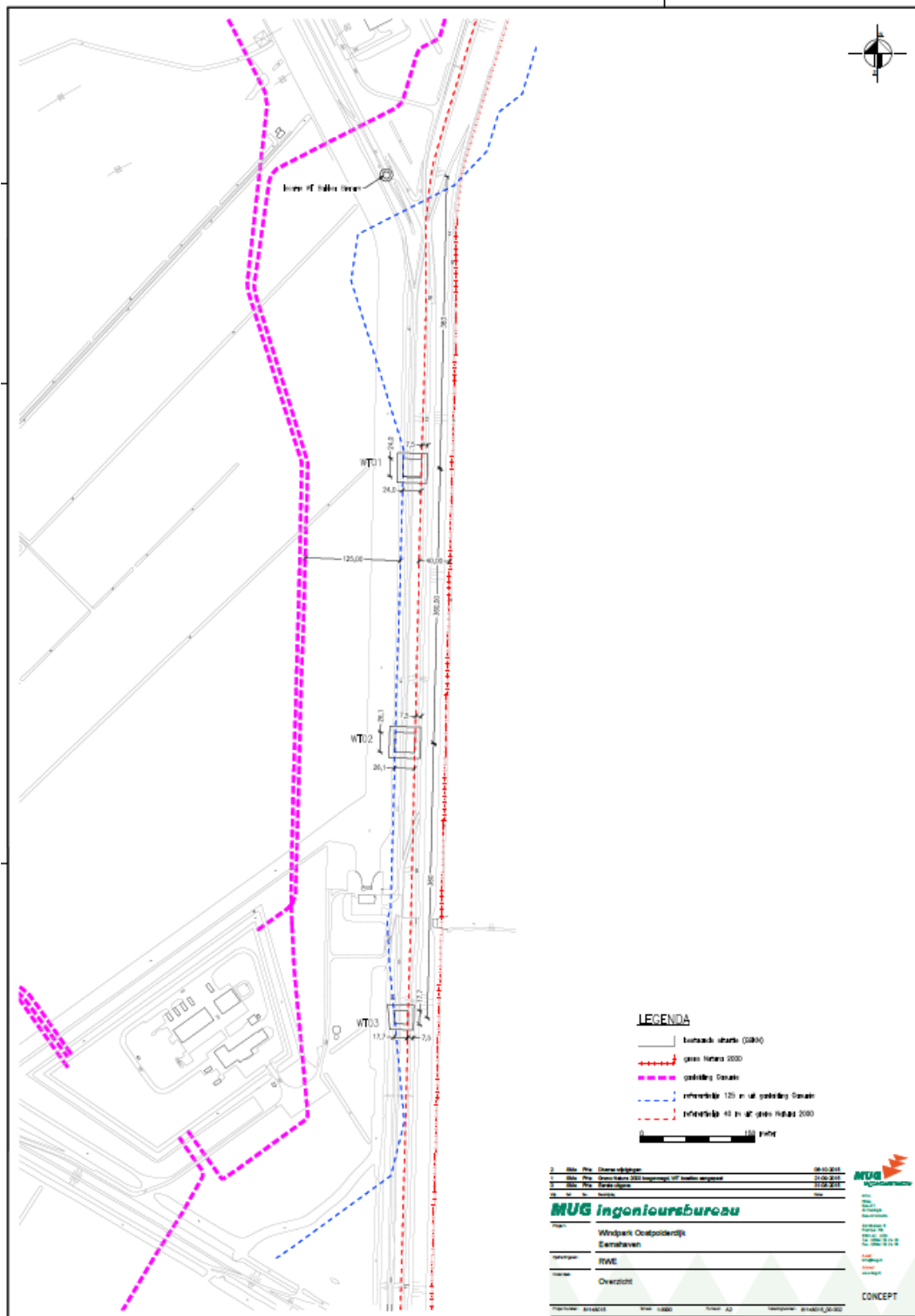
Kopieën aan:

Het slagschaduwonderzoek van het Windpark Dankzij de Dijken is vastgelegd in het rapport met kenmerk 078421205:C d.d. 12 oktober 2015. De in dit onderzoek gehanteerde posities voor de 3 MW klasse windturbines (variant 2) aan de Oostpolderdijk zijn gewijzigd. Thans wordt uitgegaan van de in Afbeelding 1 weergegeven zoekvlakken. De kleinste vierkantjes geven het zoekvlak aan waarbinnen zich straks het hart van de turbine zal bevinden. De grotere vierkantjes daaromheen geven het zoekvlak aan waarbinnen de fundatie gerealiseerd zal worden. Naar aanleiding van deze wijziging zijn nieuwe slagschaduwberekeningen verricht om de consequenties hiervan vast te stellen. Hierbij is uitgegaan van een 'worst case' beoordeling. Dit wil zeggen dat in de berekeningen voor slagschaduw de meest westelijk mogelijke posities zijn gehanteerd. De gehanteerde uitgangspunten zijn in onderstaande tabel samengevat.

Turbine	Coördinaten		Ashoogte [m] (maximaal)	Rotordiameter [m] (maximaal)
	X	Y		
Variant 2: 3 turbines uit 3 MW klasse, onderlinge afstand van 370 m				
Turbine 1	253852	604597	100	104
Turbine 2	253842	604237	100	104
Turbine 3	253841	603877	100	104

Tabel 1: Uitgangspunten twee varianten Windpark Dankzij de Dijken

Voor de beoordeling van de effecten wordt uitgegaan van de verwachte slagschaduwduur. Voor variant 2 met 3 windturbines uit de 3 MW klasse ondervinden 4 woningen een slagschaduwduur van meer dan 5:40 uur per jaar (zie vetgedrukte waarden in Tabel 2). Deze woningen bevinden zich ten westen en ten noordwesten van de geplande windturbines. De maximaal verwachte slagschaduwduur is 12 uur per jaar.



Afbeelding 1: Zoekvlakken windturbines klasse 3 MW (variant 2)

Beoordelingspunten bij woningen		Astronomisch maximale slagschaduwduur			Verwachte slagschaduwduur
Nr.	Omschrijving	Aantal uren per jaar	Aantal dagen per jaar	Maximale duur per dag	Aantal uren per jaar
01	Nieuwstad 1	--	--	--	--
02	Nieuwstad 2	--	--	--	--
03	Nieuwstad 3	--	--	--	--
04	Nieuwstad 4	--	--	--	--
05	Nieuwstad 5	--	--	--	--
06	Nieuwstad 6	--	--	--	--
07	Nieuwstad 7	--	--	--	--
08	Nieuwstad 8	--	--	--	--
09	Oostpolderweg 19	--	--	--	--
10	Polen 1	18:20	65	0:24	4:07
11	Polen 2	19:52	67	0:25	4:27
12	Polen 4	42:39	138	0:26	10:00
13	Polen 5	15:08	58	0:23	3:08
14	Polen 6	43:37	139	0:26	10:12
15	Polen 7	12:59	53	0:22	2:29
16	Polen 8	43:35	137	0:27	10:11
17	Polen 11	--	--	--	--
18	Tweehuizerweg 15	--	--	--	--
19	Tweehuizerweg 19	--	--	--	--
20	Vierhuizerweg 6	2:37	27	0:08	0:37
21	Vierhuizerweg 8	10:56	46	0:20	2:39
22	Vierhuizerweg 10	4:54	33	0:12	1:11
23	Oostpolder 1	22:28	80	0:27	2:59
24	Oostpolder 2*	30:17	93	0:30	4:02
25	Oostpolder 6*	76:12	88	1:00	8:05
26	Oostpolder 7	80:15	167	0:43	12:00
27	Polen 3	15:12	60	0:22	3:19
28	Vierhuizerweg 4a	--	--	--	--
29	Vierhuizerweg 4	--	--	--	--

* De woningen aan Oostpolder 2 en 6 zijn wegbestemd en zijn in de beoordeling verder buiten beschouwing gelaten.

Tabel 2: Slagschaduwduur bij woningen voor variant 2 met 3 windturbines uit de 3 MW klasse

De hinder vanwege de optredende slagschaduw kan worden voorkomen c.q. beperkt door een automatische stilstandsregeling, die de windturbine afschakelt op de momenten dat deze slagschaduw bij woningen kan veroorzaken. In de besturingssoftware van de windturbine kunnen hiervoor blokken van dagen en tijden met potentiële slagschaduw worden geprogrammeerd. Door dit met een zonnenschijnsensor te combineren kan de stilstandsduur worden beperkt. De stilstandsregeling is verplicht op grond van de 'Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer'. Het toepassen van een stilstandsregeling gaat wel ten koste van de energieopbrengst van het windpark.

In Tabel 3 is de totale slagschaduwduur per turbine weergegeven. Het weergegeven verlies is berekend door het aantal uur slagschaduw te delen door het totaal aantal uur in een jaar (8.760 uur/jaar). Dit is het verlies dat zou optreden als de turbine iedere keer zou worden stilgezet wanneer er daadwerkelijk slagschaduw op woningen optreedt. Door de stilstandsregeling te combineren met een zonneshijnsensor kan de stilstandsduur met circa 65% worden beperkt, omdat de zon gemiddeld circa 35% van de tijd schijnt. Het productieverlies bedraagt dan circa 0,3 % voor variant 2.

Windturbine	Astronomisch maximale slagschaduwduur (uren/jaar)	Productieverlies uitgaande van astronomisch maximale slagschaduwduur (%)	Productieverlies rekening houdend met zonneshijnsensor (%)
Variant 2: 3 turbines uit 3 MW klasse			
Turbine 1*	66:15	0,8	0,3
Turbine 2*	69:41	0,8	0,3
Turbine 3*	61:33	0,7	0,2
Gemiddeld	65:50	0,8	0,3
<i>* De slagschaduwduur op de wegbestemde woningen aan de Oostpolder 2 en 6 is in deze tabel buiten beschouwing gelaten.</i>			

Tabel 3: Totale slagschaduwduur en bijbehorend productieverlies per windturbine bij toepassing van een automatische stilstandsregeling