



Slagschaduwonderzoek Windpark Waardpolder

22 April 2016, Ernst Jaarsma

1 Principe en richtlijnen

Ministeriële regeling

In artikel 3.12 van de bij de ministeriële regeling (*Regeling van de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 9 november 2007, nr. DJZ 2007104180 houdende algemene regels voor inrichtingen - Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer*) is voorgeschieden dat een turbine moet zijn voorzien van een automatische stilstandvoorziening die de windturbine afschakelt indien slagschaduw optreedt ter plaatse van gevoelige objecten voor zover de afstand tussen de turbine en de woning minder bedraagt dan twaalf maal de rotordiameter en gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten slagschaduw kan optreden. Vanaf 1 januari 2013 is voor de toetsing van slagschaduw het Activiteitenbesluit van kracht. Deze verwijst naar de ministeriële regeling, zodat per saldo niets is veranderd.

Stilstandvoorziening

Om overlast te voorkomen kan een stilstandvoorziening op de windturbine worden aangebracht zoals vermeld in het Activiteitenbesluit. Deze zorgt ervoor dat bij overlast ten gevolge van schaduw de windturbine wordt uitgeschakeld. De voorziening wordt per schaduwgevoelige woning vooraf afgeregeld, aangezien het gaat om specifieke momenten die van te voren bepaald kunnen worden afhankelijk van de zonnestand. Daarnaast wordt gemeten of er daadwerkelijk voldoende zon (en dus slagschaduw) is op die momenten.

Normstelling

In de ministeriële regeling (*Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer*) staat aangegeven dat een automatische stilstandsvoorziening vereist is wanneer slagschaduw optreedt voor zover de afstand tussen de turbine en de woning minder bedraagt dan 12 maal de rotordiameter en gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten slagschaduw kan optreden (5 uur en 40 minuten).

Berekening

De stand van de zon is een vast gegeven voor elke datum en elk tijdstip en voor elke breedtegraad. Voor elk object (bijvoorbeeld een windturbine) is het daarom mogelijk een berekening te doen om het tijdvak te bepalen wanneer er slagschaduw valt op een bepaald punt (bijvoorbeeld het raam van een huis). Om dit te kunnen doen is de volgende informatie nodig:

- ❖ De grootte van het object dat slagschaduw veroorzaakt; voor een windturbine is van belang de grootte van de wieken;
- ❖ De positie van de windturbine en het beschaduwde object (met name ten opzichte van elkaar);
- ❖ De ashoogte van de windturbine;
- ❖ De grootte, richting en oriëntatie (hellingshoek) van het beschaduwde object; met de richting wordt bedoeld hoe het raam (lichtdoorlatende deel van de gevel) gericht is ten opzichte van de windturbine(s), oriëntatie is in het algemeen verticaal, maar ook kan gedacht worden aan een dakraam in een schuin dak onder een bepaalde hoek.



De berekening gaat uit van de realistisch gemiddelde situatie. Hiertoe wordt een aantal aannames gedaan om de situatie te benaderen zoals die werkelijk zal optreden:

- ❖ Correctie voor de gemiddelde zonneshijnduur;
de zon schijnt (overdag) niet altijd vanwege de aanwezigheid van bewolking (en mist); op basis van klimatologische gegevens van het KNMI voor de gemiddelde zonneshijnduur wordt een maandelijks getal afgeleid voor de kans dat de zon daadwerkelijk schijnt. Op deze locatie is gebruik gemaakt van KNMI-gegevens van station De Kooy (afstand tot de parklocatie: ca. 15km).

- ❖ Correctie voor de windsnelheid;
bij lage windsnelheden (minder dan ca. 3 m/s) draait een windturbine (nog) niet, bij zeer hoge windsnelheden (boven 25 m/s) wordt een windturbine uit veiligheidsoverwegingen stilgezet. Op basis van de gemiddelde windsnelheidsverdeling (op ashoogte) wordt een correctiefactor afgeleid voor de kans dat de windturbine daadwerkelijk draait; dit hangt ook af van de technische specificaties van de windturbine. Als een windturbine niet draait is er immers ook geen sprake van slagschaduw;



- ❖ Correctie voor de windrichting;
Op basis van windmetingen op de gondel wordt de windturbine zo gedraaid dat de wieken altijd in de richting staan waar de wind vandaan komt. Afhankelijk van de gemiddelde windrichtingsverdeling wordt een correctiefactor afgeleid aangezien de grootte en positie van de schaduw verandert met de positie van de gondel.

Bovenstaande correcties zijn gebaseerd op gegevens over het klimaat. De correctie voor de gemiddelde zonneshijnduur wordt op de maandgemiddelde uitkomsten toegepast, de overige twee correcties op de jaargemiddelde uitkomsten. Dit zijn langjarige gemiddelden. In een individueel jaar is de schaduwhinder soms meer, en soms minder dan dit gemiddelde.

Eerst is op basis van bovenstaande gegevens een contour getekend waarbinnen de jaarlijkse slagschaduwduur de normgrens van 5 uur en 40 minuten overschrijdt. Vervolgens is voor alle woningen binnen deze contour berekend wat de jaarlijkse slagschaduwduur is.



2 Bandbreedte vergunningaanvraag

Voor deze slagschaduwberekening gebruiken we binnen het palet aan beoogde windturbines, de windturbine met de kleinste maat voor de ondergrens van de slagschaduw, en de grootste voor de bovengrens. De kleinste in het palet is de Senvion 114 – 3400 op een ashoogte van 119 meter, en de grootste windturbine is de Gamesa G132 op een ashoogte van 120 meter. In Tabel 1 staan details van deze turbines. Met deze windturbinetypen wordt een reëel inzicht gegeven in de optredende schaduwduur voor de onderzijde en bovenzijde van de bandbreedte. Het feit dat de onderzijde van de bandbreedte in de omgevingsvergunningaanvraag 117 m bedraagt en het gemodelleerde windturbinetype een ashoogte heeft van 119meter, is niet van belang. Een verschil in ashoogte van 2 m is verwaarloosbaar. Daarbij komt dat aansluiting bij het akoestisch onderzoek, voor wat betreft gemodelleerde windturbinetypen, wel van belang wordt geacht.

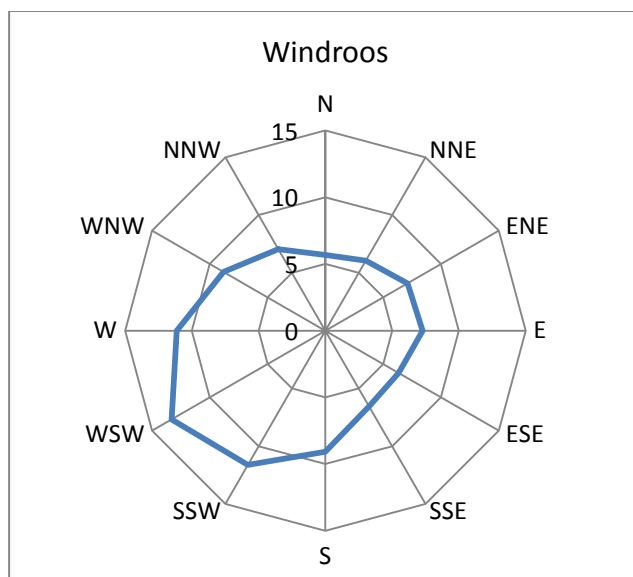
Tabel 1 – Afmetingen van gemodelleerde windturbines

Merk	Type	Aantal	Rotor [m]	Vermogen [MW]	Ashoogte [m]	Totaal vermogen [MW]
Gamesa	G132	6	132	5,0	120	30,0
Senvion	3.4M114	6	114	3,4	119	20,4

3 Berekening

Windaanbod

Om de hoeveelheid slagschaduw op een specifieke locatie te berekenen, is het van belang uit welke richting de wind waait, en hoe hard het waait. Immers als de windsnelheid te laag is, staat de windturbine stil. Om een inschatting te maken hoe vaak dit voorkomt, hebben we gebruik gemaakt van meteorologische data van het dichtstbijzijnde weerstation, het KNMI-station De Kooy in Den Helder. Onderstaande grafiek geeft de verdeling weer van de windrichting, gemeten over een periode van 30 jaar.



Figuur 1 - Gegevens windrichting. Bron: KNMI-station De Kooy.



Als de windsnelheid te laag is staat de windturbine stil. Deze grens ligt op ongeveer 3 m/s. Verder staan windturbines stil vanwege onderhoud en storingen. Samen zorgt dit ervoor dat windturbines 93% van de tijd in bedrijf zijn.

Zonaanbod

Het zonaanbod is in de berekening gebaseerd op het zonaanbod in Den Helder. Zie de bijlage met WindPRO-resultaten voor de precieze waarden.

Zomer- & wintertijd hebben geen effect op de duur van de schaduw, maar wel op het moment van de dag waarom schaduw plaatsvindt. Tijdswijzigingen vinden plaats iedere laatste zondag van maart en laatste zondag van oktober. Het effect hiervan is meegenomen in de berekening.

Rekenmethode

Met het softwarepakket WindPRO is voor de twee windturbines een contour getekend van de norm van 5:40 uur slagschaduw per jaar. Bij woningen die binnen deze contour liggen, wordt deze norm dus overschreden. Het is daarom verplicht om mitigerende maatregelen te nemen. Daartoe zijn windturbines uitgerust met een stilstandsvoorziening.

De stilstandsvoorziening wordt zodanig ingeregeld dat, als slagschaduw optreedt op een van de woningen binnen de berekende contour, de windturbine uitschakelt. Deze voorziening wordt dus per woning op de turbine aangebracht en vooraf ingeregeld. Het gaat immers om specifieke momenten die bepaald zijn door de positie van de aarde ten opzichte van de zon. Deze positie is heel nauwkeurig te berekenen.

Daarnaast wordt gemeten of er daadwerkelijk voldoende zon (en dus slagschaduw) is op die momenten.

Elk uur dat een turbine moet worden stilgezet leidt tot opbrengstverlies. In deze analyse is de hoeveelheid stilstand gedeeld door het totaal aantal draaiuren in een jaar. Hieruit volgt een verliesfactor uitgedrukt in een percentage.



4 Resultaten

Slagschaduwcontour

Onderstaande afbeelding toont de slagschaduwcontouren van 5 uur en 40 minuten slagschaduw per jaar, uitgaande van *langjarige meteorologische gegevens*. Dit wil dus zeggen dat er binnen de lijn jaarlijks meer dan 5:40 uur slagschaduw optreedt, en erbuiten minder. In de figuur is te zien dat de grotere turbine, de Gamesa G132, ook een grotere contour oplevert dan de kleinere Senvion.

Woningen binnen de contour

Er bevinden zich (volgens de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG)) 62 woningen binnen tenminste één van de slagschaduwcontouren. Hiervan behoren 5 woningen tot de inrichting en zijn niet meegeteld in tabel Tabel 2. Zie de bijlage voor een lijst van adressen.

Tabel 2 - Aantal woningen binnen de slagschaduwcontour.

	Gamesa	Senvion
Aantal woningen binnen de 5:40 h contour	60	55

Op de locatie van elke woning is uitgegaan van een verticale schaduw 'receptor' van 5 meter hoog en 5 meter breed, beginnend op 50 cm hoogte. De receptoren zijn in alle richtingen gevoelig voor slagschaduw, en er is geen rekening gehouden met obstakels als bebouwing en begroeiing. Eventueel hoogteverschil van het maaiveld is niet in de berekening opgenomen.

Slagschaduw per woning

In de bijlage is voor elke woning binnen de slagschaduwcontouren van de twee windturbines beschreven hoeveel slagschaduw te verwachten is per jaar.

Slagschaduw per windturbine

De tabel hieronder geeft weer hoe lang elke turbine jaarlijks uitgeschakeld moet worden om *alle* slagschaduw op woningen binnen de contour te voorkomen. (Woningen buiten de contour zijn niet meegenomen in de stilstandsberekening. Hiervoor geldt dus niet dat zij *helemaal* geen slagschaduw krijgen, echter wel minder dan 5:40 uur.)

Tabel 3 - Benodigde stilstand in uren per jaar.

Turbine (1=Noord, 6=Zuid)	Gamesa [uur/jaar]	Senvion [uur/jaar]
1	110:42:00	91:01:00
2	74:51:00	62:05:00
3	56:56:00	48:02:00
4	67:11:00	56:44:00
5	62:44:00	53:13:00
6	57:05:00	49:48:00
Totaal	429:29:00	360:53:00

Uitgaande van ca. 8150 draaiuren per windturbine per jaar is de maximale opbrengstderving als volgt:



Tabel 4 - Maximale derving als gevolg van slagschaduw.

	Gamesa	Senvion
Stilstand [uur]	429:29	360:53
Derving %	0,88	0,74

De energiederving kan omlaag door windturbines pas uit te schakelen nadat de norm van 5:40 uur bereikt is. De derving kan nog iets verder naar beneden door slagschaduw op bedrijfswoningen te accepteren. Dit zijn de Wieringerwaardweg 1 en 2 te Wieringerwaard.

Als deze twee aanpassingen worden doorberekend volgt dat de benodigde stilstand per jaar gelijk is aan:

Tabel 5 – Derving

	Gamesa	Senvion
Stilstand [uur]	292:50	161:43
Derving %	0,60	0,33



5 Conclusie slagschaduw

Voor beide windturbines hebben woningen in de omgeving van het windpark jaarlijks meer slagschaduw dan volgens de Activiteitenregeling is toegestaan. Om aan de wettelijke norm voor slagschaduw te voldoen zal een stilstandsvoorziening in de turbines moeten worden aangebracht. Deze voorziening schakelt de turbine uit wanneer deze normoverschrijdende slagschaduw veroorzaakt, afhankelijk van tijd, jaargetij, windrichting en lichtintensiteit.

Met meteorologische gegevens is berekend hoe vaak de turbines moeten worden stilgezet. Voor de grootste windturbine levert dit een verlies op van 0,56% van de energieopbrengst, en voor de kleinste windturbine is dit verlies 0,31%.

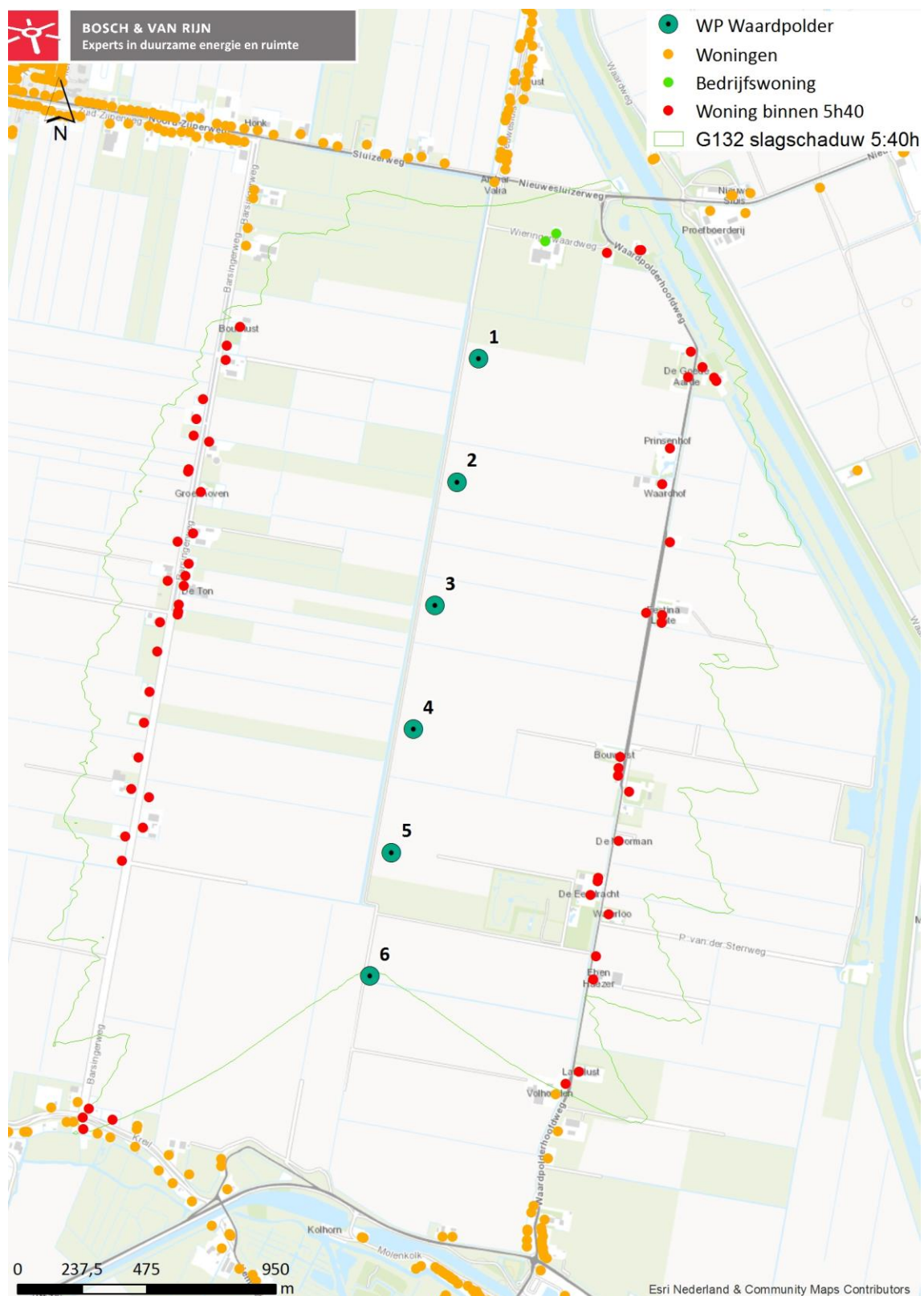
Bijlage - Resultaten slagschaduwonderzoek per woning

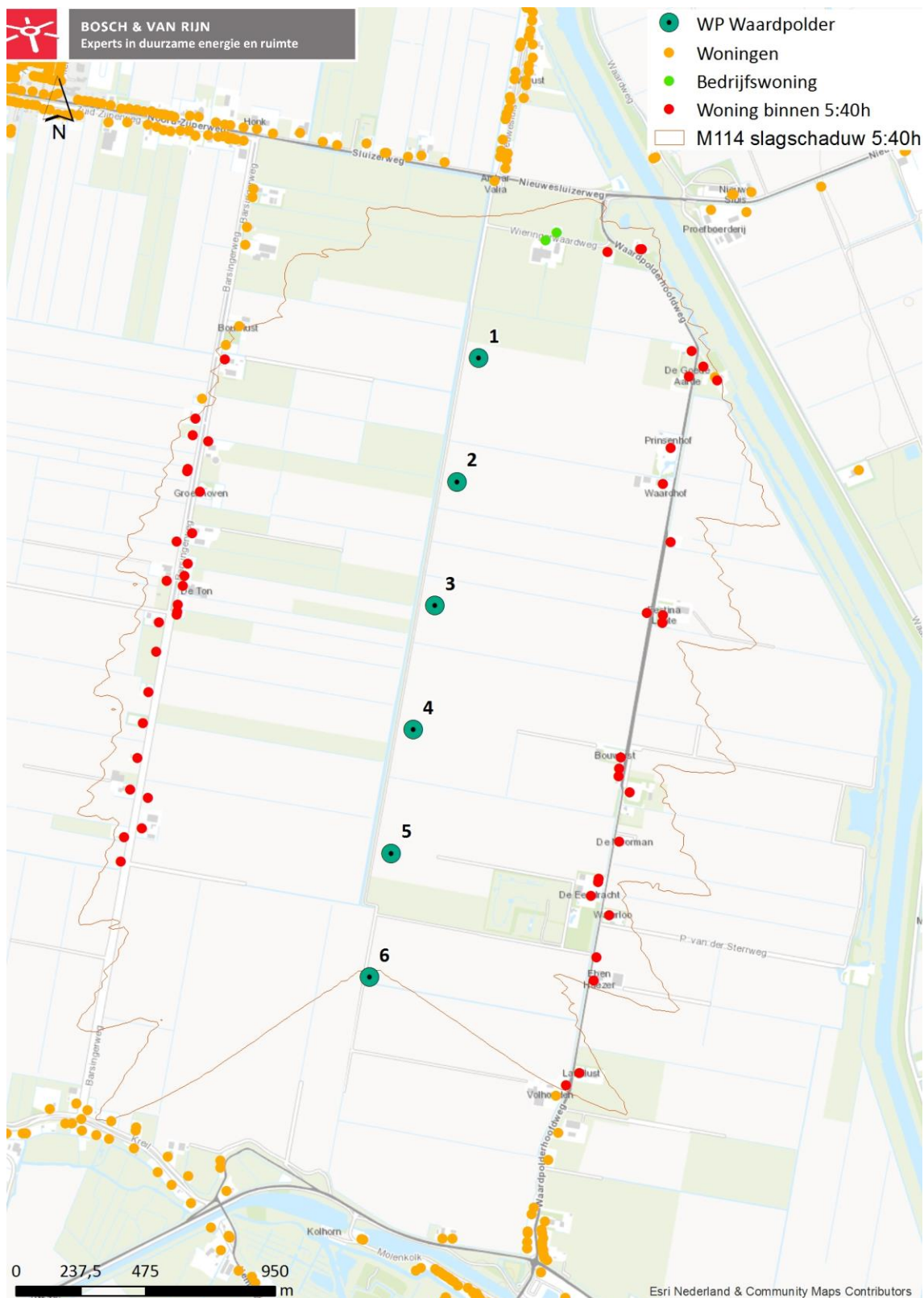
Hieronder staan de woningen die ten minste binnen een van de slagschaduwcontouren vallen. De coördinaten van de adresgegevens komen uit de Basisadministratie Adressen en Gebouwen (BAG), download van maart 2015.

Schaduwduur kan veroorzaakt worden door meerdere turbines tegelijk. In onderstaande tabel is de totale tijd weergegeven vanuit het oogpunt van de ontvanger van slagschaduw, de woning, niet de zender (de windturbine). Merk op dat voor enkele woningen (5 stuks) de slagschaduwduur voor de Senvion lager is dan de norm van 5:40 uur (blauw). Adressen van de bedrijfswoningen zijn groen gemarkeerd.

Woonplaats	Adres	Slagschaduwuren per jaar	
		Gamesa G132 [uu:mm]	Senvion 114 [uu:mm]
Barsingerhorn	Kreil 5	06:20	04:19
Barsingerhorn	Kreil 16	06:06	05:06
Wieringerwaard	Barsingerweg 5	07:29	05:45
Wieringerwaard	Barsingerweg 7	07:50	06:12
Wieringerwaard	Barsingerweg 8	08:16	06:30
Wieringerwaard	Barsingerweg 9 a	11:05	08:34
Wieringerwaard	Barsingerweg 10	14:54	11:00
Wieringerwaard	Barsingerweg 11	11:44	09:18
Wieringerwaard	Barsingerweg 12	11:06	08:26
Wieringerwaard	Barsingerweg 13	11:50	09:12
Wieringerwaard	Barsingerweg 14	12:23	09:36
Wieringerwaard	Barsingerweg 15	13:12	10:05
Wieringerwaard	Barsingerweg 16	14:00	10:31
Wieringerwaard	Barsingerweg 17	14:32	10:40
Wieringerwaard	Barsingerweg 19	10:27	08:01
Wieringerwaard	Barsingerweg 20	10:46	08:20
Wieringerwaard	Barsingerweg 21	06:21	04:20
Wieringerwaard	Barsingerweg 23	10:03	07:39
Wieringerwaard	Barsingerweg 24	09:03	07:01
Wieringerwaard	Barsingerweg 25	10:29	08:19
Wieringerwaard	Barsingerweg 26	12:42	09:43
Wieringerwaard	Barsingerweg 28	10:36	08:11
Wieringerwaard	Barsingerweg 29	10:08	07:44
Wieringerwaard	Barsingerweg 30	12:06	09:38
Wieringerwaard	Barsingerweg 31	11:11	08:26
Wieringerwaard	Barsingerweg 32	10:00	07:44
Wieringerwaard	Barsingerweg 33	11:13	08:44
Wieringerwaard	Barsingerweg 34	10:30	08:03
Wieringerwaard	Barsingerweg 35	10:28	08:05
Wieringerwaard	Barsingerweg 36	09:12	07:05
Wieringerwaard	Barsingerweg 37	08:15	06:16

Wieringerwaard	Barsingerweg 38	07:16	05:39
Wieringerwaard	Kreil 7	06:24	05:37
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 1 a	09:01	07:22
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 1	09:28	07:33
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 1	09:28	07:33
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 2	09:40	07:35
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 3	08:14	06:43
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 4	11:12	09:06
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 5	08:08	06:35
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 6	21:42	17:54
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 7	13:54	10:40
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 8	13:08	10:06
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 10	12:13	09:30
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 12	12:01	09:21
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 14	12:59	10:04
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 15 a	10:50	08:43
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 15	12:14	09:58
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 16	13:39	10:36
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 17	12:49	09:54
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 18	10:29	08:13
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 20	10:42	08:20
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 22	12:39	09:50
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 23	16:04	13:21
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 24	09:10	07:57
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 25	10:52	08:26
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 27	15:16	12:47
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 29	09:42	07:50
Wieringerwaard	Waardpolderhoofdweg 31	11:55	10:02
Wieringerwaard	Wieringerwaardweg 1	12:32	10:02
Wieringerwaard	Wieringerwaardweg 2	14:25	11:32
Wieringerwaard	Wieringerwaardweg 6	11:41	08:59







Bosch & Van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht

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

© Bosch & Van Rijn 2015

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.