



Externe veiligheidsanalyse

t.b.v. vormvrije m.e.r.-beoordeling en inpassingsplan

Windpark Bijvanck

datum: 11 juli 2016

auteurs: Drs. Ing. Jeroen Dooper, Hans Kerkvliet MSc., Teun Lamers MSc., Steven Velthuisen MSc.

1 Beleid en regelgeving

Vanwege de externe werking van windpark Bijvanck zijn de volgende onderwerpen van belang:

- Risicovolle inrichtingen (BEVI-inrichtingen).
- Hogedruk gasleidingen.
- Bebouwing.
- Openbare wegen.

Hieronder wordt het beleid en de regelgeving beschreven betreffende bovenstaande onderwerpen.

1.1 Risicovolle inrichtingen (BEVI-inrichtingen).

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een hoger risico van de inrichting zullen de voor de inrichting geldende afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten ook na plaatsing van de windturbines van kracht blijven. Om dit te toetsen kan in eerste instantie naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting gekeken worden. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde niet overschrijdt dan is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens het Handboek Risicozonering Windturbines¹ 10% gehanteerd. Indien de toename deze richtwaarde overschrijdt, is plaatsing niet direct uitgesloten, maar wordt door een uitgebreidere analyse bepaald of er na plaatsing nog steeds voldaan wordt aan de normen uit het BEVI:

- *De grenswaarde, bedoeld in artikel 4, eerste lid, voor kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar.*
- *De richtwaarde, bedoeld in artikel 4, tweede lid, voor beperkt kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar.*

1.2 Hogedruk gasleiding

Voor gasleidingen hanteert de Gasunie een adviesafstand waarbuiten geen substantiële negatieve invloed van een windturbine te verwachten is. Deze afstand is gelijk aan de maximale werpafstand bij nominaal toerental (Handboek Risicozonering Windturbines, 2013). Voor bovengrondse installaties hanteert de Gasunie een adviesafstand gelijk aan de maximale werpafstand bij overtoeren. Dit is echter geen harde belemmering. In overleg met Gasunie en afhankelijk van een locatie specifieke risicoanalyse zijn kleinere afstanden vergunbaar. In dat geval wordt getoetst aan artikel 6 van het Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen:

- *Het plaatsgebonden risico voor een kwetsbaar object, veroorzaakt door een buisleiding, mag niet hoger zijn dan 10^{-6} per jaar.*
- *De exploitant voert de aanleg of vervanging van een buisleiding zodanig uit dat het plaatsgebonden risico van de buisleiding op een afstand van vijf meter gemeten vanuit het hart van de buisleiding niet hoger is dan 10^{-6} per jaar.*

¹ Handboek Risicozonering Windturbines, 2013.



- *Bij regeling van Onze Minister kan voor een bepaalde categorie van buisleidingen een andere afstand tot de buisleiding worden vastgesteld waarbuiten het plaatsgebonden risico de norm van 10^{-6} niet mag overschrijden, of tijdelijk een hoger risico worden geaccepteerd.*

1.3 Bebouwing

De normen omtrent windturbines en bebouwing staan gegeven in het Activiteitenbesluit milieubeheer. De norm is als volgt:

1. Het plaatsgebonden risico voor een **buiten de inrichting gelegen kwetsbaar object**, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan **10^{-6} per jaar**.
2. Het plaatsgebonden risico voor een **buiten de inrichting gelegen beperkt kwetsbaar object**, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan **10^{-5} per jaar**.

Zie bijlage 1 voor kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten.

1.4 Openbare wegen

Voor Rijkswegen zijn generieke afstanden berekend waarbuiten geen ontoelaatbare risico's voor passanten plaatsvinden. Het document "*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken*" bevat de minimale afstanden tot Rijkswegen:

"Langs rijkswegen wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van ten minste 30m uit de rand van de verharding of bij een rotordiameter groter dan 60m, ten minste de halve diameter".

Mocht niet voldaan kunnen worden aan bovenstaande minimale afstand (wieklengete) dan dient getoetst te worden aan de richtlijnen uit een andere beleidsregel "*Windturbines langs auto-, spoor-, en vaarwegen – Beoordeling van veiligheidsrisico's*"²:

"Individuele passantenrisico (IPR)

Voor het risico voor de passant is een risicomaat gekozen die aansluit bij de individuele beleving van de passant, namelijk de overlijdenskans per passant per jaar. Hierbij wordt de passant gevolgd gedurende zijn bezigheden in de nabijheid van het windturbinepark.

De initiatiefnemer die een of meerdere windturbines wil plaatsen dient aan te tonen dat het maximale toelaatbare Individueel Passanten Risico IPR niet wordt overschreden op de infrastructuur in de nabijheid van de turbine. De grens is vastgesteld van honderdzig kilometer per uur. Een generiek IPR van 10^{-6} wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van 10^{-7} op infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzig kilometer per uur bestaan.

Maatschappelijk risico

Er zijn verschillende maten te kiezen voor het maatschappelijk risico. In het externe veiligheidsbeleid voor stationaire installaties of vervoersactiviteiten wordt uitgegaan van groepsrisicocurven of FN-curven. Groepsrisicocurves hebben alleen betekenis voor

² Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen. Beoordeling van de veiligheidsrisico's. VRWP-R-99004. Werkgroep windenergie van NS Railinfrabeheer (nu ProRail) en de Bouwdienst Rijkswaterstaat. 1999.



'kleine-kans-groot-gevolg'-ongevallen met slachtofferaantallen groter dan 10 per ongeval. Uit studies ref. [2, 4, 5, 6] blijkt dat bij windturbineparken in de nabijheid van rijkswegen altijd ruimschoots aan de groepsrisiconorm wordt voldaan."

Vanwege het type risico van een windturbine (*fysieke impact van onderdeel; geen explosie of gaswolk*) is groepsrisico niet aan de orde. Daarom wordt alleen getoetst aan het IPR en MR. Plaatsing van windturbines kan mogelijk wel een verhoging hebben op de groepsrisico van risicovolle installaties en buisleidingen. In het rapport zal hier nader op worden ingegaan.



2 Risico's van een windturbine

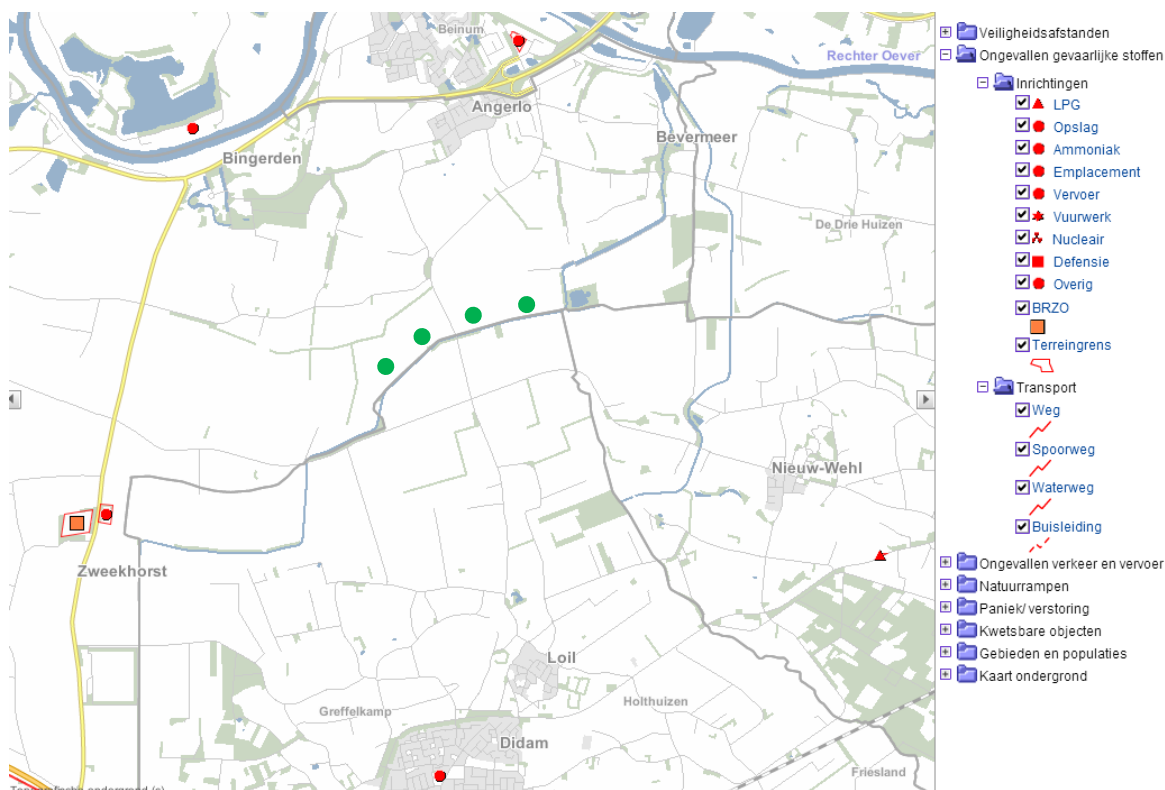
De risico's van een windturbine worden gevormd door 3 typen falen:

1. het afbreken van (een gedeelte van) een windturbineblad,
2. het omvallen van een windturbine door mastbreuk,
3. en het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor.

Het afbreken van een windturbineblad vormt een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Het omvallen van een windturbine vormt een risico binnen een straal van de maximale valafstand van de windturbine (tiphoogte). Het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor vormt een risico binnen een afstand van de wieklengthe.

2.1 Risicovolle inrichtingen (BEVI-inrichtingen).

Onderstaande kaart (risicokaart.nl) geeft de risicovolle inrichtingen (rode stippen) in de nabijheid van de geplande windturbines (groene stippen).



Figuur 1: Risicovolle objecten nabij het plangebied.

De dichtstbijzijnde risicovolle installaties liggen op een afstand van >2.000 meter tot de geplande windturbines. Dit is ver buiten de invloedssfeer van de windturbines. Hierdoor heeft plaatsing van de windturbines geen invloed op de faalkans van de risicovolle installaties en treedt er dus ook geen verhoging op van het groepsrisico van de risicovolle installaties door plaatsing van de windturbines.



2.2 Hogedruk gasleiding

Gasdrukmeet- en regelstation

Er bevinden zich geen bovengrondse gasdrukmeet- en regelstations van de Gasunie binnen de maximale werpafstand bij overtoeren van de geplande windturbines. Hiermee wordt voldaan aan de adviesafstand van de Gasunie.

Gasleiding

Onderstaande kaart geeft de geplande windturbines en nabij gelegen gasleidingen.



Figuur 2: Windturbinelocaties en gasleidingen.

Onderstaande tabel geeft de kleinste afstand van elke windturbine tot de dichtstbijgelegen gasleiding.

Tabel 1 - Minimale afstand van elke windturbine tot de dichtstbijgelegen gasleiding.

Windturbine	Minimale afstand tot gasleiding (m)
1	204
2	165
3	203
4	309

Deze afstanden kunnen nog iets wijzigen, daar er een schuifruimte van enkele meters in het inpasingsplan wordt opgenomen.

Op basis van generieke faalfrequenties (bijlage A, HRW 2013) en het kogelbaanmodel (bijlage C, HRW 2013) is de maximale werpafstand bij nominaal toerental berekend. De bijlagen bij deze notitie bevatten de gehanteerde formules (bijlage 2) en de gehanteerde parameters (bijlage 3).



In het inpassingsplan, en de vormvrije m.e.r.-beoordeling waar voorliggend onderzoek een bijlage bij is wordt gerekend met een windturbine met maximale maten, te weten een masthoogte van 124 meter en een rotordiameter van 122 meter.

Onderstaande tabel geeft de maximale werpafstand bij nominaal toerental voor bovengenoemde maten, afhankelijk van de rotatiesnelheid van de wieken.

Tabel 2 - Maximale werpafstand bij nominaal toerental voor een windturbine met de genoemde maximale maten, afhankelijk van de rotatiesnelheid bij nominaal vermogen. Berekend conform Handboek Risicozonering Windturbines, 2013

Rotatiesnelheid (rpm)	Maximale werpafstand bij nominaal toerental (m)
11	145
12	161
12,15	164
12,5	170
13	178
13,5	187

Uit bovenstaande tabel blijkt dat met zekerheid is te stellen dat windturbine nr. 2 met de genoemde maximale maten voldoet aan het adviesafstandsminimum van de Gasunie wanneer de rotatiesnelheid niet hoger is dan 12,15 rpm. Dit sluit een windturbine met een hogere rotatiesnelheid niet uit, maar in dat geval is maatwerk en/of overleg met de Gasunie nodig.

Bij gelijke rotatiesnelheid en kleinere ashoogte en/of rotordiameter dan 124m resp. 122m zal de maximale werpafstand bij nominaal toerental altijd kleiner zijn dan de waarden zoals gegeven in Tabel 2.

Onderstaande tabel geeft, ter indicatie, een overzicht van maximale werpafstanden van een aantal op dit moment commercieel beschikbare windturbines. Zie Bijlage 3 voor meer details.

Tabel 3 - Maximale werpafstand bij nominaal toerental van een aantal windturbintypen van verschillende afmetingen.

Fabrikant	Type	Vermogen (MW)	Rotordiameter (m)	Ashoogte (m)	Tiphoogte (m)	Max. werpafstand bij nom. toerental (m)
Alstom	ECO122	2,7	122	89	150	147
Alstom	ECO122	2,7	122	119	180	163
Alstom	ECO122	2,7	122	139	200	173
Vestas	V110	2	110	95	150	169
Vestas	V112	3,3	112	119	175	160
Vestas	V112	3,0	112	119	175	160
Vestas	V117	3,3	117	116,5	175	168
Enercon	E92	2,35	92	98	144	148
Enercon	E92	2,35	92	108	154	153
Enercon	E101	3,05	101	99	149,5	148
Enercon	E115	2,5	115	92,5	150	146
Enercon	E115	3,0	115	92,5	150	146
Nordex	N117	2,4	117	91	149,5	133
Nordex	N117	2,4	117	120	178,5	148
Nordex	N117	3,0	117	120	178,5	160
Senvion	3.0M122	3,0	122	136	197	155



Indien de buisleiding op een afstand ligt van minstens de werpafstand bij nominaal toerental dan is er geen significant additioneel risico van de windturbine te verwachten. Hierdoor is het ook te verwachten dat er geen significante toename is van het groepsrisico van de buisleidingen wanneer de windturbines worden gerealiseerd.

2.3 *Bebouwing*

Op de 10^{-6} contour heeft een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, een kans op overlijden van één keer in de miljoen jaar als rechtstreeks gevolg van een falende windturbine (bladbreek, mastbreek, neerkomen van delen). Op de 10^{-5} contour is deze kans één keer in de honderdduizend jaar. De generieke risicocontouren bevinden zich op de volgende afstanden (Handboek Risicozonering Windturbines, 2013):

- De PR = 10^{-6} contour is gelijk aan het maximum van
 - ashoogte plus halve rotordiameter en
 - maximale werpafstand bij nominaal toerental (zie Tabel 2).
- De PR = 10^{-5} contour is gelijk aan de halve rotordiameter: 61 meter.

Voor een windturbine met de gekozen maximale maten komt dit neer op de volgende maximale afstanden:

- De PR = 10^{-6} contour = $(124 + 122/2) = 185$ meter
- De PR = 10^{-5} contour = 61 meter

Binnen deze afstanden tot de windturbines bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten.

2.4 *Openbare wegen*

De windturbines zijn zo gesitueerd dat deze niet over de openbare wegen draaien. Hiermee wordt voldaan aan alle veiligheidseisen die voor wegen gelden. Verder kwantitatief onderzoek is dan ook niet vereist.

3 Conclusies veiligheidsonderzoek

Risicovolle inrichtingen (BEVI-inrichtingen).

De realisatie van de windturbines heeft geen risicoverhoging tot gevolg op bestaande installaties. Er bevinden zich immers geen risicovolle inrichtingen binnen de maximale werpafstanden van de windturbines. Dit houdt tevens in dat de realisatie van windturbines geen invloed heeft op het groepsrisico van de risicovolle installaties.

Gasunie

De gasleiding bevindt zich op een afstand van rond de maximale werpafstand bij nominaal toerental tot de geplande windturbine. Deze werpafstand is de adviesafstand van de Gasunie. Dit betekent dat nader onderzoek en/of overleg met de Gasunie noodzakelijk is op het moment dat een keuze is gemaakt voor een windturbintype.

Zolang wordt voldaan aan de adviesafstand van de Gasunie zullen de windturbines niet substantieel bijdragen aan een hoger risico van de buisleiding, waardoor de voor de buisleiding geldende afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten na plaatsing van de windturbines onveranderd blijven. Ook houdt het in dat, wanneer er wordt voldaan aan de adviesafstand van de Gasunie, er geen sprake is van een (significante) verhoging van het groepsrisico van de buisleiding.

Bebouwing

Binnen de risicocontouren van de geplande windturbines bevinden zich geen gebouwen. Hiermee wordt voldaan aan de veiligheidseisen uit het Activiteitenbesluit milieubeheer.

Openbare wegen.

De windturbines staan op voldoende afstand tot openbare wegen om geen onacceptabele risico's te veroorzaken.

Conclusies t.a.v. vormvrije m.e.r.-beoordeling

Ten aanzien van risicovolle inrichtingen, bebouwing en openbare wegen is met zekerheid geen sprake van belangrijke nadelige gevolgen voor de omgeving als gevolg van (kans op) falen van de windturbines, ook niet in cumulatie met effecten en andere projecten of plannen.

Ten aanzien van de gasleidingen van de Gasunie is deze zekerheid dermate afhankelijk van het uiteindelijk te realiseren windturbintype dat hierover in dit stadium geen uitspraak gedaan kan worden. Deze onzekerheid wordt echter niet weggenomen of verkleind door het uitvoeren van een m.e.r.-beoordeling of m.e.r.

Conclusies t.a.v. inpassingsplan

Er moet voor worden zorggedragen dat het inpassingsplan niet zonder meer windturbines mogelijk maakt die niet voldoen aan de minimale adviesafstand van de Gasunie.

Dit kan worden voorkomen door een voorwaarde op te nemen in het inpassingsplan dat windturbines alleen mogelijk zijn wanneer

- ❖ de werpafstand bij nominaal toerental kleiner is dan de afstand tot nabijgelegen gasleidingen, of
- ❖ de Gasunie na overleg akkoord is gegaan met het plaatsen van de betreffende windturbines.

Bijlage 1: (Beperkt) kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten

- a) woningen, woonschepen en woonwagens, niet zijnde woningen, woonschepen of woonwagens als bedoeld in onderdeel b, onder a;
- b) gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:
 - 1. ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
 - 2. scholen, of
 - 3. gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen;
- c) gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, waartoe in ieder geval behoren:
 - 1. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m² per object, of
 - 2. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m² bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m² per winkel, voorzover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd, en
- d) kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen;

Beperkt kwetsbare objecten

- a) 1°.verspreid liggende woningen, woonschepen en woonwagens van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen, woonschepen of woonwagens per hectare, en
2°.dienst- en bedrijfswoningen van derden;
- b) kantoorgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- c) hotels en restaurants, voorzover zij niet kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- d) winkels, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- e) sporthallen, sportterreinen, zwembaden en speeltuinen;
- f) kampeerterrainen en andere terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder d, vallen;
- g) bedrijfsgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- h) objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voorzover die objecten geen kwetsbare objecten zijn, en;
- i) objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale of een gebouw met vluchtleiding apparatuur, voorzover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval;

2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten

2.1.1 Bewegingsvergelijking

Dit model is in principe het klassieke kogelbaanmodel, waarbij de luchtkrachten op het blad worden verwaarloosd. De relevante parameters voor dit ballistisch model zijn:

H : hoogte rotoras [m]

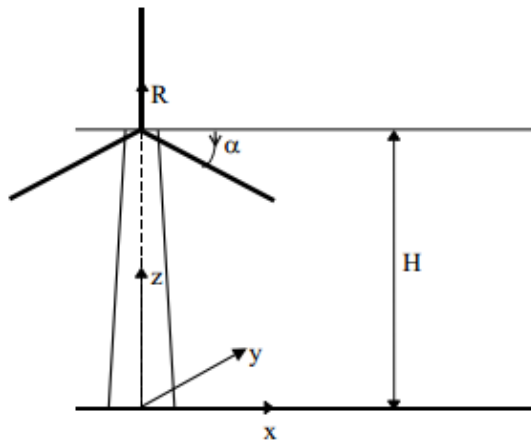
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

R_z : afstand tot het rotor centrum van het zwaartepunt van wegvliegende deel [m]

α : azimuthhoek [rad]

g : valversnelling ($= 9,81 \text{ m/s}^2$).

Het gehanteerde assenstelsel en de draairichting wordt aangegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Overzicht parameters in ballistisch model

De bewegingsvergelijking voor het zwaartepunt is nu

$$\ddot{x}(t) = 0, \quad \ddot{y}(t) = 0, \quad \ddot{z}(t) = -g \quad (2.1.1)$$

Met de beginvoorwaarden

$$\begin{aligned} x(0) &= R_z \cos \alpha, & y(0) &= 0, & z(0) &= H - R_z \sin \alpha, \\ \dot{x}(0) &= -\Omega R_z \sin \alpha, & \dot{y}(0) &= 0, & \dot{z}(0) &= -\Omega R_z \cos \alpha, \end{aligned} \quad (2.1.2)$$

is de positie van een wegvliegende deel op tijdstip t is gegeven door:

$$\begin{aligned} x(t) &= R_z \cos \alpha - \Omega R_z t \sin \alpha \\ y(t) &= 0 \\ z(t) &= H - R_z \sin \alpha - \Omega R_z t \cos \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad (2.1.3)$$

Het tijdstip waarop het zwaartepunt de grond raakt volgt uit $z(t_i) = 0$ en wordt gegeven door

$$t_i = -\frac{\Omega R_z \cos \alpha}{g} + \sqrt{\frac{2}{g} \left(H - R_z \sin \alpha + \frac{\Omega^2 R_z^2 \cos^2 \alpha}{2g} \right)} \quad (2.1.4)$$

Substitutie van (2.1.4) in (2.1.3) geeft voor een bepaald toerental de afgelegde afstand, r , als functie van de azimuthhoek ten tijde van bladbreuk, ofwel

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = x = h(\alpha; \Omega) \quad (2.1.5)$$

2.1.2 Verdelingsfuncties

De kansverdelingsfunctie f_{ZWPT} geeft de kans per m^2 dat het zwaartepunt op een bepaalde plek terecht komt gegeven bladbreuk. Bij het onderhavige model worden de luchtkrachten niet meegenomen, zodat alleen het toerental en de azimuthhoek als stochastische grootheden overblijven. Tevens geldt dat f_{ZWPT} alleen afhankelijk is van de afstand tot de windturbine. De kans dat het zwaartepunt van het blad in een cirkelschijf met breedte dr op een afstand r van de turbine terecht komt, is gegeven door

$$\begin{aligned} f_R(r; \Omega) dr &= P\{r < R < r + dr\} \\ &= P\{h^{-1}(r; \Omega) < \alpha < h^{-1}(r + dr; \Omega)\} \\ &= F_A(h^{-1}(r + dr; \Omega)) - F_A(h^{-1}(r; \Omega)) \end{aligned} \quad (2.1.6)$$

waarbij F_A de cumulatieve verdelingsfunctie is van de azimuthhoek waarbij bladbreuk optreedt. Met de aanname dat de azimuthhoek waarbij het blad afbreekt uniform is verdeeld, ofwel

$$f_A(\alpha) = \frac{d}{d\alpha} F_A(\alpha) = \frac{1}{2\pi}, \quad 0 \leq \alpha < 2\pi \quad (2.1.7)$$

geldt nu

$$f_R(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dr} h^{-1}(r; \Omega) \quad (2.1.8)$$

Opm: Om de gevolgde aanpak te demonstreren is bij bovenstaande afleiding verondersteld dat de functie $h(\alpha; \Omega)$ inverteerbaar is. In het geval van bladbreuk zal dit niet zo zijn, want in het algemeen zal het zwaartepunt vanuit twee verschillende azimuthhoeken op een bepaalde plek terecht kunnen komen, via de hoge baan of via de lage baan. Bij de numerieke uitwerking zal hiermee rekening moeten worden gehouden.

De kansverdelingsfunctie van de positie waar het zwaartepunt van het blad zal inslaan is nu

$$f_{ZWPT}(x, y; \Omega) = f_{ZWPT}(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi r} f_R(r; \Omega) \quad (2.1.9)$$

Bijlage 3: Windturbineparameters

Technische gegevens van diverse windturbintypes, grondslag voor berekening van de waarden in Tabel 3.

Parameter	Alstom ECO122	Alstom ECO122	Alstom ECO122	Vestas V110	Vestas V112	Vestas V112	Vestas V117	Enercon E92
Vermogen [MW]	2,7 ^a	2,7 ^a	2,7 ^a	2,0 ^b	3,3 ^c	3,0 ^d	3,3 ^e	2,35 ^g
Ashoogte [m]	89 ^a	119 ^a	139 ^a	95 ^b	119 ^c	119 ^d	116,5 ^e	98 ^g
Rotatiesnelheid (nominaal) [rpm]	12,25 ^a	12,25 ^a	12,25 ^a	14,9 ^l	13,2 ^l	13,2 ^l	13,2 ^l	16 ^g
Mastdiameter (max) [m]	4,5 ^a	4,5 ^a	4,5 ^a	5 [#]	7,5 [#]	5 [#]	7,5 [#]	5 [#]
Lengte gondel [m]	14,6 ^a	14,6 ^a	14,6 ^a	10,4 ^b	12,8 ^c	12,8 ^d	12,8 ^e	15 [#]
Hoogte gondel [m]	4,6 ^a	4,6 ^a	4,6 ^a	5,4 ^b	6,8 ^c	6,8 ^d	6,8 ^e	5 [#]
Solidity [-]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]
Lengte rotorblad [m]	59,3 ^a	59,3 ^a	59,3 ^a	54 ^b	54,65 ^c	54,65 ^d	57,15 ^e	43,8 ^g
Oppervlakte rotorblad	143,0 ^a	143,0 ^a	143,0 ^a	158,02 [*]	163,26 [*]	163,26 [*]	176,7 [*]	114,35 [*]
Zwaartepunt rotorblad [m]	22,0 [*]	22,0 [*]	22,0 [*]	19,80 [*]	20,16 [*]	20,16 [*]	21,06 [*]	16,56 [*]
Parameter	Enercon E92	Enercon E101	Enercon E115	Enercon E115	Nordex N117	Nordex N117	Nordex N117	Senvion 3.0M122
Vermogen [MW]	2,35 ^g	3,05 ^h	2,5 ⁱ	3,0 ^l	2,4 ^m	2,4 ^m	3,0 ^m	3,0 ^o
Ashoogte [m]	108 ^g	99 ^h	92,5 ⁱ	92,5 ^l	91 ^m	120 ^m	120 ^m	136 ^o
Rotatiesnelheid (nominaal) [rpm]	16 ^g	14,5 ^h	12,8 ⁱ	12,8 ^l	11,8 ^m	11,8 ^m	12,6 ^m	11,25 ^{n,p}
Mastdiameter (max) [m]	5 [#]	6,9 ^h	5 [#]	5 [#]	5 [#]	5 [#]	5 [#]	5 [#]
Lengte gondel [m]	15 [#]	14,7 ^h	15 [#]	15 [#]	15 [#]	15 [#]	15 [#]	15 [#]
Hoogte gondel [m]	5 [#]	6,1 ^h	5 [#]	5 [#]	5 [#]	5 [#]	5 [#]	5 [#]
Solidity [-]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]	0,05 [*]
Lengte rotorblad [m]	43,8 ^g	48,5 ^h	55,98 [*]	55,98 [*]	57,3 ^m	57,3 ^m	57,3 ^m	59,8 ^o
Oppervlakte rotorblad	114,35 [*]	135,4 [*]	171,26 [*]	171,26 [*]	160,1 [*]	160,1 [*]	160,1 [*]	190,6 [*]
Zwaartepunt rotorblad [m]	16,56 [*]	18,2 [*]	20,70 [*]	20,70 [*]	21,0 [*]	21,0 [*]	21,0 [*]	22,0 [*]

^a Alstom DST-0484_R08 ECO 122 General Description.

^b Vestas 2 MW Platform brochure: facts and figure.

^c Vestast 0034-7282 V07 General specification V112-3.3 MW 50/60 Hz.

^d Vestas V112 3.0 MW onshore 02/2011-EN 0025-7553 V01 06/03/2012

^e Vestas 0035-1209 V05 General Specification V117-3.3 MW 50/60 Hz.

^f Vestas0034-7616 V08 General Specification V126-3.3 MW 50 Hz.

^g Enercon E-92 Product Specifications.

^h Enercon E-101 Product Specifications.

ⁱ Enercon Technical data E-115 / 2,500 kW op www.enercon.de/en-en/2004.htm.

^j Enercon Technical data E-115 / 3,000 kW op www.enercon.de/en-en/2290.htm.

^k Vestas V112 3.0 MW onshore.

^l Vestas email correspondentie met dhr. M Heitkamp op 31 januari 2014.

^m Nordex K0801_041798_EN_R01_Sales_document_Tech_description_K08d_N117

ⁿ Senvion3.XM wind turbine technical data 3.0M122 op <http://www.senvion.com/wind-energy-solutions/wind-turbines/3xm/>

^o Repower systems 3.0M122 brochure technical data

^p Betreft het maximale rotor toerental van de door de fabrikant opgegeven range.

^{*} Gebaseerd op de berekeningsmethodiek uit HRW 2013 Bijlage B2.

[#] Gebaseerd op generieke gegevens uit HRW 2013.

Berekening werpafstand als functie van rotatiesnelheid

Bij het berekenen van de waarden in Tabel 2 is gebruik gemaakt van de technische gegevens van de Alstom ECO 122, behalve de masthoogte, waarvoor 124 meter is aangehouden.



Bosch & Van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht

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

© Bosch & Van Rijn 2016

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.