

Eneco: Windpark C.RO Vlissingen-Oost

datum 15 augustus 2019
vestiging Arnhem
uw kenmerk -
ons kenmerk M.2019.0667.22.N001
2e lezer/secr. RBO|BR

project Windpark C.RO Vlissingen-Oost
betreft Risicoanalyse windturbines
versie 002
auteur drs. E. (Elias) den Breejen
contactpersoon ir. R.J. (Robert) Bos
e-mail/telefoon rbo@dgm.nl/088 346 78 12

Risicoanalyse Windpark C.RO Vlissingen-Oost

1. Inleiding

Eneco heeft zich voorgenomen om vijf windturbines te plaatsen op het terrein van C.RO Vlissingen. Omdat C.RO op dit terrein geklasseerde stoffen doorzet en onder het Bevi valt, kunnen deze windturbines tot een verhoogd risico leiden. Een tankcontainer met geklasseerde stoffen zal falen als een blad, de mast of de gondel van de turbine hierop valt, waardoor de inhoud van de container vrijkomt.

De windturbines maken geen onderdeel uit van C.RO. Het Handboek Risicozonering Windturbines (HRW 2014) stelt dat als een windturbine geen onderdeel is van de inrichting, maar wel het externe risico van het Bevi-bedrijf verhoogt om:

- De windturbines aan het Activiteitenbesluit te toetsen.
- De risicoverhoging van de Bevi-inrichting ten gevolge van de windturbines conform het Bevi te toetsen.

Bosch en Van Rijn¹ heeft de externe risico's van de windturbines aan het Activiteitenbesluit getoetst en geconcludeerd dat aan de gestelde afstanden wordt voldaan.

DGMR onderzoekt wat de omvang is van de verhoging van het externe risico van C.RO als gevolg van de plaatsing van de windturbines. De te beantwoorden vraag is dan ook:

Wat is de risicoverhoging van de externe risico's van C.RO Vlissingen wanneer vijf windturbines op het terrein worden geplaatst?

In hoofdstuk 2 leggen we de uitgangspunten vast die we gebruiken om de verhoging van het externe risico te bepalen. Vervolgens gaan we in hoofdstuk 3 in op de risicoberekening en presenteren we in hoofdstuk 4 de resultaten. Tot slot geven we een samenvattende conclusie van onze bevindingen.

¹ Windturbines C.RO Vlissingen-Oost, Bosch en van Rijn, d.d. 20 juni 2019. In eerste instantie zou het om zes windturbines gaan, waarvan de meest zuidoostelijk gelegen turbine is komen te vervallen.

2. Uitgangspunten

2.1 Uitgangspunten turbine

We hebben de uitgangspunten voor de windturbines overgenomen uit het rapport van Bosch en van Rijn. Tabel 1 geeft deze uitgangspunten weer. Dit komt overeen met de maximaal toegestane omvang van windturbines conform het vigerende bestemmingsplan.

Tabel 1: uitgangspunten voorbeeld windturbine

Parameter	Waarde
Ashoogte	82 m
Rotordiameter	136 m
Lengte turbineblad	66,7 m
Afstand zwaartepunt	24,48 m
Bladoppervlak	232 m ²
Nominaal toerental	11,7 RPM
Mastdiameter	7,5 m
Lengte gondel	12,8 m
Hoogte gondel	6,8 m

Daarnaast heeft Eneco aangegeven om uit te gaan van een windturbine uit IEC-klasse 3.

De gestelde windturbine heeft een grote rotordiameter ten opzichte van de mast en dient als worst-case benadering voor een windturbine met een tiphoogte van 150 meter. We hebben deze uitgangspunten in tabel 2 vergeleken met generieke karakteristieken van windturbines met een tiphoogte van 150 m, variërend van een mast van 82 m en bladen van 68 m tot een mast van 105 m en bladen van 45 m. De voorbeeldturbine blijkt daarbij een lichte overschatting te geven voor het bladbreukscenario nabij de turbine, maar een lager risico buiten de nominale werpafstand. Daarom hebben we tussen 155 en 222 meter de faalkansen berekend voor typen A en B uit onderstaande tabel en de hoogste faalkans gebruikt. Dit is daarmee een conservatieve benadering.

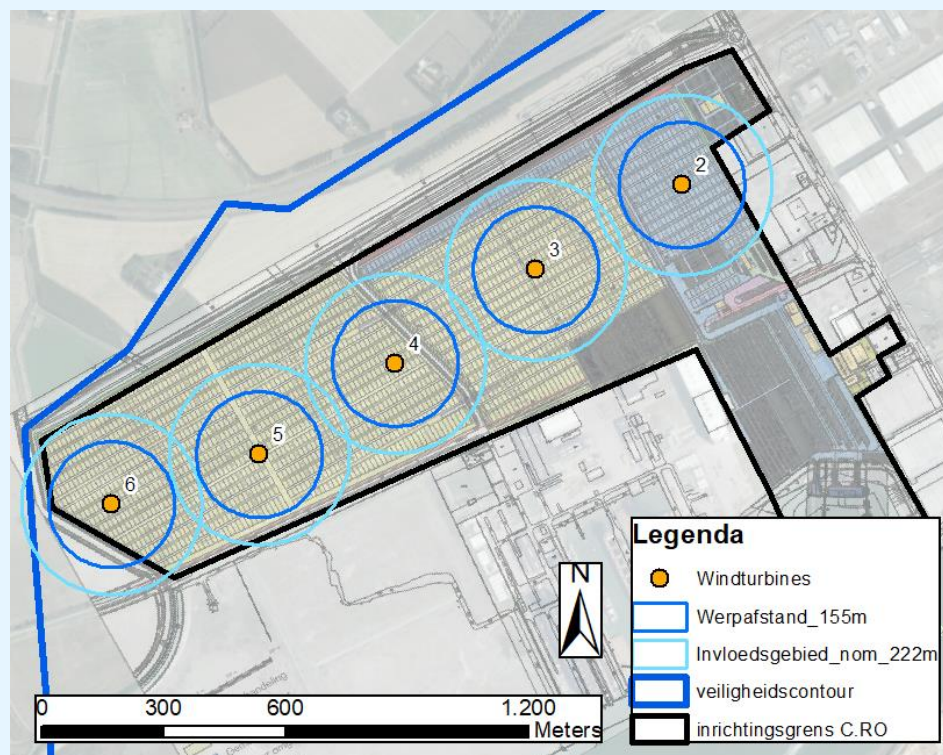
Tabel 2: vergelijking windturbines met verschillende karakteristieken

Referentie	Variant	Masthoogte [m]	Rotor-diameter [m]	Rotatie [RPM]	Werpafstand nominaal [m]	Invloed-gebied nominaal [m]	Werpafstand overtoeren [m]
Opgave	A	82	136	11,7	155	200	443
Formule uit handboek	B	82	136	12,9	177	222	523
risico-zonering windturbines	C	85	130	13,3	175	218	512
	D	90	120	14,1	173	213	497
	E	95	110	15,1	171	208	486
	F	100	100	16,2	168	201	470
	G	105	90	17,6	166	196	457

2.2 Beschouwde situatie

Het bestemmingsplan maakt de plaatsing van zes turbines op het terrein van C.RO mogelijk. De locatie voor turbine 1 is bij een eerste beschouwing al ongunstig gebleken, waardoor de voorgenomen realisatie uitgaat van vijf turbines.

Figuur 1 toont de situering van deze vijf windturbines en hun invloedsgebied als zones van 155 en 222 meter. Binnen het invloedsgebied van de windturbine 2 en -afhankelijk van de uitvoering- ook windturbine 3 liggen locaties waar C.RO geklasseerde stoffen mag plaatsen (tijdelijk neerleggen), zodat de risicoverhoging door deze windturbines nader moet worden beschouwd.



figuur 1: Invloedsgebied voorgenomen windturbines. C.RO gebruikt het met geel aangegeven terrein voor het stallen van automobielen en het blauwe/donkergrijze terrein aan de oostzijde en noordzijde Railterminal) voor de plaatsing en behandeling van containers.

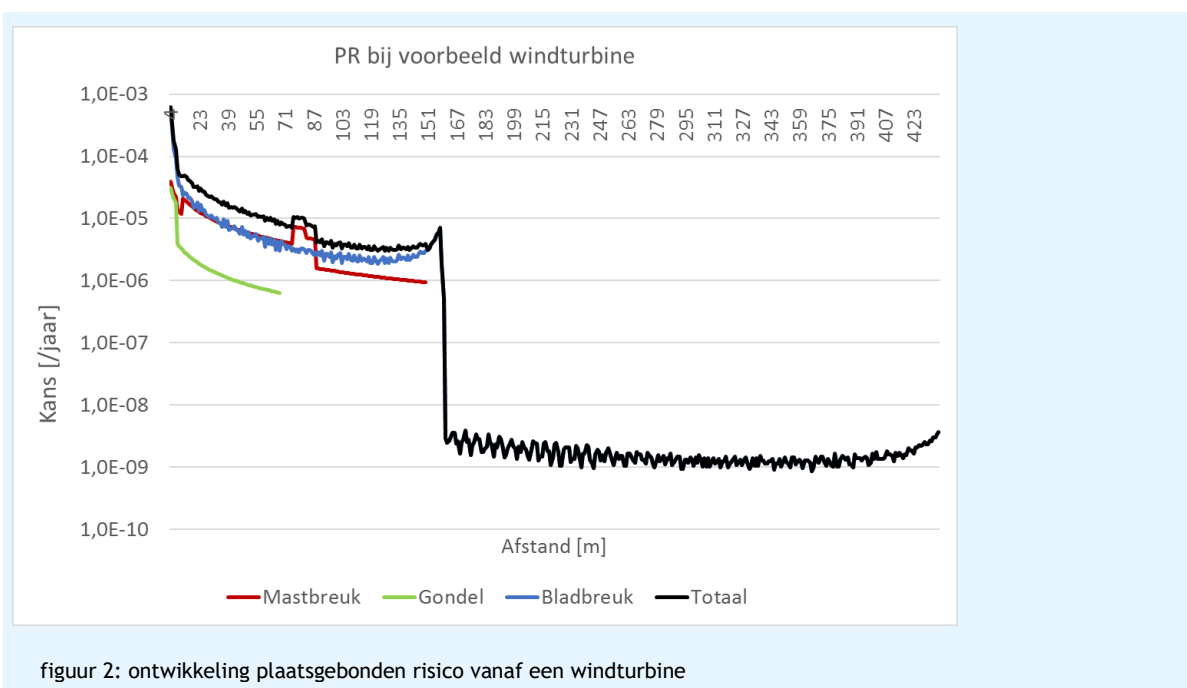
3. Ongevalskansen

Het Handboek Risicozonering Windturbines definieert drie typen scenario's:

- Bladbreek: hetzij bij nominaal toerental of bij overtoeren.
- Mastbreek: daarbij breekt de mast aan de grond af en valt zowel de mast als de gondel met de rotor.
- Breuk van gondel en rotor.

Figuur 2 toont de omvang van het plaatsgebonden risico². De belangrijkste bijdragen komen van mast- en bladbreek. Afhankelijk van de precieze uitvoering reikt het scenario bladbreek bij nominaal toerental tussen 155 en 180 meter. Daarna neemt het risico sterk af en vormt alleen bladbreek bij overtoeren nog een risico. Omdat een situatie met overtoeren niet vaak voorkomt, is dit ongevalsscenario veel kleiner dan de overige risico's.

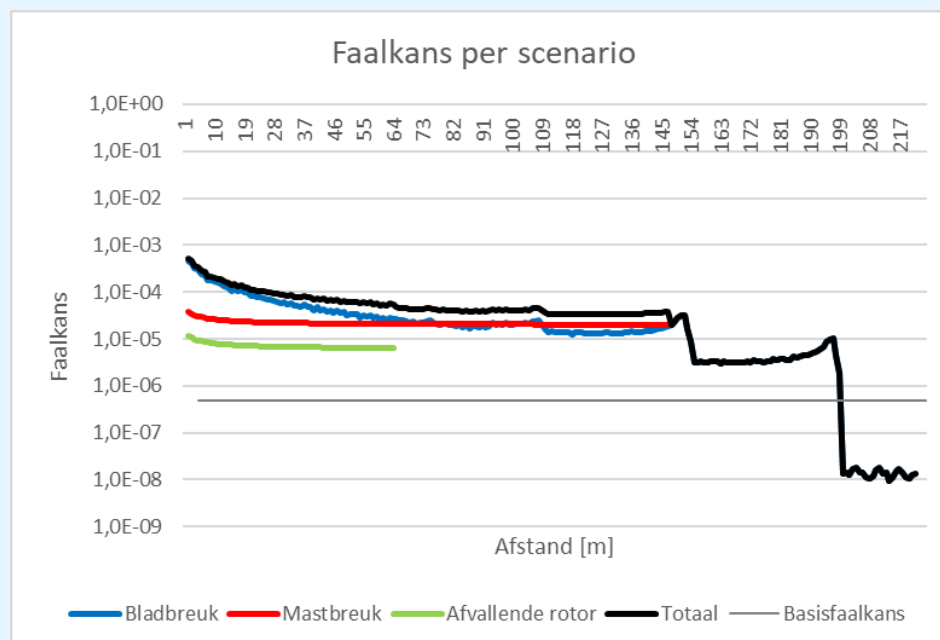
² Het PR moet niet worden verward met de trefkans van het zwaartepunt zoals opgenomen in tabel 1. De omrekenfactor tussen trefkans zwaartepunt en het PR als gevolg van een bladbreek is 1,5 keer het kritisch bladoppervlak, in dit geval een factor 349.



In dit geval is niet het plaatsgebonden risico van belang maar de kans dat een container faalt, omdat deze wordt getroffen door een vallend blad, een vallende mast of vallende gondel en rotor. Omdat een container groot is (de veel voorkomende kleine 20 ft. variant is 6 x 2,5 x 2,5 meter) bestaat de kans dat deze geraakt wordt en is de faalkans aanwezig.

Figuur 3 toont de faalkans van een container als gevolg van een treffen met een turbinedeel als functie van de afstand tot de turbine, als ook de basis faalkans van $5 \cdot 10^{-7}$ per jaar. Vergeleken met de basisfaalkans is de faalkans als gevolg van bladbreuk circa 80 tot 200 keer zo groot, afhankelijk van de afstand tot de turbine. Het scenario bladbreuk reikt ook verder. Uitgaande dat een blad ook kan doorvallen³, waarbij het blad tot 2/3 bladlengte buiten de werpafstand schade kan aanbrengen.

³ We hebben de trefkans als berekend uitgaande dat $P_{\text{zwaartepunt}}$ niet constant is. Het Handboek stelt in bijlage C om in dergelijke gevallen te rekenen met een gemiddelde kans van een aantal punten in de omgeving.



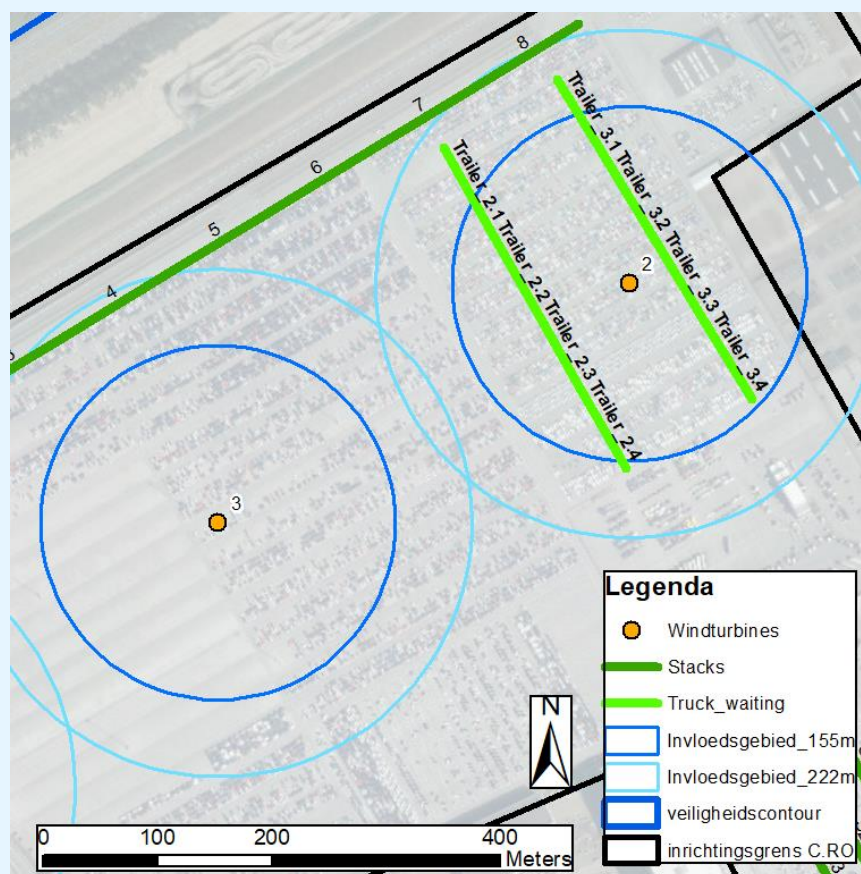
figuur 3: Faalkans per scenario afhankelijk van de afstand. N.B.: verticale as heeft een logaritmische schaal

3.1 Risicoverhoging

De kans dat een blad, mast of rotor valt en een container of trailer met geklasseerde stoffen treft veroorzaakt een verhoogde faalkans van de betreffende container of trailer.

3.1.1 Tussenplaatsing geklasseerde stoffen

Figuur 4 toont de ligging van turbine 2 en 3 ten opzichte van de tussenplaatsing van geklasseerde stoffen bij C.RO Ports te Vlissingen, zoals opgenomen in de QRA voor de aangevraagde omgevingsvergunning (DGMR-rapport M.2018.0084.17.R001 versie 004 van 17 januari 2019). Bij de maximaal vergunde doorzet staan gemiddeld 24 geklasseerde tankcontainers of tanktrailers binnen het invloedsgebied van windturbine 2, waarvan de helft relevant zijn voor de externe veiligheid.



Figuur 4: omgeving windturbines 2 en 3

Tabel 3: Aangevraagde doorzet geklasseerde stoffen en gemiddeld aantal insluitsystemen binnen invloedsgebieden aanwezig

Stofcategorie	Doorzet volle tankcontainers per jaar	Doorzet volle tanktrailers per jaar	Tanktrailers binnen invloedsgebied turbine 2 (60% van totaal)	Tankcontainers binnen invloedsgebied turbine 2 (0,63% van totaal)	Tankcontainers binnen invloedsgebied turbine 3 (0,63% van totaal)
GF2	300	100	60	1,9	1,9
GF3	1.300	500	300	8,1	8,1
GT2	5	2	1,2	0,0	0,0
GT3	15	8	4,8	0,1	0,1
LF1	1.300	500	300	8,1	8,1
LF2	5.300	2.000	1200	33,1	33,1
LT1	1.000	400	240	6,3	6,3
LT2	200	80	48	1,3	1,3
Niet relevant	9.580	3.610	2166	59,9	59,9
Totaal	19.000	7.200	4320	118,8	118,8
Verblijftijd	Stack: 3 dagen; spoorstack 8 uur	2 dagen (0,0054 jaar)	2 dagen (0,0054 jaar)	spoorstack 8 uur (0,0009 jaar)	spoorstack 8 uur (0,0009 jaar)
Gemiddeld aantal aanwezige insluitsystemen	156	39	24	0,1	0,1

3.2 Aanpassing berekening

Om de verhoging van de externe risico's te bepalen hebben we de QRA van C.RO aangepast. De ongevalslijnen waarmee de stacks en opstelplaatsen voor trailers zijn gemodelleerd hebben we opgesplitst in segmenten van 50 tot 80 meter. Voor elk segment hebben wij een specifieke ongevalskans bepaald, afhankelijk van de afstand tot de turbines. De segmenten die dichtbij de turbines liggen krijgen daardoor een sterk verhoogde ongevalskans, terwijl de segmenten net buiten de maximale werpafstand een kleinere toevoeging krijgen. Deze ophogingen staan uitgewerkt in tabellen 4 en 5.

Door van scenario's losse modelseries (Run Rows) te maken, kunnen deze contouren en fN-curves zowel apart worden berekend als opgeteld bij de eerder berekende risico's.

Tabel 4: bepaling trefkansen als gevolg van windturbine 2

Segment	Afstand [m]	Trefkans blad	Trefkans mast	Trefkans rotor	totale trefkans	Verhoging*	Ophoogfactor*
Spoorstack8	220	7,60E-06	-	-	7,60E-06	15,2	1,9 **
Trailer_2.1	165	1,14E-05	-	-	1,14E-05	22,7	1,8 **
Trailer_2.2	100	2,01E-05	2,05E-05	-	4,06E-05	81,2	6,1
Trailer_2.3	80	2,73E-05	2,07E-05	-	4,80E-05	96,0	7,2
Trailer_2.4	130	1,30E-05	2,03E-05	-	3,33E-05	66,6	5,0 **
Trailer_3.1	150	1,84E-05	2,02E-05	-	3,86E-05	77,3	5,8
Trailer_3.2	70	3,41E-05	2,08E-05	-	5,49E-05	109,9	8,2
Trailer_3.3	45	4,07E-05	2,15E-05	6,61E-06	6,89E-05	137,7	10,3
Trailer_3.4	110	2,43E-05	2,04E-05	-	4,47E-05	89,4	6,7

* De verhoging is de totale trefkans / $5 \cdot 10^{-7}$ /jaar; $5 \cdot 10^{-7}$ /jaar is de standaard kans voor instantaan falen.
 * De ophoogfactor is bepaald als de fractie van de stack dat het segment representeert * verhoging. Voor de spoorstack is de fractie 0,125, voor de trailers is deze fractie 0,075.
 ** in plaats van de standaardturbine hebben we in dit geval turbine type B gebruikt, dat tot een grotere trefkans en daarmee faalkans leidt.

Als gevolg van turbine 3 hebben we ook voor een ander deel van de spoorstack een verhoging toegepast. Inherent aan de methodiek om de trefkans te bepalen, waarbij de curve enige kartels vertoont, leidt dit tot een lagere trefkans dan bij spoorstack 8, hoewel spoorstack 4 iets dichterbij ligt.

Tabel 5: bepaling trefkansen als gevolg van windturbine 3

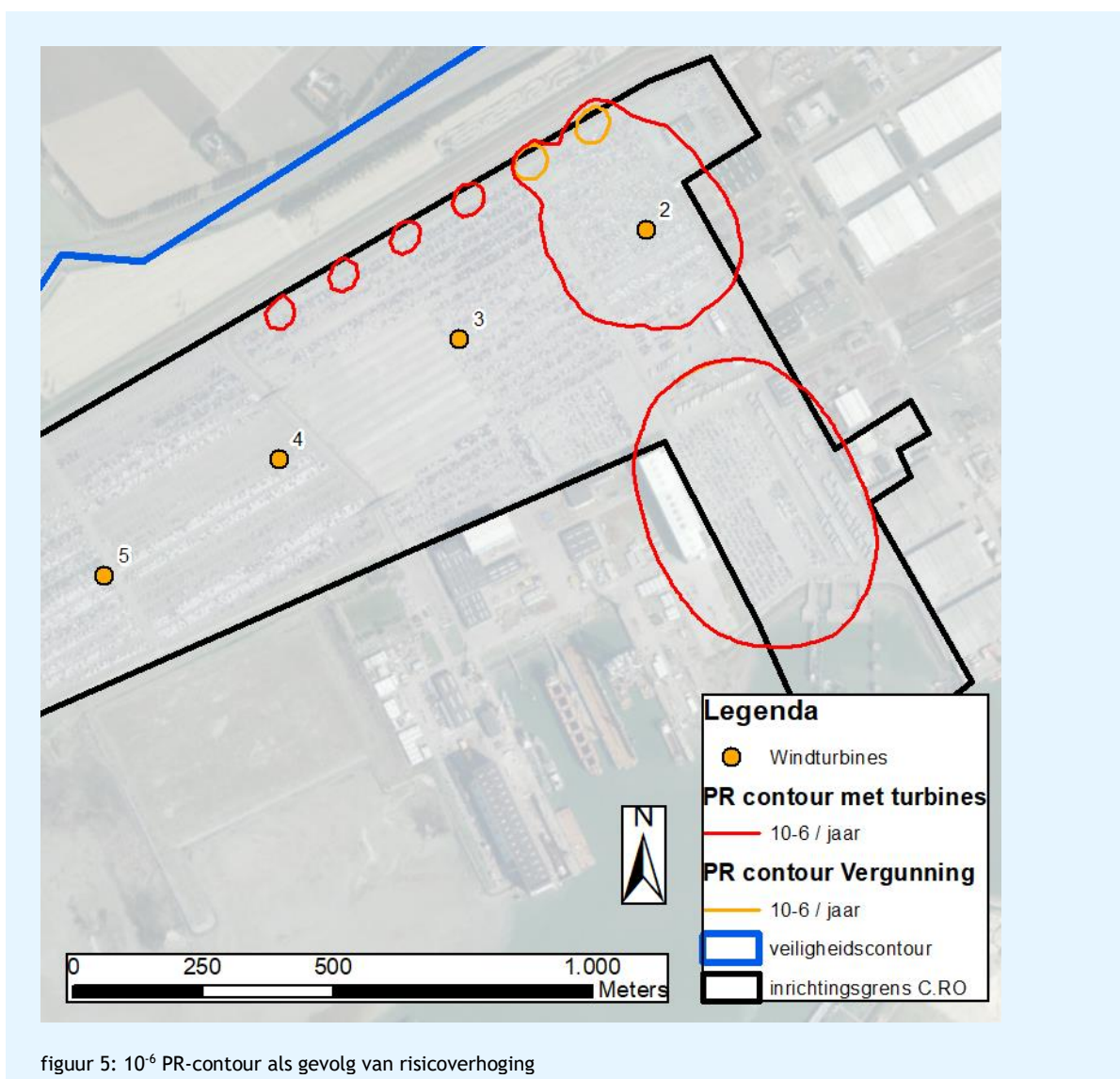
Segment	Afstand [m]	Trefkans blad	Trefkans mast	Trefkans rotor	totale trefkans	Verhoging	Ophoogfactor
Spoorstack4	210	3,05E-06	-	-	3,05E-06	6,1	0,8

4. Resultaten

4.1 Plaatsgebonden risico

Figuur 5 toont de 10^{-6} PR contour met en zonder realisatie van de windturbines. Rondom de trailer opstelplaatsen bij windturbine 2 ontstaat een 10^{-6} /jaar PR-contour; op andere delen van de inrichting liggen de contouren nagenoeg gelijk (de verruiming is enkele decimeters).

Voor het bedrijventerrein Vlissingen-Oost geldt een gebiedsveiligheidscontour en hoeft het plaatsgebonden risico pas op circa 200 meter ten noordwesten van het bedrijf te worden getoetst. Daardoor veroorzaakt het plaatsgebonden risico geen knelpunt.

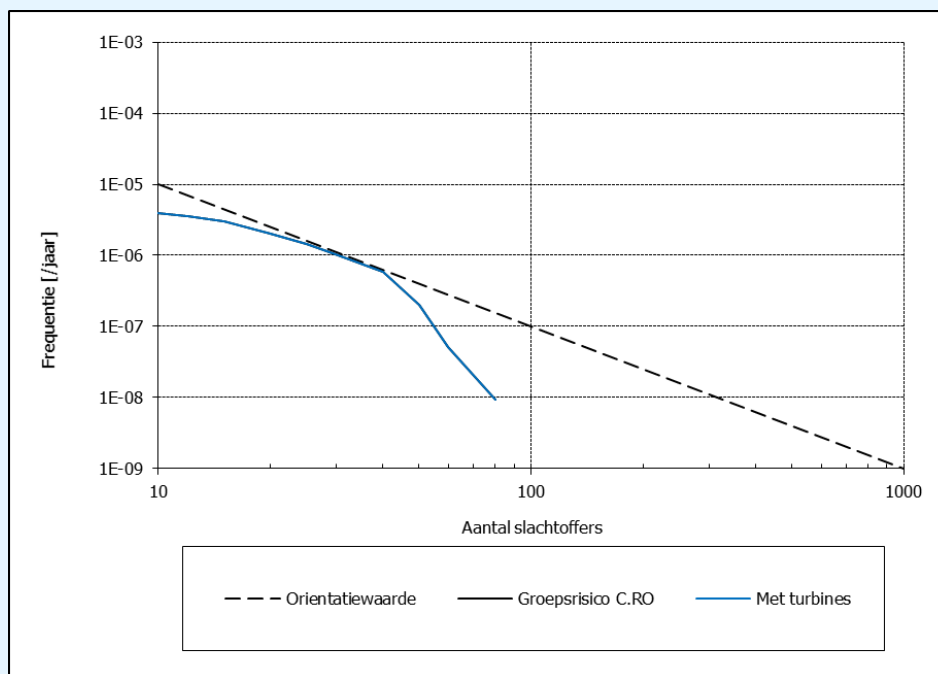


figuur 5: 10^{-6} PR-contour als gevolg van risicoverhoging

4.2 Groepsrisico

Het groepsrisico moet wel binnen de gebiedsveiligheidscontour worden beschouwd. Figuur 6 toont de fN-curve van het groepsrisico voor de vergunde situatie en de toename als gevolg van de windturbines. Deze toename is 0,1% tot 0,5% tussen 10 en 30 slachtoffers en niet of nauwelijks terug te zien in de grafiek. De normwaarde blijft gelijk op 0,94 keer de oriëntatiewaarde.

Het bevoegd gezag dient het groepsrisico te verantwoorden bij vergunningverlening. Daarbij kan worden opgemerkt dat de externe risico's gelijk blijven en daarmee ook de zelfredzaamheid. Bestrijdbaarheid kan wel bemoeilijkt worden als door de inslag van een deel van de turbine repressiemiddelen zijn beschadigd of een deel van de stack niet meer te bereiken is.



figuur 6: groepsrisico met en zonder windturbines

5. Conclusie

Eneco heeft zich voorgenomen om vijf windturbines te plaatsen op het terrein van C.RO Ports te Vlissingen. De realisatie van deze windturbines veroorzaakt een verhoogde kans op instantaan falen van tankcontainers of tanktrailers met geklasseerde stoffen. DGMR Industrie en Verkeer B.V. heeft de risicoverhoging van de externe risico's van C.RO geanalyseerd.

Wij concluderen het volgende:

- De 10^{-6} PR contour ligt geheel binnen de gebiedsveiligheidscontour, waar deze niet hoeft te worden getoetst. Ter plaatse van de veiligheidscontour wordt voldaan aan de grenswaarde van 10^{-6} per jaar.
- De windturbines leiden niet tot een toename van het groepsrisico. Dit risico blijft gelijk op 0,94 keer de oriëntatiewaarde. Het bevoegd gezag dient het groepsrisico te verantwoorden bij vergunningverlening.

ir. E.A. (Edward) Vermaas
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

Bijlage 1

Titel

Berekening

Bepaling trefkans per container

Wanneer een blad, de mast of de rotor van een windturbine een container treft, wordt uitgegaan dat deze instantaan faalt. Deze paragraaf bepaalt hoe we deze faalkans hebben bepaald.

De trefkans als gevolg van de drie beschouwde scenario's hebben we bepaald conform de Handboek Risicozonering Windturbines versie 3.1 bijlage C.

Trefkans bladbreuk:

Voor bladbreuk hebben we de vereenvoudigde aanpak gehanteerd met de formule:

$$P_o = P_{o_d} + P_{o_i}$$

Waarbij geldt:

$$P_{o_d} = P_{zwpt}(x^*, y^*) \cdot A_{pr} \quad \text{en}$$

$$P_{o_i} = P_{zwpt}(x^*, y^*) \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right)$$

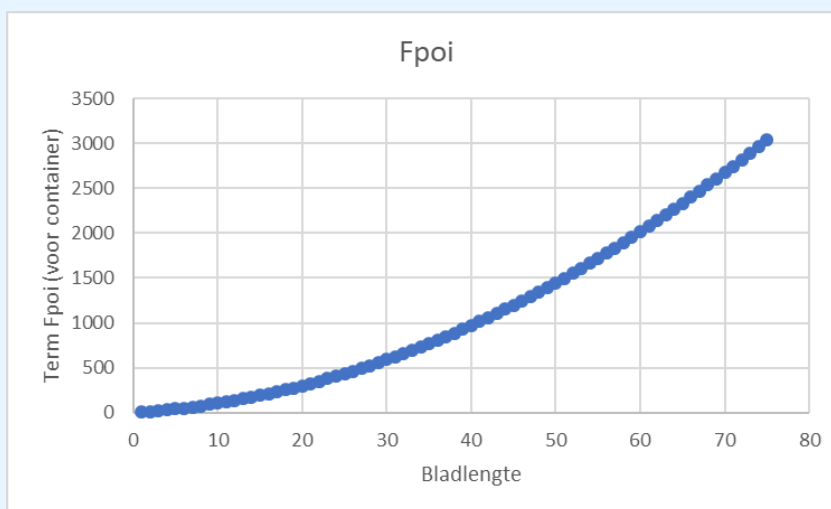
Pod beschrijft hierbij de kans dat het zwaartepunt van een blad de container direct raakt en is evenredig met het geprojecteerde oppervlak van de container.

Poi beschrijft de kans dat het zwaartepunt in de buurt van de container ligt, maar dat de container alsnog wordt geraakt door een deel van het blad. Hoewel de inslag in dat geval normaliter minder hard is, wordt ook dan uitgegaan van instantaan falen.

Bij de gestelde afmetingen van het blad en van de container is de tweede term maatgevend. Bij een container van 6m bij 2,5m bij 2,5m en een blad van 66,7m, leidt dit tot de formules:

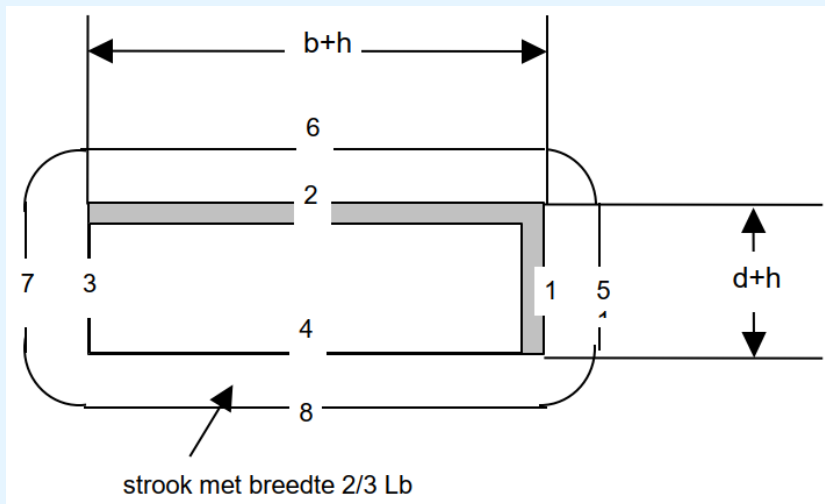
$$Pod = P_{zwpt} * 42,5 \quad \text{en} \quad Poi = P_{zwpt} * 2449$$

De factor in de term Poi is sterk afhankelijk van het kwadratische verband van de bladlengte, zoals onderstaande grafiek aantoont. Daarnaast leidt een kleiner blad vaak tot een kleinere waarde voor Pzwpt, omdat de rotatiesnelheid hoger wordt en de inslagkans over een groter gebied verdeeld.



figuur B1.1: de indirecte trefkans bij bladbreuk neemt kwadratisch toe bij grotere bladen

Als Pzwpt relatief constant is, volstaat de bepaling op één punt. Als dat niet het geval is, dient deze trefkans te worden bepaald voor meerdere punten, zoals aangegeven in figuur B1.2. In de berekening gaan we uit van een container haaks op de turbine. De gemiddelde trefkans Poi voor een container op afstand X wordt dan bepaald als $0,5 \cdot Poi_X + 0,25 \cdot Poi_{(X-2/3Lb)} + 0,25 \cdot Poi_{(X+2/3Lb)}$.



figuur B1.2: locaties op basis waarvan een gemiddelde trefkans wordt bepaald. Voor Pod worden de punten 1 t/m4 gehanteerd, welke relatief constant zijn, voor Poi de punten 5 tot en met 8.

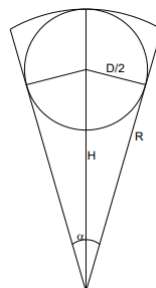
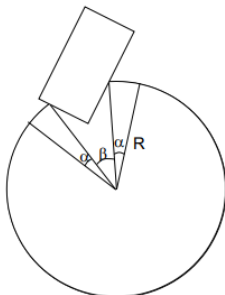
Trefkans mastbreuk of afvallende gondel met rotor

Voor Mastbreuk en voor een afvallende gondel met rotor hebben we de volgende formule

$$P_g = P_{mb} \cdot \frac{1}{2\pi} \left[\beta + 2 \frac{\alpha}{2} \right]$$

gehanteerd:

Daarbij is alpha de hoek die de windturbine maakt ten opzichte van de mast en beta de zichthoek van de container binnen het invloedsgebied. Alpha is daarmee een constante van Arcsin ($66,7/82$) = 54,4 graden (0,95 rad). Ook hier geldt dat een kleiner blad snel tot een kleinere term leidt. Beta is de doorsnede van een container haaks op de windturbine ten opzichte van de afstand tot de windturbine. Wij gaan uit van een constante doorsnede van 4m, hoewel deze kan variëren tussen 2,5m en 6,5m. Afhankelijk van de afstand tot de turbine en neemt steeds verder af. Over het algemeen zijn de afstanden 70 tot 150m en is de term beta relatief klein: 2 tot 5 graden (0,025 tot 0,09 rad).

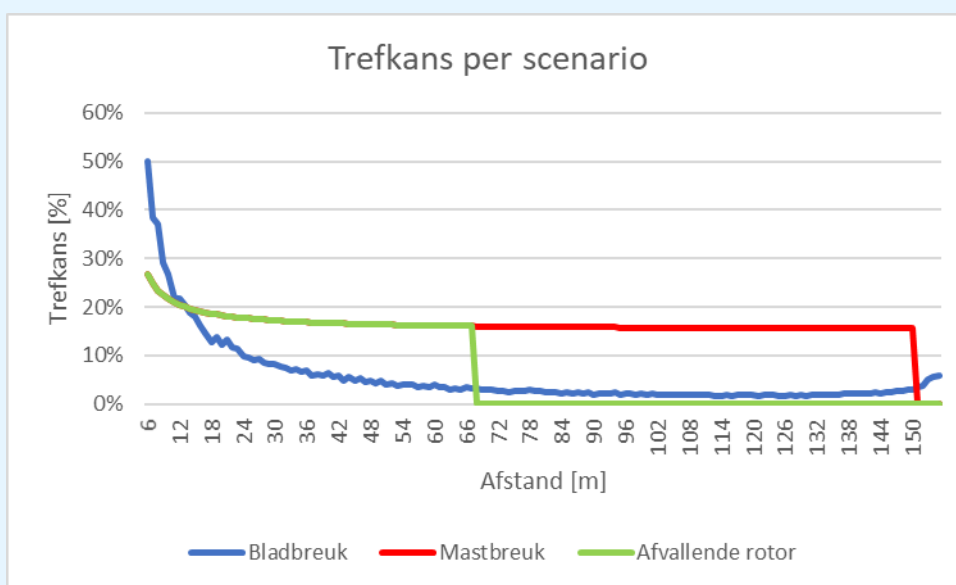


, waarbij alpha:

Vergelijking trefkans

Wanneer we de faalkans corrigeren voor de ongevalskans, krijgen we de trefkans. De trefkans bij mastbreuk is over het algemeen groter is dan bij bladbreuk. Belangrijkste oorzaak is dat mast met rotor veel groter is dan een blad.

Bij mastbreuk en een afvallende rotor wordt de alpha-hoek maatgevend en neemt de trefkans af tot net boven $0,95/2\pi = 15,1\%$.



figuur B1.3: Trefkans per scenario