

**Risicoanalyse solitaire windturbine
Zeedijk te Borssele
Externe veiligheid**

projectnr. 233842 100766a - HB65
17 september 2010, revisie 03

Save
Postbus 321
7400 AH Deventer

Opdrachtgever

Coöperatieve Windenergie Vereniging Zeeuwind U.A.
Postbus 5054
4380 KB Vlissingen

datum vrijgave

16 september 2010

Status revisie 03

aanpassing n.a.v. mail 10 september

goedkeuring

RvR

vrijgave

NvR

Inhoud

Blz.

1	Inleiding	2
2	Toetsingkaders	3
2.1	Wettelijk kader	3
2.2	Omgevingsplan Zeeland 2006-2012	4
2.3	Handboek Risicozonering Windturbines	4
3	Uitgangspunten	6
3.1	Gegevens nieuw te plaatsen windturbine	6
3.2	Ligging	6
3.3	Methodiek	7
4	Resultaten risicoberekening	8
4.1	Risicocontouren	8
4.2	Analyse risico's en domino-effecten	9
5	Conclusie	11
Bijlage 1	Specificatie risicoberekening windturbine	12
B1.1	Generieke gegevens	13
B1.2	Individueel Passanten Risico (IPR)	14
B1.3	Maatschappelijke Risico (MR)	15
B1.4	Berekening risico bij gevaarlijke stoffen	15
B1.5	Individueel Passanten Risico (opslagdepot)	16

1 Inleiding

De Coöperatieve Windenergie Vereniging Zeeuwind U.A. (nader te noemen Zeeuwind) heeft het plan de bestaande windturbine aan de Zeedijk te Borssele te vervangen door een nieuwe windturbine. Zeeuwind heeft Save opdracht gegeven voor een kwantitatieve risicoanalyse voor de realisatie van deze windturbine. Het betreft een solitaire windturbine met een maximale rotordiameter van 92 meter en een maximaal vermogen van 3 MW.

De plaatsing van windturbines levert mogelijk risico's op voor de omgeving ten gevolge van falen van de windturbine waarbij (losse) onderdelen van de windturbine in de omgeving terecht kunnen komen. Deze onderdelen kunnen omstanders of objecten treffen.

De terreinen vallen onder de gemeente Borssele. Voor plaatsing van de gewenste windturbine is een wijziging van het vigerende bestemmingsplan noodzakelijk. In het kader van de noodzakelijke ruimtelijke procedures moet een risicoanalyse van de betreffende windturbine worden uitgevoerd. Hieruit moet blijken dat de risico's voor de omgeving acceptabel zijn. Onderhavig onderzoek geeft hier invulling aan.

Het onderzoek is uitgevoerd conform het "Handboek Risicozonering Windturbines", SenterNovem, 2^{de} versie, januari 2005.

In dit rapport is allereerst het toetsingskader voor windturbines in relatie tot (externe) veiligheid beschreven (hoofdstuk 2). Vervolgens zijn op basis van gegevens van windturbine en omgeving de risico's geanalyseerd (hoofdstuk 3) en waar nodig gekwantificeerd (hoofdstuk 4). Het rapport is afgesloten met de toetsing en de hieruit volgende conclusies (hoofdstuk 5).

2 Toetsingkaders

2.1 Wettelijk kader

Windturbines vormen een risico voor de omgeving in het geval deze zodanig falen dat onderdelen naar beneden vallen, rotoronderdelen worden weggeworpen of dat de turbine omvalt. De losgeraakte onderdelen kunnen vervolgens risicovolle inrichtingen en/of activiteiten raken waarbij risico ontstaat op vervolgeffecten. In dat geval is sprake van een domino-effect ten gevolge van falen van een turbine.

In Nederland moet een windturbine (of een groep windturbines) voldoen aan het Activiteitenbesluit in het kader van de Wet milieubeheer (voorheen Besluit voorzieningen en installaties). Met betrekking tot de externe veiligheid zijn in de Staatscourant de 'wijziging milieuregels windturbines' gepubliceerd (Staatscourant 12902, 31 augustus 2009). In de wijziging zijn de normen voor externe veiligheid van windturbines opgenomen, waarbij is aangesloten bij de normering zoals die wordt gehanteerd in het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi). Concreet betekent dit dat getoetst moet worden aan het plaatsgebonden risico's van 10^{-6} en 10^{-5} per jaar waarbij het volgende geldt.

- Het plaatsgebonden risico voor een kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie daarvan, is niet hoger dan 10^{-6} per jaar.
- Het plaatsgebonden risico voor een beperkt kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie daarvan, is niet hoger dan 10^{-5} per jaar.

Een korte beschrijving van het plaatsgebonden risico is opgenomen in het kader. In tegenstelling tot hetgeen het Bevi stelt wordt in de wijziging milieuregels windturbines geen rekening gehouden met het groepsrisico. Dit is in het onderzoek niet specifiek onderzocht, mede omdat op basis van de omgevingsfactoren gesteld kan worden dat het groepsrisico nihil is.

Plaatsgebonden risico: een nadere toelichting

Het plaatsgebonden risico presenteert de overlijdenskans van een persoon in de vorm van contouren op een plattegrond rondom de beschouwde activiteit.

Voorbeeld: wanneer een persoon 24 uur per dag een heel jaar lang op de 10^{-6} -contour (van het plaatsgebonden risico) staat, betekent dit dat hij een risico van 1 miljoenste loopt op een dodelijk ongeval als gevolg van de beschouwde activiteiten.

Het risico wordt berekend door te stellen, dat een persoon zich permanent en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt. De risicocontouren op een plattegrond geven aan tot waar de risico's van een bepaald niveau reiken. De grootte van het plaatsgebonden risico is onafhankelijk van de feitelijke omgeving en zegt niets over het aantal personen, dat bij een ongeval getroffen kan worden. De plaatsgebonden-risicocontouren zijn eigenlijk een hoogtekaart van overlijdenskans.

Voor het plaatsgebonden risico zijn in de wijziging milieuregels windturbines normen vastgesteld, te weten de maximale toelaatbare overlijdenskans (grenswaarde) voor een individu. Deze bedraagt:

- 1 op 1.000.000 per jaar (10^{-6} /jaar)* voor kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten
- 1 op 100.000 per jaar (10^{-6} /jaar)* voor kwetsbare objecten

* Dit betekent dat een persoon die zonder speciale bescherming buiten staat, een kans heeft van één op de miljoen, per jaar, om te overlijden ten gevolge van een incident bij de inrichting.

2.2 Omgevingsplan Zeeland 2006-2012

In het 'Omgevingsplan Zeeland 2006-2012' heeft Provincie Zeeland met betrekking tot windenergie en externe veiligheid het volgende standpunt opgenomen. Windturbines in de buurt van emplacement of opslagtanks van gevaarlijke stoffen zijn alleen toegestaan wanneer de kans op een groot ongeval of ramp aantoonbaar verwaarloosbaar is. De provincie Zeeland heeft aan de term verwaarloosbaar een faalkans toegekend van minder dan 1 op de 100 miljoen (10^{-8}). In dit onderzoek wordt van deze definitie uitgegaan.

2.3 Handboek Risicozonering Windturbines

Bij het vaststellen van genoemde veiligheidsrisico's wordt in Nederland het 'Handboek Risicozonering Windturbines' als leidraad gehanteerd. Hierin wordt ten aanzien van het wettelijke kader het volgende gesteld:

'Windturbines vallen niet onder de categorieën van inrichtingen waarop het Besluit externe veiligheid inrichtingen zich thans richt. De risico's rond windturbines kunnen wel op een vergelijkbare wijze worden getoetst als aangewezen categorieën (...). De risicocriteria in dit handboek zijn dan ook geen wet, maar dienen slechts als richtlijn voor het bepalen van het risico na plaatsing van windturbines op een specifiek locatie.'

In aanvulling hierop hebben RWS en ProRail eigen criteria voor transport over wegen en spoor opgesteld. Deze zijn verwoord in het document "Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen: Beoordeling van veiligheidsrisico's". Hierin is een methode opgenomen waarmee de risico's voor passanten op de weg en spoor zijn gespecificeerd.

Inmiddels kan in het kader van de wet- en regelgeving worden verwezen naar de 'wijziging milieuregels windturbines'.

3 Uitgangspunten

3.1 Gegevens nieuw te plaatsen windturbine

In het onderzoek is een aantal potentiële windturbines beschouwd. Vooralsnog is er geen definitieve keuze gemaakt in de types van de te plaatsen windturbines. Analooq aan het "Handboek Risicozonering Windturbines" is gebruikgemaakt van generieke windturbinegegevens, geclassificeerd op het vermogen van de turbine. In dit onderzoek is het effect van vermogensklasse 3,0 onderzocht, met een maximale tiphoogte van 126 m.

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste criteria voor de uiteindelijke risico's weergegeven en daaraan gekoppeld welke uitgangspunten zijn gehanteerd:

Tabel 3.1 Criteria windturbine

Belangrijke criteria	Uitgangspunten
Vermogen turbine	3.000 kW
Variant	tiphoogte 126 m
Windklasse	IEC-klasse 2
Ashoogte	80 m
Rotordiameter	92 m
Aantal bladen	3
Nominaal toerental	16.1 tpm
Gecertificeerd	ja

Opgemerkt moet worden dat volgens de leverancier de windturbine is getypeerd als IEC-klasse 2. Conform de methodiek van het Handboek Risicozonering komt dit overeen met een windturbine op landlocatie. In dit rapport wordt hiervan uitgegaan.

3.2 Ligging

De te vervangen windturbine is gelegen aan de Zeedijk te Borssele. De objecten welke risico lopen zijn opgenomen in figuur 3.1. Hierin zijn alle objecten beschouwd die mogelijk door het afbreken van een rotorblad tijdens een overtoersituatie getroffen kunnen worden. Dit wordt de maximale werpafstand genoemd en deze is voor een landlocatie vastgesteld op 369 meter. Binnen dit gebied moet rekening gehouden worden met de volgende locaties en activiteiten waar sprake is van gevaarlijke stoffen:

- de wegen met mogelijk vervoer van gevaarlijke stoffen (Zeedijk en lange Zuidweg);
- industrie (Total opslagtanks + losplaats);
- ondergrondse leidingen met gevaarlijke stoffen (Total).



Figuur 3.1 Invloedsgebied werpafstand (= maximale effectafstand)

Daarnaast liggen binnen dit gebied:

- een (beperkt) kwetsbaar object (schuur) aan de Lange Zuidweg;
- een depot voor opslag (onbemand).

3.3 Methodiek

Voor de het rapport is gebruikt gemaakt van de volgende gegevens en literatuur:

- *Handboek risicozonering windturbines* 2005, SenterNovem, 2^{de} versie, januari 2005.
- *Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen: Beoordeling van veiligheidsrisico's*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Bouwdienst Rijkswaterstaat en NS Railinfrabeheer, 15 april 1999.
- Risicokaart van Nederland, www.risicokaart.nl.
- Gegevens over leidingen verkregen via Total.
- Wijziging milieuregels windturbines.
- Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), www.vrom.nl.
- Wet milieubeheer, www.vrom.nl.

Het handboek lijkt een conservatieve benadering van de risico's. Reeds in 2005 wordt geconcludeerd dat de casuïstiek is gebaseerd op oude types windturbines en dat de nieuwe generatie windturbines veiliger lijkt te zijn. Verder wordt conservatief aangenomen dat impact altijd leidt tot schade aan de betreffende objecten. Momenteel wordt het handboek herzien, het is echter nog niet duidelijk wanneer de herziening gepubliceerd gaat worden.

4 Resultaten risicoberekening

4.1 Risicocontouren

Plaatsgebonden risico (PR)

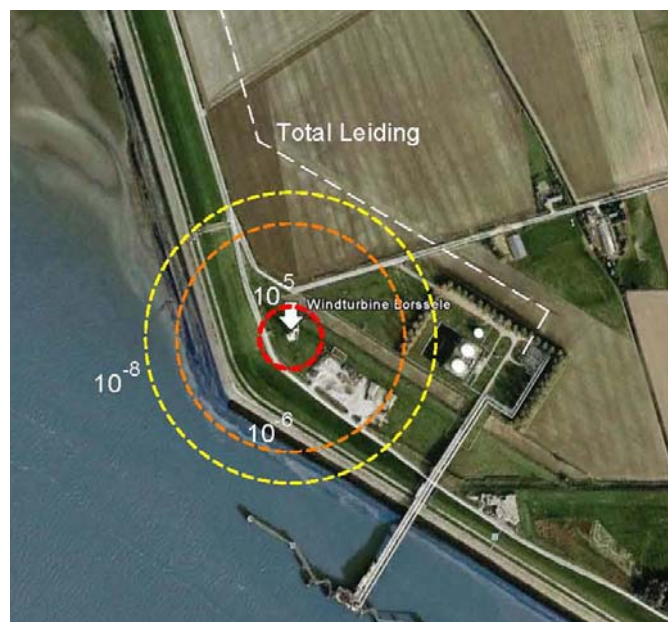
Het plaatsgebonden risico (PR) van 10^{-5} en 10^{-6} per jaar is bepaald volgens de generieke waarden uit het Handboek risicozonering windturbines en wordt weergegeven in figuur 4.1. Voor de generieke waarden is uitgegaan van een landlocatie.

Domino-effect

Het domino-effect is van invloed op het verhoogde risico bij gevaarlijke stoffen welke vrij kunnen komen bij het falen van een windturbine. Om deze risico's te kwantificeren is gebruikgemaakt van de 10^{-8} -plaatsgebondenrisicocontour volgens Handboek risicozonering windturbines.

Tabel 4.1 Afstanden in meters tot plaatsgebonden risicocontouren

Variant	3,0 MW
Afstand tot 10^{-5} -contour [m]	48
Afstand tot 10^{-6} -contour [m]	162
Afstand tot 10^{-8} -contour [m]	190



Figuur 4.1 Plaatsgebonden risicocontouren

rood: 10^{-5} per jaar
oranje: 10^{-6} per jaar
geel: 10^{-8} per jaar

4.2 Analyse risico's en domino-effecten

In deze paragraaf zijn de risico's nader vastgesteld. De specificaties en achterliggende berekeningen zijn opgenomen in bijlage 1 van dit rapport.

Beperkt kwetsbare objecten

Het dichtstbijzijnde beperkt kwetsbaar object aan de Lange Zuidweg ligt binnen de werpafstand van de windturbine, maar ligt ruim buiten de plaatsgebondenrisicocontour van 10^{-6} per jaar. Hiermee wordt voldaan aan de eisen van de gewijzigde milieuregels voor windturbines.

Wegen

De windturbine staat vlak aan de Zeedijk, waardoor een (klein) gedeelte binnen de 10^{-5} -contour ligt. En voor een deel in de 10^{-6} -contour. Het hoogste Individueel PassantenRisico (IPR) wordt bepaald door de werknemer die dagelijks over de Zeedijk naar zijn werk fietst. Hij fietst per dag twee keer de Zeedijk af met een snelheid van 15 km/u. Hieruit volgt een IPR van: $3,6 \times 10^{-9}$.

Voor het maatschappelijk risico (MR) wordt uitgegaan van 200 mensen die zich met een gemiddelde snelheid van 20 km/u voortbewegen. Hieruit volgt een MR van: $3,8 \times 10^{-6}$.

Voor de gevaarlijke stoffen is een vrachtwagen gerekend die twee keer in de week bij Total komt bevoorraden. Hij rijdt met een snelheid van gemiddeld 40 km/u. Hieruit volgt een risico voor gevaarlijke stoffen van: $1,4 \times 10^{-10}$.

Tabel 4.2 Specificatie risico's voor wegvervoer en verkeer

	Berekende Waarde	Toetsingswaarde	Voldoet
IPR	$3,6 \times 10^{-9}$	10^{-6}	ja
MR	$3,8 \times 10^{-6}$	2×10^{-3}	ja
Gevaarlijke stoffen	$1,4 \times 10^{-10}$	10^{-8}	ja

Leidingen

De leidingen met gevaarlijke stoffen (Total) bevinden zich buiten het 10^{-8} -contour en op een diepte van 1 meter onder maaiveld waardoor de kans op het vrijkomen van gevaarlijke stoffen verwaarloosbaar is (kans kleiner dan 10^{-8} per jaar).

Industrie Total

Total valt buiten de 10^{-8} -contour waardoor de kans op het vrijkomen van gevaarlijke stoffen ten gevolge van bezwijken van de windturbine te verwaarlozen is (kans kleiner dan 10^{-8} per jaar).

Opslagdepot

Voor het depot is gerekend met een activiteit van 3 werknemers die er 200 dagen in het jaar gedurende 9 uur per dag aanwezig zullen zijn.

Hieruit volgt een IPR van: 6×10^{-7} .

	Berekende Waarde	Toetsingswaarde	Voldoet
IPR	6×10^{-7}	10^{-6}	ja

5 Conclusie

Oranjewoud/Save heeft een risicoanalyse uitgevoerd voor de plaatsing van een windturbine aan de Zeedijk in Borssele. Uit het onderzoek is gebleken dat na plaatsing van de windturbine, uitgaande van genoemde criteria voor de windturbine, wordt voldaan aan de eisen van de gewijzigde milieuregels voor windturbines. Daarnaast wordt voldaan aan de uitgangspunten van het beleid van Provincie Zeeland. Dit betekent dat vanuit het aspect externe veiligheid geen beperking aanwezig is voor plaatsing van de windturbine.

Bijlage 1 Specificatie risicoberekening windturbine

Deze bijlage geeft de benodigd uitleg bij de berekende waarden voor het IPR, MR en het risico bij gevaarlijke stoffen van de solitaire windturbine te Borssele. Hierbij is uitgegaan van een landlocatie.

Het betreft:

- o Generieke gegevens windturbine
- o Berekening IPR
- o Berekening MR
- o Berekening risico gevaarlijke stoffen
- o Berekening IPR (opslagdepot)

B1.1 Generieke gegevens

Handboek Risicozonering Windturbines

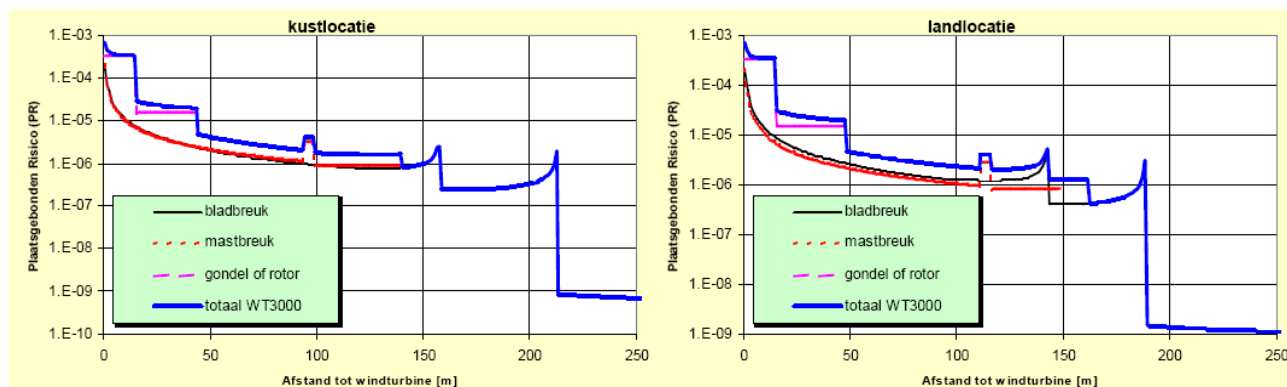
Bijlage B

Generieke Gegevens

Versie 2.0, januari 2005

Turbineparameters als functie van het nominale vermogen,
Vestos V90 bij een landlocatie.

Belangrijke criteria	Uitgangspunten
Vermogen turbine	3.000 kW
Masthoogte	105 m
Windklasse	IEC klasse 2
Ashoogte	113,3 m
Rotordiameter	92 m
Aantal bladen	3
Nominaal toerental	15,2 tpm
Gecertificeerd	ja



Figuur B1.1 PR als functie van de afstand tot de windturbine (3.000 kW)

Uit de grafiek is af te lezen voor landlocaties:

$$IR = 10^{-8} = 190 \text{ meter}$$

$$IR = 10^{-6} = 162 \text{ meter}$$

$$IR = 10^{-5} = 48 \text{ meter}$$

B1.2 Individueel Passanten Risico (IPR)

In deze berekening is er uitgegaan van een fietser die dagelijks heen en terug over de Zeedijk fietst. Hij doet dit 250 dagen in het jaar.

$$IPR = \sum P_{a,i} * P_{T,i} * P_{DT}$$

Waarin:

$$\begin{aligned} P_{a,i} &= \text{aanwezigheidsfractie op locatie } i \\ P_{T,i} &= \text{trefkans op locatie } i \\ P_{d,t} &= \text{kans op overlijden na treffen} \end{aligned}$$

Als veiligheid wordt aangenomen dat iedere klap dodelijk is, waardoor P_{dt} gelijk is aan 1, we kunnen de formule nu vereenvoudigen tot:

$$IPR = \sum P_{a,i} * P_{T,i}$$

De aanwezigheidsfractie volgt uit de formule van bijlage C2 Mastbreuk (1.2.3 Passanten).

$$P_{a,i} = L_0/v_0 * 1/(365*24*3600) = 3,4 * 10^{-8}$$

waarin:

$$\begin{aligned} L_0 &= \text{lengte van passerend object (passant + remweg)} & (0,3 \text{ m} + 4,2 = 4,5 \text{ m}) \\ v_0 &= \text{snelheid van passerend object (fiets)} & (15 \text{ km/u}) = (4,2 \text{ m/s}) \end{aligned}$$

De trefkans op locatie i volgt uit figuur 4.1 en 4.2 uit Bijlage B Generieke gegevens, waarbij voor de afstand tussen turbine en weg 30 meter is aangehouden:

$$P_{T,i} = p_{w,b} + P_{w,m} = 2,1 * 10^{-4}$$

waarin:

$$\begin{aligned} p_{w,b} &= \text{genormaliseerde trefkans per passage dat een passerend object wordt getroffen door een afgebroken blad van een 3,0 MW-turbine} = 1,4 * 10^{-4} \\ P_{w,m} &= \text{genormaliseerde trefkans per passage dat een passerend object wordt getroffen door een omvallende 3,0 MW-turbine} = 7 * 10^{-5} \end{aligned}$$

$$IPR = \sum 3,4 * 10^{-8} * 2,1 * 10^{-4} = \sum 7,1 * 10^{-12}$$

$$IPR = 7,1 * 10^{-12} * 500 = 3,6 * 10^{-9} \text{ (waarin 500 = aantal passages per jaar.)}$$

B1.3 Maatschappelijke Risico (MR)

Het maatschappelijke risico is het jaarlijks aantal slachtoffers dat valt tengevolge van de desbetreffende windmolen.

In deze berekening is uitgegaan van een gemiddelde van 1 passant per minuut.

MR = aantal doden per passage x aantal passages per jaar.

MR = (IPR/aantal passages per passant per jaar) x aantal passages per jaar

$$MR = (3,6 * 10^{-9} / 500) * 1 * 60 * 24 * 365 = 3,8 * 10^{-6}$$

B1.4 Berekening risico bij gevaarlijke stoffen

De provincie Zeeland heeft aangegeven dat de kans op een ongeval met gevaarlijke stoffen vanwege een falende windmolen kleiner moet zijn dan $1 * 10^{-8}$.

Op basis van generieke gegevens zijn de waarden hiervoor af te lezen uit figuur 3.7 (Bijlage B). Hierbij wordt uitgegaan van een landlocatie.

Voor een windturbine met 3,0 MW ligt deze 10^{-8} -contour op 190 meter.

Binnen deze contour valt de Zeedijk en de Lange Zuidweg, Hierover is vervoer van gevaarlijke stoffen mogelijk. De afstand van de windturbine tot aan de Zeedijk bedraagt circa 30 meter. De kans bestaat dus dat dergelijk transport geraakt wordt door een afgebroken blad of een omvallende turbine.

Op basis van Bijlage B paragraaf 4: Generieke gegevens van het Handboek Risicozonering windturbines is de totale trefkans van vervoer van gevaarlijke stoffen berekend.

In dit voorbeeld wordt uitgegaan van een vrachtwagen van 15 bij 2,5 meter welke de Total twee keer in de week komt bevoorraden. Hij rijdt hierbij gemiddeld 40 km/u.

De totale trefkans van een passerende object bedraagt:

$$p_{w,t} = N_T \cdot \left(p_{w,b}^* \frac{F_{a,b}}{L_b} + p_{w,m}^* F_{a,m} \right)$$

waarin

N_T = aantal turbines = 1

$p_{w,b}$ = genormaliseerde trefkans per passage dat een passerend object wordt getroffen door een afgebroken blad van een 3,0 MW-turbine = $1,4 * 10^{-4}$

L_b = lengte van het blad = 48 m

$p_{w,m}$ = genormaliseerde trefkans per passage dat een passerend object wordt getroffen door een omvallende 3,0 MW-turbine = $7 * 10^{-5}$

$F_{a,m}$ = factor die de verblijfstijd van het passerend object in rekening brengt = $1,8 * 10^{-7}$
 $F_{a,b}$ = factor die de verblijfstijd van het passerend object in rekening brengt = $6,5 * 10^{-6}$

$$F_{a,m} = \frac{L_o}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

$$F_{a,b} = \frac{L_o}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600} \left(1,5 \cdot b_o + \frac{2}{3} L_b \right)$$

waarin

L_o = lengte van het passerend object + remweg = 15 m + 48 m = 63 meter
 v_o = snelheid van het passerend object in m/s = 40 km/u = 11 m/s
 b_o = breedte van het passerend object = 2,5 meter

Trefkans van een tankauto die de windmolen met 40 km/u passeert

$$P_{w,t} = (1,9 * 10^{-11} + 1,3 * 10^{-11}) = 3,2 * 10^{-11}$$

De trefkans van de vrachtauto bedraagt nu: $(365/7*2) * 3,2 * 10^{-11} = 3,4 * 10^{-9}$

B1.5 Individueel Passanten Risico (opslagdepot)

Voor deze berekening is uitgegaan van een activiteit van één werknemer welke 200 dagen in het jaar gedurende 9 uur per dag aanwezig zal zijn op het opslagdepot.
De afstand tot het depot bedraagt circa 50 meter.

$$IPR = \sum P_{a,i} * P_{T,i}$$

$P_{a,i}$ = aanwezigheidsfractie = $0,3 * (9/24 * 200/365) * 100\% = 7\%$
 $P_{T,i}$ = plaatsgebonden risico = $8 * 10^{-6}$ (figuur 3,7 Bijlage B)

$$IPR = 0,07 * 8 * 10^{-6} = 6 * 10^{-7}$$