

Encon
Kieleberg 41
3740 Bilzen

Veiligheidsstudie

Windturbineproject hervergunning

Volvo Trucks Gent



april 2025
versie 1.0

3500 Hasselt Herkenrodesingel 101
9000 Gent Wondelgemkaai 159
8540 Deerlijk Kleine Tapuitstraat 18
1020 Brussel Esplanade 1/16
5004 Bouge Route de Hannut 55

T. 011/22 32 40
T. 09/216 80 00
T. 056/72 46 79
T. 02/734 02 65
T. 081/22 60 82

F. 011/23 46 70
F. 09/375 36 17
F. 056/72 64 86
F. 02/734 61 80
F. 081/22 99 22

INHOUDSTAFEL

Inhoudstafel.....	i
Tabellen- en figurenlijst.....	ii
Terminologie en afkortingen.....	iv
I. Inleiding.....	I.1
II. Projectbeschrijving.....	II.1
II.1. Inplantingslocaties windturbines.....	II.1
II.2. Gegevens windturbines.....	II.2
II.2.1. Technische gegevens.....	II.2
II.2.2. Risicobeperkende maatregelen.....	II.2
III. Risicoanalyse.....	III.1
III.1. Inleiding.....	III.1
III.2. Relevante scenario's.....	III.1
III.2.1. Gondelbreuk.....	III.2
III.2.2. Mastbreuk.....	III.2
III.2.3. Bladbreuk.....	III.2
III.2.4. IJsworp en ijssval.....	III.3
III.3. Analyse van het plaatsgebonden mensrisico.....	III.4
III.3.1. Bepaling van het plaatsgebonden mensrisico.....	III.4
III.3.2. Evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico.....	III.6
III.4. Analyse van het groepsrisico.....	III.8
III.4.1. Populatie in de omgeving van de windturbines.....	III.8
III.4.2. Bepaling en evaluatie van het groepsrisico.....	III.10
III.5. Analyse van de indirecte risico's.....	III.14
III.5.1. Aanwezigheid van Sevesostoffen.....	III.14
III.5.2. Analyse van het indirecte risico – ondergrondse NATO-leiding.....	III.15
III.6. Samenvatting: Evaluatie van de externe risico's.....	III.17
III.6.1. Directe risico's.....	III.17
III.6.2. Indirecte risico's.....	III.17
III.7. Adviesvragen.....	III.18
III.7.1. Nucleaire inrichtingen.....	III.18
III.7.2. Hoogspanningsinfrastructuur.....	III.18
IV. Besluit.....	IV.1
V. Referenties.....	V.1
VI. Figuren en tabellen.....	VI.1

TABELLEN- EN FIGURENLIJST

Tabellen en figuren aangeduid met een '▼' zijn achteraan voorliggend document toegevoegd.

Tabellen

Tabel II.1 Lambert 72-coördinaten windturbines.....	II.2
Tabel III.1 Effectafstanden bladbreuk.....	III.3
Tabel III.2 Berekende scheidingsafstanden	III.4
Tabel III.3(a) Gebouwen met frequente bezetting binnen de relevante effectafstand van windturbine VT WT1	III.11
Tabel III.3(b) Gebouwen met frequente bezetting binnen de relevante effectafstand van windturbine VT WT2	III.11
Tabel III.3(c) Gebouwen met frequente bezetting binnen de relevante effectafstand van windturbine VT WT3	III.13
Tabel III.4(b) Berekening groepsrisico van windturbine VT WT2	▼
Tabel III.4(c) Berekening groepsrisico van windturbine VT WT3	▼

Figuren

Figuur II.1 Gewestplan met locaties windturbines, isorisicocontouren van $10^{-6}/j$ en $10^{-7}/j$ en maximale effectafstand	▼
Figuur II.1bis Bestemmingsplan met locaties windturbines, isorisicocontouren van $10^{-6}/j$ en $10^{-7}/j$ en maximale effectafstand	▼
Figuur II.2 Luchtfoto met locaties windturbines, isorisicocontouren van $10^{-6}/j$ en $10^{-7}/j$ en maximale effectafstand	▼
Figuur II.3(a) Luchtfoto met locatie windturbine VT WT1, isorisicocontour van $10^{-5}/j$ en relevante effectafstanden voor mast- en gondelbreuk.....	▼
Figuur II.3(b) Luchtfoto met locatie windturbine VT WT2, isorisicocontour van $10^{-5}/j$ en relevante effectafstanden voor mast- en gondelbreuk.....	▼
Figuur II.3(c) Luchtfoto met locatie windturbine VT WT3, isorisicocontour van $10^{-5}/j$ en relevante effectafstanden voor mast- en gondelbreuk.....	▼
Figuur II.4 Luchtfoto met locaties windturbines en scheidingsafstanden tot bovengrondse installaties en ondergrondse transportleidingen.....	▼
Figuur III.1 Plaatsgebonden mensrisico van de windturbines	III.5
Figuur III.2(b) Luchtfoto met locatie windturbine VT WT2, gebouwen en trefhoeken en -oppervlaktes relevant in de bepaling van het groepsrisico	▼
Figuur III.2(c) Luchtfoto met locatie windturbine VT WT3, gebouwen en trefhoeken en -oppervlaktes relevant in de bepaling van het groepsrisico	▼
Figuur III.3(b) Groepsrisicocurve uitgaande van de windturbine VT WT2	III.12
Figuur III.3(c) Groepsrisicocurve uitgaande van de windturbine VT WT3	III.13

Figuur III.4 Faalfrequentieverhoging van de ondergrondse kerosineleiding ten gevolge van mastbreuk van windturbine VT WT3.....	III.16
Figuur III.5 Luchtfoto met locatie windturbine VT WT3, relevant deel van de transportleiding en impactzone leidend tot breuk en lek van de leiding	▼
Figuur III.6 Luchtfoto met locaties windturbines, hoogspanningslijnen en relevante effectafstanden tot de hoogspanningslijnen	▼

TERMINOLOGIE EN AFKORTINGEN

De in het voorliggende rapport gebruikte terminologie en afkortingen met hun betekenis worden hieronder in alfabetische volgorde opgesomd.

b	breedte
BPA	bijzonder plan van aanleg
D	rotordiameter
Gebied met kwetsbare locatie	Alle terreinen waarop zich scholen, ziekenhuizen of rust- en verzorgingstehuizen bevinden. Met scholen worden alle kleuter-, lager of secundair onderwijsinstellingen bedoeld. Universiteiten en hogescholen worden niet weerhouden aangezien deze personen voldoende zelfredzaam zijn.
Gebied met woonfunctie	1. Woongebied, bepaald volgens artikel 5 en 6 van het koninklijk besluit van 28 december 1972 betreffende de inrichting en de toepassing van de ontwerp-gewestplannen en de gewestplannen en de ermee vergelijkbare gebieden vastgesteld in de ruimtelijk uitvoeringsplannen met toepassing van het decreet van 18 mei 1999 houdende organisatie van de ruimtelijke ordening; 2. Groepen van minstens vijf bestaande, niet onteigende of in onteigeningsplannen opgenomen wooneenheden, die een ruimtelijk aaneengesloten geheel vormen, in andere gebieden dan vermeld in 1.
Groepsrisico	Het groepsrisico is de kans, per jaar, dat een aantal personen in de omgeving gelijktijdig omkomen door het falen van een windturbine.
h	hoogte
Hoofdwegen	De wegen zoals dusdanig aangegeven in het Ruimtelijk structuurplan Vlaanderen, gecoördineerde versie 2011
IEC	International Electrotechnical Commission
l	lengte
n.b.	niet bepaald
Plaatsgebonden mensrisico	Het plaatsgebonden risico, uitgedrukt per jaar, is de kans dat een persoon op een bepaalde plaats in de buurt van een windturbine overlijdt ten gevolge van het falen van de windturbine, wanneer deze persoon zich gedurende één jaar permanent en onbeschermd op die plaats zou bevinden.
Primaire wegen categorie I	De wegen zoals dusdanig aangegeven in het Ruimtelijk structuurplan Vlaanderen, gecoördineerde versie 2011
Publiek bezochte gebouwen en gebieden	Gebouwen en gebieden (incl. recreatiegebieden) waarbij de gemiddelde aanwezigheid minstens 200 personen per dag is of waarbij op piekmomenten minstens 1.000 personen aanwezig zijn. Met gemiddelde aanwezigheid wordt het gemiddeld aantal bezoekers gedurende de openingsperiode van het gebouw/gebied bedoeld.
RUP	ruimtelijk uitvoeringsplan
Samenwerkingsakkoord	Samenwerkingsakkoord tussen de Federale Staat, het Vlaamse Gewest, het Waalse Gewest en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest betreffende de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken
Sevesostoffen	Stoffen of mengsels, beantwoordend aan de criteria in bijlage 1, deel 1 of genoemd in bijlage 1, deel 2 van het Samenwerkingsakkoord
tpm	toeren per minuut
Vaanstand	Moderne windturbines kunnen de rotorbladen over hun eigen as roteren. De rotorbladen bevinden zich in de vaanstand wanneer ze maximaal uit de wind staan opgesteld.
WT	windturbine

I. INLEIDING

Het doel van deze veiligheidsstudie is het bepalen en evalueren van het externe mensrisico (zie § III.1 voor een definitie van het externe mensrisico) van operationele windturbines op hun omgeving. Concreet gaat het om de hervergunning van drie operationele windturbines gelegen ter hoogte van het bedrijventerrein van Volvo Trucks op het grondgebied van de stad Gent.

De veiligheidsstudie wordt opgesteld conform het door de Vlaamse overheid aanvaarde beoordelingskader dat beschreven wordt in het *Beoordelingskader Windturbines* [1]. Meer bepaald worden in dit document de risicocriteria, i.e. de toetsingswaarden voor de berekende externe mensrisico's beschreven. De externe mensrisico's worden berekend conform het *Handboek Windturbines* [2].

In § II van dit rapport worden de windturbines nader gesitueerd en worden de wat betreft het risico relevante karakteristieken van de windturbines beschreven. De risicoanalyse wordt opgenomen als § III van dit rapport, gevolgd door de besluiten in § IV.

Deze veiligheidsstudie werd opgesteld door de erkend VR-deskundige Filip Van den Schoor samen met Anna-Lee Robben.

Reproductie van de volledige studie is toegestaan. Gedeelten van de veiligheidsstudie mogen slechts worden gereproduceerd na verkregen schriftelijke toestemming van Embridge Belgium BV.

II. BESCHRIJVING WINDTURBINES

Hieronder worden de inplantingslocaties van de windturbines geduid (§ II.1) en worden de karakteristieken van de windturbines beschreven (§ II.2).

II.1. Inplantingslocaties windturbines

De windturbines bevinden zich ter hoogte van het bedrijventerrein van Volvo Trucks op het grondgebied van de stad Gent. Een uittreksel van het gewestplan met de aanduiding van de inplantingslocaties van de windturbines wordt opgenomen als figuur II.1. Deze figuur is (samen met enkele andere figuren) opgenomen in § VI achteraan dit document.

Hieronder wordt nagegaan welke bestemmingsplannen van kracht zijn binnen het effectgebied van de windturbines.

De inplantingslocaties van de windturbines bevinden zich volgens het gewestplan in industriegebied. Ter hoogte van de inplantingslocaties van de windturbines is het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan (RUP) *Afbakening Grootstedelijk gebied Gent* van kracht. Dit plan wijzigt de bestemming van het lokaal bedrijventerrein met openbaar karakter (gelegen ten zuidoosten van het industriegebied) en een deel van het agrarisch gebied (gelegen ten (noord)oosten van het industriegebied) in gemengd regionaal bedrijventerrein. Deze bestemmingswijziging komt tegemoet aan de behoefte van Volvo om uit te breiden en om aansluitend toeleveringsbedrijven te vestigen. Verder wijzigt het RUP de bestemming van een deel van het agrarisch gebied en natuurgebied (gelegen ten noordoosten van het industriegebied) in hoofdzakelijk recreatief bosgebied en agrarisch gebied met nabestemming bos- en natuurontwikkeling.

Het gewestelijk RUP *Volvo Trucks Gent – Wijziging deelplan 18 deelproject R4/N70 Oostakker Noord (3a) en deelproject Vliegveld Oostakker Lochristi (6a) Afbakening Grootstedelijk gebied Gent* leidt tot enkele bijkomende bestemmingswijzigingen. Zo wijzigt het plan o.a. de bestemming van de bufferzone (gelegen ten noordwesten van het industriegebied) in bosgebied en het agrarisch gebied (gelegen ten noordoosten van het industriegebied) in deels gemengd regionaal bedrijventerrein en deels woongebied.

In figuur II.1bis worden de bovenstaande bestemmingswijzigingen weergegeven op een bestemmingsplan.

Ten noordwesten van de inplantingslocatie van windturbine VT WT1 zijn het bijzonder plan van aanleg (BPA) *Centrum 1* en het gemeentelijk RUP *Stedelijk wonen* van kracht. Deze plannen leiden niet tot bestemmingswijzigingen binnen het effectgebied van de windturbine(s) en zijn bijgevolg niet relevant voor de voorliggende studie.

Er worden geen overige bestemmingsplannen teruggevonden die van toepassing zijn binnen het effectgebied van de windturbines.

Op figuur II.2 wordt het windturbineproject getoond op een kleurenorthofoto.

De windturbines bevinden zich op de locaties gegeven in de onderstaande tabel.

Tabel II.1 Lambert 72-coördinaten windturbines

windturbine	X-coördinaat	Y-coördinaat
VT WT1	108 839	198 162
VT WT2	109 121	197 945
VT WT3	109 416	197 720

In het projectgebied bevinden zich geen operationele, vergunde of geplande windturbines waarvan de effectgebieden mogelijk overlappen met deze van de windturbines die het voorwerp uitmaken van deze studie. Bijgevolg dienen er geen cumulatieve effecten beschouwd te worden.

II.2. Gegevens windturbines

II.2.1. Technische gegevens

Het project betreft de hervergunning van drie operationele windturbines. De windturbines zijn van het type Enercon E82 en worden gekenmerkt door de volgende gegevens:

- ❑ rotordiameter: 82 m;
- ❑ tiphoogte: 139 m;
- ❑ ashoogte: 98 m;
- ❑ max. nominaal rotortoerental: 17,5 tpm;
- ❑ afmetingen gondel (l x b x h): 11,40 m x 5,00 m x 5,53 m;
- ❑ diameter van de mast: < 8 m;
- ❑ massa gondel, rotor en bovenste mastdeel: < 300 ton.

De windturbines hebben stalen masten.

Voor de afstand van het zwaartepunt van het blad tot het rotorcentrum wordt uitgegaan van een generieke waarde gelijk aan 0,18 keer de rotordiameter [2].

II.2.2. Risicobeperkende maatregelen

Bij het ontwerp van windturbines wordt maximaal aandacht besteed aan het vermijden van ongevallen.

Alle windturbines zijn voorzien van:

- ❑ een ijsdetectiesysteem dat de windturbine automatisch stillegt bij ijsvorming;
- ❑ een bliksembeveiligingssysteem;
- ❑ een redundant remsysteem;
- ❑ een onlinecontrolesysteem, waarbij onregelmatigheden onmiddellijk worden gedetecteerd en doorgegeven aan een windturbine eigen controle-eenheid.

In de volgende paragrafen worden enkele risicobeperkende maatregelen nader toegelicht.

II.2.2.1. Certificering volgens windklasse

De mechanische belasting van windturbines wordt in sterke mate beïnvloed door de jaarlijks gemiddelde en de maximale windsnelheid en de turbulentie van de luchtstroming. Op basis hiervan worden geografische gebieden ingedeeld in windzones. In elke windzone worden slechts welbepaalde types windturbines toegelaten die zodanig ontworpen zijn dat zij bestand zijn tegen de in deze zone heersende windcondities. Aangezien de windsnelheid functie is van de hoogte wordt bij de keuze van de windturbine ook rekening gehouden met de ashoogte. De IEC klasse volgens dewelke een windturbine met inbegrip van de mast dient gecertificeerd te worden, wordt bepaald op basis van de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid.

II.2.2.2. IJsdetectiesysteem

Om ijsworp te voorkomen wordt elke windturbine uitgerust met een ijsdetectiesysteem dat de windturbine automatisch stillegt bij ijsvorming. Nadat de windturbine is stilgelegd ten gevolge van het ijsdetectiesysteem wordt een visuele of gelijkwaardige controle uitgevoerd op de wieken. De windturbine wordt niet opnieuw opgestart zonder dat alle ijs van de wieken is verwijderd.

Het ijsdetectiesysteem kan echter niet voorkomen dat er ijs gevormd wordt op de rotorbladen. IJsafzetting op de bladen kan leiden tot ijsbrokken die naar beneden vallen (zie § III.2.4 voor mogelijke maatregelen).

II.2.2.3. Bliksembeveiligingssysteem

Om bij blikseminslag schade aan de rotorbladen en mogelijke rotorbladworp te voorkomen is elke windturbine uitgerust met een adequaat bliksemafleidersysteem, dat maakt dat de windturbine, het personeel en de technische uitrusting in het algemeen beschermd zijn tegen blikseminslag. Het systeem beantwoordt aan de IEC 1024-1 regelgevingen en richtlijnen. Bovendien is er ook een interne beveiliging van de essentiële functies. De bliksembeveiliging wordt tevens periodiek gekeurd.

II.2.2.4. Redundant remsysteem

Om te voorkomen dat een windturbine boven het nominale toerental gaat draaien, wordt zij uitgerust met een redundant aerodynamisch remsysteem. Het aerodynamisch remmen bestaat erin om elk van de drie rotorbladen, met onafhankelijke elektronische besturing en eigen noodvoeding, uit de wind te draaien (vaanstand). Zodoende kan de windturbine afgeremd of gestopt worden. Het in vaanstand brengen van twee van de rotorbladen volstaat reeds om de windturbine tot stilstand te brengen. Eén rotorblad in vaanstand doet de windturbine reeds op een beduidend lager toerental draaien.

III. RISICOANALYSE

III.1. Inleiding

De risicoanalyse omvat enkel het externe mensrisico. Het externe mensrisico verbonden aan een windturbine is tweeledig. Enerzijds zijn er de directe risico's, m.n. de risico's die het gevolg zijn van de impact van onderdelen van de windturbine op personen in de omgeving. Anderzijds zijn aan de inplanting van een windturbine ook indirecte risico's verbonden. De impact van een windturbineonderdeel in de omgeving hoeft namelijk niet rechtstreeks een persoon te treffen om een risico in te houden voor deze persoon. De impact op een nabijgelegen installatie (met Sevesostoffen) kan aanleiding geven tot een secundair ongeval waardoor mogelijk slachtoffers vallen in de omgeving. De indirecte risico's verbonden aan een windturbine zijn afhankelijk van de aard van de installaties met Sevesostoffen die in de omgeving aanwezig zijn.

Het externe mensrisico wordt in Vlaanderen geëvalueerd op basis van een bepaling van enerzijds het plaatsgebonden mensrisico en anderzijds het groepsrisico.

PLAATSGEBONDEN MENSRISSICO – Het plaatsgebonden mensrisico, uitgedrukt per jaar, is de kans dat een persoon op een bepaalde plaats in de buurt van een installatie (zoals bv. een windturbine) of een inrichting overlijdt ten gevolge van een zwaar ongeval met de installatie of binnen de inrichting, wanneer deze persoon zich gedurende één jaar permanent en onbeschermd op die plaats zou bevinden.

Het plaatsgebonden mensrisico van een installatie of inrichting wordt typisch voorgesteld op een kaart (grond- of bestemmingsplan) waarbij punten met een gelijk plaatsgebonden mensrisico worden verbonden tot zogenaamde isorisicocontouren (IRC).

GROEPSRISSICO – Het groepsrisico is de kans (per jaar) dat een aantal personen in de omgeving van een installatie (zoals bv. een windturbine) of inrichting gelijktijdig omkomt ten gevolge van een zwaar ongeval met de installatie of binnen de inrichting.

Voor de berekening van het groepsrisico worden alle personen meegenomen als externe personen, inclusief de personen van het bedrijf waar de windturbine wordt geplaatst (tenzij het een ingedeelde inrichting of activiteit betreft) [1]. Bij de berekeningen zijn zowel de aantallen externe personen van belang als de tijd dat ze zich op jaarbasis gemiddeld ter hoogte van de bestudeerde installatie of inrichting ophouden.

III.2. Relevante scenario's

Op basis van het *Handboek Windturbines* [2] worden de volgende scenario's met windturbines als relevant beschouwd in het kader van het externe mensrisico:

- ❑ het naar beneden vallen van de gondel en/of de rotor van de windturbine (gondelbreuk);
- ❑ het structureel falen van de mast van de windturbine (mastbreuk);
- ❑ het afwerpen van een rotorblad (bladbreuk).

De bovenstaande scenario's worden hieronder verder toegelicht.

III.2.1. Gondelbreuk

Bij het naar beneden vallen van de gondel en/of de rotor van de windturbine wordt verondersteld dat personen en installaties die zich op een afstand van minder dan de halve rotordiameter bevinden, getroffen kunnen worden door de impact van de gondel of de rotor. Voor gondelbreuk wordt een faalfrequentie verondersteld van $1,8 \cdot 10^{-5}/j$ [2].

De effectafstanden voor het zwaartepunt en voor de tip van een blad in het geval van gondelbreuk (en van mastbreuk in de bovenste masthelft¹⁾) worden bepaald door de rotordiameter van de windturbine. Deze effectafstanden bedragen 14,8 m (zwaartepunt), respectievelijk 41 m (tip) voor een windturbine met een rotordiameter van 82 m (zie § II.2.1).

III.2.2. Mastbreuk

Bij het falen van de mast van de windturbine kunnen personen en installaties die zich op een afstand van minder dan de tiphoogte (i.e. de ashoogte vermeerderd met de halve rotordiameter) bevinden, getroffen worden door de impact van de mast, de gondel of de rotor. Voor mastbreuk wordt een faalfrequentie verondersteld van $5,8 \cdot 10^{-5}/j$ [2].

De trefkansen van gebouwen, installaties e.d. voor het scenario mastbreuk worden grafisch bepaald, tenzij anders vermeld. Hierbij wordt uitgegaan van de volgende aannames voor een stalen mast [2]:

- ❑ de frequentie voor mastbreuk aan de voet van de mast bedraagt $1,5 \cdot 10^{-5}/j$, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de frequentie voor mastbreuk boven het maaiveld in de onderste helft van de mast bedraagt $3,5 \cdot 10^{-5}/j$ en is uniform verdeeld over de halve hoogte, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de frequentie voor mastbreuk boven het maaiveld in de bovenste helft van de mast bedraagt $8,0 \cdot 10^{-6}/j$ en is uniform verdeeld over de halve hoogte, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de hoek waarin de mast valt is onafhankelijk van de windrichting (uniforme verdeling).

De effectafstanden voor het zwaartepunt en voor de tip van een blad in het geval van mastbreuk worden bepaald door de ashoogte en de rotordiameter van de windturbine. Deze effectafstanden bedragen 112,8 m (zwaartepunt), respectievelijk 139 m (tip) voor een windturbine met een ashoogte van 98 m en een tiphoogte (som van de ashoogte en de halve rotordiameter) van 139 m (zie § II.2.1).

III.2.3. Bladbreuk

Bij het afwerpen van een rotorblad kunnen personen en installaties die zich op grote afstand bevinden, getroffen worden door de impact van een (fragment van een) rotorblad. De afstand waarover rotorbladen kunnen worden weggeslingerd, wordt bepaald met een kogelbaanmodel [2] en is o.a. afhankelijk van de rotorsnelheid bij afbreken van het rotorblad.

¹ Deze wordt gelijkgesteld aan de effectafstand voor gondelbreuk. In het geval van mastbreuk in de onderste masthelft komt de gondel neer aan de voet van de mast wanneer de mast in de helft breekt. In het geval de mast in de bovenste masthelft breekt, ligt het voor de hand om dezelfde aanname aan te houden (althoewel de gondel strikt genomen niet op de grond terecht komt).

Er worden twee scenario's beschouwd op basis van het *Handboek Windturbines* [2]:

- ❑ bladbreuk bij nominaal toerental;
- ❑ bladbreuk bij overtoeren, d.i. bij 2 keer het nominaal toerental.

Voor bladbreuk bij nominaal toerental wordt een faalfrequentie verondersteld van $6,2 \cdot 10^{-4}/j$ [2] en voor bladbreuk bij overtoeren een faalfrequentie van $5,0 \cdot 10^{-6}/j$ [2].

De werpafstand wordt bij toepassing van het kogelbaanmodel volledig bepaald door de rotordiameter, de ashoogte, de rotorsnelheid en de ligging van het zwaartepunt van het rotorblad. Hierbij geldt dat bij gelijkblijvende tiphoogte de werpafstand toeneemt naarmate de rotordiameter toeneemt (en de ashoogte afneemt). Verder neemt de werpafstand toe bij toenemende rotorsnelheid.

Een overzicht van de maximale werpafstanden voor het zwaartepunt van een rotorblad voor de twee deelscenario's wordt weergegeven in de onderstaande tabel. Voor de afstand van het zwaartepunt van het blad tot het rotorcentrum wordt uitgegaan van een generieke waarde gelijk aan 0,18 keer de rotordiameter.

Tabel III.1 Effectafstanden bladbreuk

type	rotor-diameter [m]	ashoogte [m]	nom. toerental [tpm]	maximale werpafstand zwaartepunt [m]		max. effectafstand tip van een blad [m]
				bladbreuk bij nominaal toerental	bladbreuk bij overtoeren	
Enercon E82	82	98	17,5	143	384	411

De maximale effectafstand voor de tip van een blad (in het geval van bladbreuk) bedraagt 411 m.

III.2.4. IJsworp en ijssval

Het scenario ijsworp wordt niet weerhouden in deze studie, aangezien elke windturbine voorzien dient te zijn van een ijsdetectiesysteem, dat de windturbine stillegt wanneer er ijsafzetting gedetecteerd wordt (zie § II.2.2.2). Het ijsdetectiesysteem kan echter niet voorkomen dat er ijs gevormd wordt op de rotorbladen. Er zijn evenwel maatregelen getroffen worden om het risico dat verbonden is aan ijssval te beperken.

Bij risico op ijssval wordt er een signaal verstuurd naar de veiligheidscoördinator, wordt de windturbine stilgezet en wordt er signalisatie voorzien. Binnen een straal van 60 m rond de windturbines mogen dan geen werknemers onbeschermd werken

III.3. Analyse van het plaatsgebonden mensrisico

Voor de evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico worden scheidingsafstanden van de windturbines berekend tot aan externe activiteiten ($10^{-5}/j$), tot aan gebieden met woonfunctie ($10^{-6}/j$) en tot aan gebieden met kwetsbare locaties ($10^{-7}/j$).

III.3.1. Bepaling van het plaatsgebonden mensrisico

III.3.1.1. Berekeningswijze

Het plaatsgebonden mensrisico (PR) wordt in de voorliggende studie berekend uitgaande van het *Handboek Windturbines* [2].

Het bladoppervlak wordt berekend als $0,029 \cdot D^{1,81}$ waarin D (m) de rotordiameter is, terwijl het kritieke oppervlak berekend wordt als 1,1 keer het bladoppervlak.

De verhouding s (-) van het totale bladoppervlak tot het oppervlak bestreken door de rotor wordt berekend uit de rotordiameter D (m):

$$s = \frac{3 \cdot 0,029 \cdot D^{1,81}}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}}$$

Voor de afstand van het zwaartepunt van het blad tot het rotorcentrum wordt uitgegaan van een generieke waarde gelijk aan 0,18 keer de rotordiameter.

III.3.1.2. Resultaten

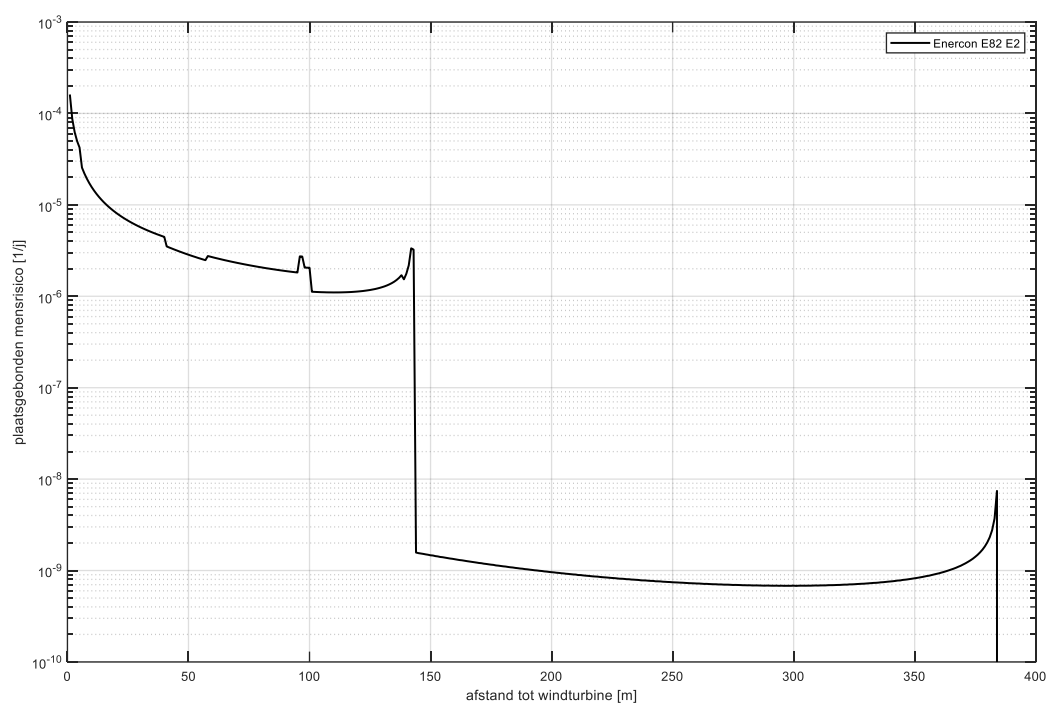
De resultaten van de berekeningen worden getoond in de onderstaande tabel.

Tabel III.2 Berekende scheidingsafstanden

type	rotor-diameter [m]	ashoogte [m]	nom. toerental [rpm]	scheidingsafstanden [m]		
				externe activiteiten ($10^{-5}/j$)	gebied met woonfunctie ($10^{-6}/j$)	kwetsbare locaties ($10^{-7}/j$)
Enercon E82	82	98	17,5	16,2	143	143

De onderstaande figuur toont het verloop van het berekende plaatsgebonden mensrisico in functie van de afstand tot de windturbines.

Figuur III.1 Plaatsgebonden mensrisico van de windturbines



III.3.2. Evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico

Het plaatsgebonden mensrisico wordt per windturbine berekend en beoordeeld.

III.3.2.1. Windturbine VT WT1

EXTERNE PERSONEN – De scheidingsafstand voor frequente en langdurige aanwezigheid² van externe personen bedraagt 16,2 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen permanente, individuele werkplaatsen, noch wooneenheden (zie figuur II.3(a)). **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-5}/j$ isorisicocontour voor externe activiteiten voldaan is.**

GEBIEDEN MET WOONFUNCTIE – De scheidingsafstand voor gebieden met woonfunctie bedraagt 143 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen woongebieden (zie figuur II.1). Bovendien bevindt er zich binnen deze afstand geen groep van minstens vijf (zonevreemde) woningen die een ruimtelijk aaneengesloten geheel vormen. **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-6}/j$ isorisicocontour voor gebieden met woonfunctie voldaan is.**

GEBIEDEN MET KWETSBARE LOCATIES – Onder gebieden met kwetsbare locaties worden alle terreinen verstaan waarop zich scholen, ziekenhuizen, rust- of verzorgingstehuizen bevinden. De scheidingsafstand voor gebieden met kwetsbare locaties bedraagt 143 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen gebieden met kwetsbare locaties. **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-7}/j$ isorisicocontour voor gebieden met kwetsbare locaties voldaan is.**

III.3.2.2. Windturbine VT WT2

EXTERNE PERSONEN – De scheidingsafstand voor frequente en langdurige aanwezigheid² van externe personen bedraagt 16,2 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen permanente, individuele werkplaatsen, noch wooneenheden (zie figuur II.3(b)). **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-5}/j$ isorisicocontour voor externe activiteiten voldaan is.**

GEBIEDEN MET WOONFUNCTIE – De scheidingsafstand voor gebieden met woonfunctie bedraagt 143 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen woongebieden (zie figuur II.1). Bovendien bevindt er zich binnen deze afstand geen groep van minstens vijf (zonevreemde) woningen die een ruimtelijk aaneengesloten geheel vormen. **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-6}/j$ isorisicocontour voor gebieden met woonfunctie voldaan is.**

GEBIEDEN MET KWETSBARE LOCATIES – Onder gebieden met kwetsbare locaties worden alle terreinen verstaan waarop zich scholen, ziekenhuizen, rust- of verzorgingstehuizen bevinden. De scheidingsafstand voor gebieden met kwetsbare locaties bedraagt 143 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen gebieden met kwetsbare locaties. **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-7}/j$ isorisicocontour voor gebieden met kwetsbare locaties voldaan is.**

² Aangezien het plaatsgebonden mensrisico berekend wordt in de veronderstelling dat een persoon zich permanent op een en dezelfde plaats bevindt, is het plaatsgebonden mensrisico op een bepaalde plaats slechts een risicomaat voor personen die zich frequent en langdurig op die plaats bevinden.

III.3.2.3. Windturbine VT WT3

EXTERNE PERSONEN – De scheidingsafstand voor frequente en langdurige aanwezigheid² van externe personen bedraagt 16,2 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen permanente, individuele werkplaatsen, noch wooneenheden (zie figuur II.3(c)). **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-5}/j$ isorisicocontour voor externe activiteiten voldaan is.**

GEBIEDEN MET WOONFUNCTIE – De scheidingsafstand voor gebieden met woonfunctie bedraagt 143 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen woongebieden (zie figuur II.1). Bovendien bevindt er zich binnen deze afstand geen groep van minstens vijf (zonevreemde) woningen die een ruimtelijk aaneengesloten geheel vormen. **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-6}/j$ isorisicocontour voor gebieden met woonfunctie voldaan is.**

GEBIEDEN MET KWETSBARE LOCATIES – Onder gebieden met kwetsbare locaties worden alle terreinen verstaan waarop zich scholen, ziekenhuizen, rust- of verzorgingstehuizen bevinden. De scheidingsafstand voor gebieden met kwetsbare locaties bedraagt 143 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen gebieden met kwetsbare locaties. **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-7}/j$ isorisicocontour voor gebieden met kwetsbare locaties voldaan is.**

III.4. Analyse van het groepsrisico

Het groepsrisico is afhankelijk van de aanwezige populatie. Hieronder wordt nagegaan of er zich een significante³ populatie in de omgeving van de windturbines bevindt. Indien dit het geval is, zal het groepsrisico berekend worden.

III.4.1. Populatie in de omgeving van de windturbines

PERSONEN IN OPENLUCHT – In de bepaling van het groepsrisico voor personen die zich in openlucht bevinden is de populatiedichtheid bepalend. Algemeen geldt dat hoe hoger de populatiedichtheid in de omgeving van de windturbines is, des te hoger is de kans dat 10 of meer personen tegelijkertijd getroffen worden. Typische voorbeelden van locaties die mogelijk relevant zijn voor het groepsrisico zijn locaties waar grote evenementen met veel publiek, zoals muziekfestivals of sportwedstrijden, worden georganiseerd. Ter hoogte van windturbine VT WTI (en in mindere mate ter hoogte van de andere windturbines) bevinden zich terreinen waarop trucks (en wagens) geparkeerd worden. Of een groep personen aanwezig in openlucht relevant is voor de evaluatie van het groepsrisico of niet kan nagegaan worden op basis van de minimale personendichtheid die zou leiden tot 10 of meer slachtoffers bij impact van de windturbine op de grond. Om een inschatting te maken van het verwachte aantal slachtoffers voor een bepaalde personendichtheid wordt de totale impactoppervlakte bepaald. In het geval van mastbreuk betreft dit de oppervlakte van de mast, de rotor en de gondel. Specifiek wordt uitgegaan van de volgende impactoppervlaktes:

- ❑ Voor de mast wordt uitgegaan van een lengte van 98 m en een gemiddelde breedte (diameter) van 4 m. Dit geeft een impactoppervlakte van 392 m² voor de volledige mast;
- ❑ Voor de bladen wordt de oppervlakte berekend als $0,029 \times D^{1,81}$. Dit geeft voor een rotordiameter $D = 82$ m een impactoppervlakte van 84 m² (per blad);
- ❑ Voor de gondel wordt uitgegaan van een (afgeronde) oppervlakte van 200 m².

De maximale (totale) impactoppervlakte in het geval van gondelbreuk bedraagt ca. 450 m², terwijl deze in het geval van mastbreuk ca. 850 m² bedraagt. Bijgevolg is er slechts een mogelijk relevant groepsrisico wanneer er frequent en langdurig meer dan 110 personen aanwezig zijn binnen het effectgebied voor gondelbreuk (met een oppervlakte van ca. 5.000 m²) of meer dan 475 personen binnen het relevante deel van het effectgebied voor mastbreuk (met een oppervlakte van ca. 40.300 m²) van windturbine VT WTI. Een groep van deze omvang wordt echter niet verwacht aanwezig te zijn binnen de respectieve effectgebieden. Binnen de maximale effectafstand van de windturbines zijn er dan ook geen locaties teruggevonden waar een grote groep personen met een hoge populatiedichtheid in openlucht frequent en langdurig wordt verwacht.

PERSONEN IN GEBOUWEN – Voor personen die zich binnen een gebouw bevinden wordt bladbreuk niet beschouwd. De relevante scenario's zijn bijgevolg enkel mastbreuk en gondelbreuk [2]. Wanneer een gebouw in het geval van mast- of gondelbreuk enkel door de tip van een blad (i.e. het bovenste deel van een blad) wordt geraakt, wordt aangenomen dat dit niet leidt tot het instorten van het gebouw. Wanneer een gebouw in het geval van mast- of gondelbreuk daarentegen wordt geraakt door de mast, de gondel of de voet van een blad (i.e. het onderste deel van een blad) wordt aangenomen dat dit leidt tot het volledig instorten van het gebouw. Voor de voorliggende studie

³ significant voor wat betreft de evaluatie van het groepsrisico

betekent dit concreet dat het onwaarschijnlijk wordt geacht dat er 10 dodelijke slachtoffers of meer vallen in een gebouw dat zich op meer dan 112,8 m van de windturbines bevindt, aangezien dit gebouw bij mastbreuk niet kan getroffen worden door de mast, de gondel of de voet van een blad.

In tabellen III.3(a)–(c) wordt voor elke windturbine afzonderlijk een overzicht gegeven van de gebouwen die gelegen zijn binnen de relevante scheidingsafstand van de windturbine. De populatie in deze gebouwen is evenwel niet steeds relevant voor de evaluatie van het groepsrisico. Er wordt immers aangenomen dat bij het instorten van (een deel van) een gebouw 50% van de aanwezige personen dodelijk getroffen wordt door de impact van brokstukken van het gebouw en/of delen van de windturbine [2]. Concreet betekent dit dat enkel wanneer er zich minstens 20 personen bevinden in (het deel van) het gebouw dat instort (of de gebouwen die gelijktijdig instorten), het potentieel aantal dodelijke slachtoffers 10 of meer bedraagt. **Het groepsrisico van de windturbines wordt geanalyseerd in § III.4.2.**

HOOFDTRANSPORTWEGEN VOOR PERSONENVERVOER – De personen die gebruikmaken van de verkeersinfrastructuur in de omgeving van de windturbines en die in het kader van de externe veiligheid mogelijk in rekening moeten worden gebracht zijn de gebruikers van hoofdspoorwegen voor personenvervoer, hoofdwegen of primaire wegen van de categorie I [3]. Binnen een straal van 139 m rond de windturbines bevinden zich geen relevante wegen (zie figuren II.3(a)–(c)).

III.4.2. Bepaling en evaluatie van het groepsrisico

Er wordt aangenomen dat bij het instorten van (een deel van) een gebouw de helft van de aanwezige personen dodelijk getroffen wordt door de impact van brokstukken van het gebouw en/of delen van de windturbine.

De faalfrequentie voor breuk van een stalen mast bedraagt $5,8 \cdot 10^{-5}/j$. In de berekening van de kans op impact met een gebouw wordt uitgegaan van de volgende aannames:

- ❑ de frequentie voor mastbreuk aan de voet van de mast bedraagt $1,5 \cdot 10^{-5}/j$, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de frequentie voor mastbreuk boven het maaiveld in de onderste helft van de mast bedraagt $3,5 \cdot 10^{-5}/j$ en is uniform verdeeld over de halve hoogte, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de frequentie voor mastbreuk boven het maaiveld in de bovenste helft van de mast bedraagt $8,0 \cdot 10^{-6}/j$ en is uniform verdeeld over de halve hoogte, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de hoek waarin de mast valt is onafhankelijk van de windrichting (uniforme verdeling).

De kans wordt bepaald dat het gebouw getroffen wordt door de gondel, de mast of het onderste deel van het blad. Deze impactkans leidt tot conservatieve resultaten, aangezien ze de kans geeft dat het gebouw getroffen wordt en niet de kans dat het gebouw op een dusdanige wijze getroffen wordt dat het kan instorten. Voor het scenario van mastbreuk aan de voet wordt de kans bepaald door de hoek waarin de mast dient te vallen opdat het gebouw zou getroffen worden, terwijl voor het scenario van mastbreuk boven het maaiveld de kans bepaald wordt door de oppervlakte waarin de gondel dient te vallen opdat het gebouw zou getroffen worden. De verschillende hoeken en oppervlaktes die van belang zijn in de bepaling van het groepsrisico van de windturbines worden getoond in figuren III.2(b)–(c).

In de bepaling van het groepsrisico van de windturbines wordt rekening gehouden met de tijdsfractie waarin de personen aanwezig zijn in het gebouw. Deze tijdsfractie wordt gegeven in tabellen III.3(a)–(c).

Er wordt rekening gehouden met het gelijktijdig treffen van gebouwen.

Indien de afstand tot een gebouw kleiner is dan de effectafstand van het zwaartepunt van een rotorblad in het geval van gondelbreuk, wordt tevens – indien de aanwezige populatie in het gebouw relevant is voor de evaluatie van het groepsrisico - rekening gehouden met de faalwijzen gondelbreuk en mastbreuk in de bovenste masthelft.

III.4.2.1. Windturbine VT WT1

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de gebouwen, waar frequent personen aanwezig zijn en die gelegen zijn binnen 112,8 m van windturbine VT WT1.

Tabel III.3(a) Gebouwen met frequente bezetting binnen de relevante effectafstand van windturbine VT WT1

gebouw	symbool ⁽¹⁾	aantal personen in het gebouw ⁽²⁾	tijdsfractie ⁽²⁾			relevant voor groepsrisico
			uren/dag	dagen/jaar	tijdsfractie	
Volvo Trucks – 1	G1	6	24	261	0,715	neen
		2	8	104	0,095	neen
Volvo Trucks – 2 a	G2	80	8	261	0,238	neen ⁽⁴⁾
Volvo Trucks – 2 b	G3	10	16	261	0,477	neen

⁽¹⁾ De gebouwen worden aan de hand van hun symbool getoond op figuur II.3(a).

⁽²⁾ Deze gegevens zijn bekomen van de opdrachtgever in maart 2025.

⁽⁴⁾ Het gebouw is niet gelegen binnen de relevante effectafstand.

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat er zich geen voor het groepsrisico relevante populatie in de gebouwen binnen de relevante effectafstand van windturbine VT WT1 bevindt.

Gelet op de bovenstaande analyse van de populatie in de omgeving van windturbine VT WT1 wordt besloten dat het groepsrisico van de windturbine voldoet aan het criterium.

III.4.2.2. Windturbine VT WT2

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de gebouwen, waar frequent personen aanwezig zijn en die gelegen zijn binnen 112,8 m van windturbine VT WT2.

Tabel III.3(b) Gebouwen met frequente bezetting binnen de relevante effectafstand van windturbine VT WT2

gebouw	symbool ⁽¹⁾	aantal personen in het gebouw ⁽²⁾	tijdsfractie ⁽²⁾			relevant voor groepsrisico
			uren/dag	dagen/jaar	tijdsfractie	
Volvo Trucks – 3	G4	75	16	261	0,477	ja
		20	8	261	0,238	ja
		40	8	104	0,095	ja
brandweerkazerne	G5	-	-	-	-	neen
Volvo Trucks – 4	G6 – G12 ⁽⁴⁾	235	16	261	0,477	ja
Volvo Trucks – tent	G13	-	-	-	-	neen
Volvo Trucks – tent	G14	-	-	-	-	neen
Volvo Trucks – 5	G15	90 ⁽³⁾	16	261	0,238	ja

⁽¹⁾ De gebouwen worden aan de hand van hun symbool getoond op figuur III.3(b).

⁽²⁾ Deze gegevens zijn bekomen van de opdrachtgever in maart 2025, tenzij anders vermeld.

⁽³⁾ Dit betreft een schatting op basis van de aard en de omvang van het gebouw.

⁽⁴⁾ Het gebouw is ten behoeve van de berekening van het groepsrisico opgedeeld in deelgebouwen.

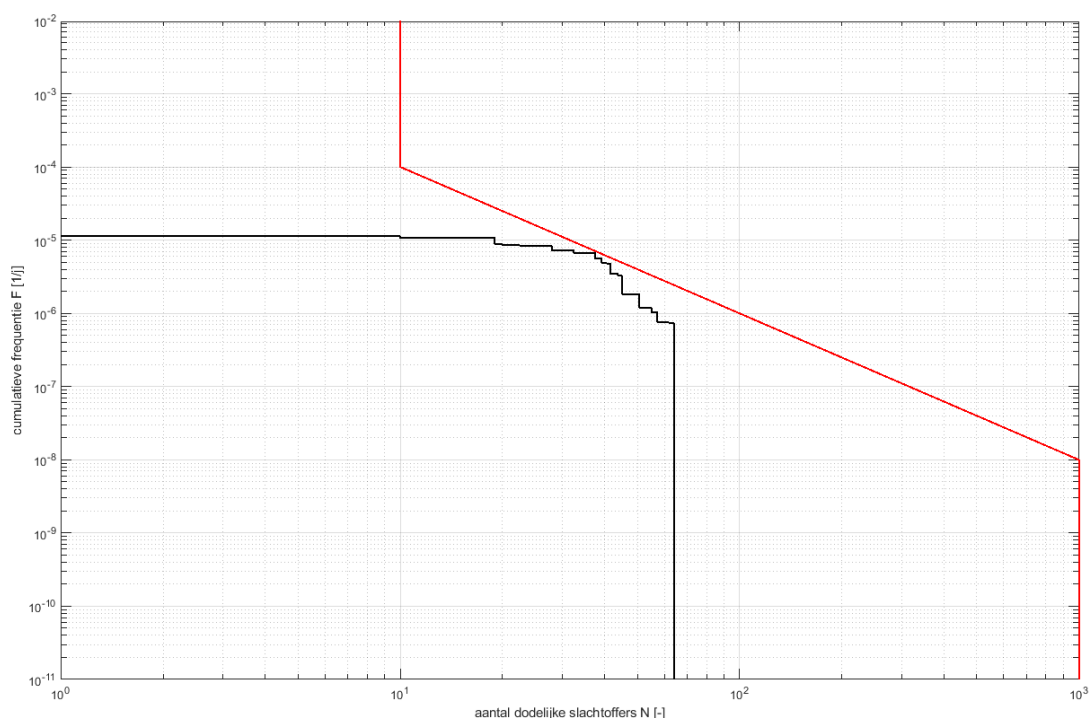
Het gebouw **Volvo Trucks – 4** (zie figuur II.3(b)) bestaat uit een structuur van primaire balken waarop loodrecht secundaire balken zijn geplaatst. De primaire balken zijn 25 m lang, terwijl de secundaire balken 18 m lang zijn. Samen vormen ze een zogenaamde beuk van 25 m x 18 m. Bij het treffen van een beuk wordt enkel het instorten van aangrenzende beuken mogelijk geacht. Dit maakt dat bij het treffen van het gebouw niet het volledige

gebouw zal instorten. In de berekening van het groepsrisico wordt het gebouw dan ook opgedeeld in enkele deelgebouwen, i.c. G6 – G12. Hierbij wordt opgemerkt dat niet het volledige gebouw betrokken wordt in de berekening, maar enkel het deel van het gebouw dat zich binnen de relevante scheidingsafstand van de windturbine bevindt. De deelgebouwen bestaan uit meerdere beuken. Bij het treffen van een deelgebouw, wordt aangenomen dat naast het deelgebouw ook de aangrenzende beuken (met afmetingen 25 m x 18 m) instorten.⁴ Er wordt verder aangenomen dat de aanwezigen uniform verdeeld zijn over de volledige oppervlakte van het gebouw, wat neerkomt op ca. 1 persoon per 100 m² en ca. 4,5 personen per beuk.

De benodigde gegevens en tussenresultaten voor de berekening van het groepsrisico van windturbine VT WT2 worden getoond in tabel III.4(b) (zie ook figuur III.2(b)). Deze tabel is opgenomen in § VI achteraan dit document.

Het groepsrisico dat uitgaat van de inplanting van windturbine VT WT2, wordt – rekening houdend met de huidige omgeving, de hoger vermelde aannames en de resultaten van de kansberekeningen – getoond in figuur III.3(b). Het criterium voor het groepsrisico wordt getoond in de figuur door middel van de rode lijn. Het berekende groepsrisico (de zwarte lijn) dient zich onder deze rode lijn te bevinden. **Uit de figuur blijkt dat het groepsrisico van windturbine VT WT2 voldoet aan het criterium.** Er wordt opgemerkt dat het berekende groepsrisico een overschatting is, aangezien het gebouw Volvo Trucks – 4 niet werd opgedeeld in de kleinst mogelijke deelgebouwen, m.n. de afzonderlijke beuken. Teneinde de berekening eenvoudig en de resultaten voldoende inzichtelijk te houden, werd deze werkwijze verkozen boven een meer gedetailleerde werkwijze.

Figuur III.3(b) Groepsrisicocurve uitgaande van windturbine VT WT2



⁴ De aangrenzende beuken zijn deze die met een volledige zijde grenzen aan het getroffen deelgebouw.

III.4.2.3. Windturbine VT WT3

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de gebouwen, waar frequent personen aanwezig zijn en die gelegen zijn binnen 112,8 m van windturbine VT WT3.

Tabel III.3(c) Gebouwen met frequente bezetting binnen de relevante effectafstand van windturbine VT WT3

gebouw	symbool ⁽¹⁾	aantal personen in het gebouw ⁽²⁾	tijdsfractie ⁽²⁾			relevant voor groepsrisico
			uren/dag	dagen/jaar	tijdsfractie	
Volvo Trucks – 6	G16	40	16	261	0,477	ja
Volvo Trucks – 7	G17	15	8	261	0,238	ja ⁽³⁾
Volvo Trucks – 8 a	G18	160	16	261	0,477	ja
Volvo Trucks – 8 b	G19	-	-	-	-	-
Volvo Trucks – 8 c	G20	15	16	261	0,477	neen
Volvo Trucks – 9	G21	10	16	261	0,477	ja ⁽³⁾

⁽¹⁾ De gebouwen worden aan de hand van hun symbool getoond op figuur III.3(c).

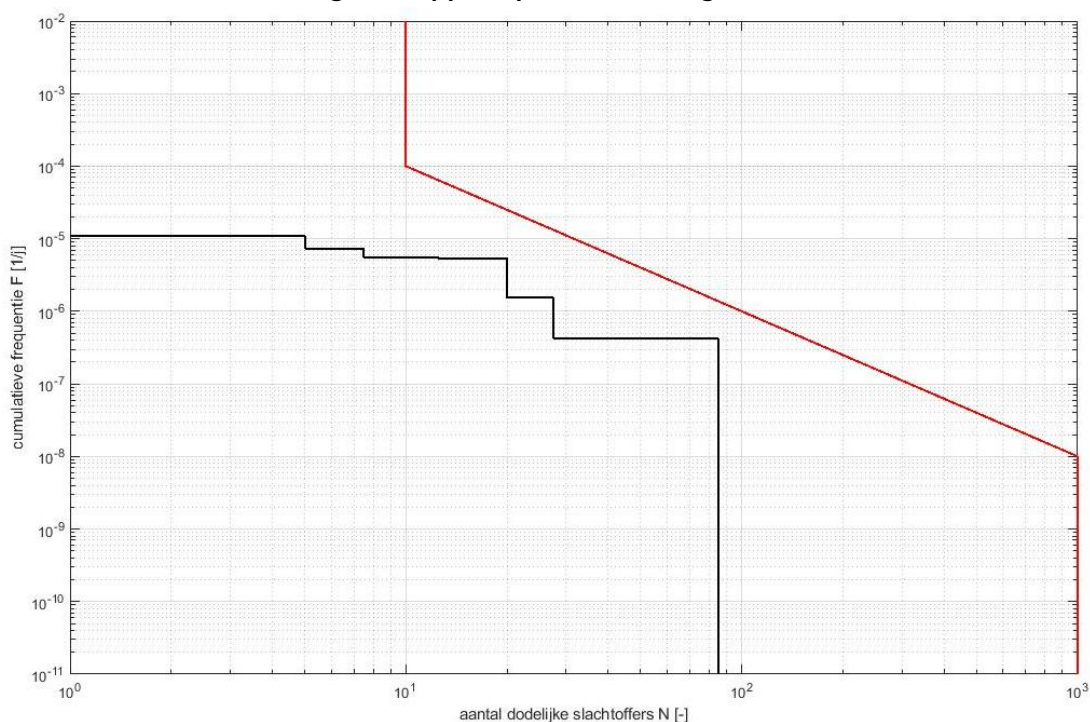
⁽²⁾ Deze gegevens zijn bekomen van de opdrachtgever in maart 2025.

⁽³⁾ bij gelijktijdig treffen van meerdere gebouwen

De benodigde gegevens en tussenresultaten voor de berekening van het groepsrisico van windturbine VT WT3 worden getoond in tabel III.4(c) (zie ook figuur III.2(c)). Deze tabel is opgenomen in § VI achteraan dit document.

Het groepsrisico dat uitgaat van de inplanting van windturbine VT WT3, wordt – rekening houdend met de huidige omgeving, de hoger vermelde aannames en de resultaten van de kansberekeningen – getoond in figuur III.3(c). Het criterium voor het groepsrisico wordt getoond in de figuur door middel van de rode lijn. Het berekende groepsrisico (de zwarte lijn) dient zich onder deze rode lijn te bevinden. **Uit de figuur blijkt dat het groepsrisico van windturbine VT WT3 voldoet aan het criterium.**

Figuur III.3(c) Groepsrisicocurve uitgaande van windturbine VT WT3



III.5. Analyse van de indirecte risico's

III.5.1. Aanwezigheid van Sevesostoffen

Sevesostoffen kunnen aanwezig zijn op het terrein van de inrichtingen die in de omgeving van de windturbines gevestigd zijn maar ook in ondergrondse leidingen en de bijhorende bovengrondse installaties (zoals drukreducerstations) of ter hoogte van transportroutes (bv. in tankwagens of spoorwagens).

Hieronder wordt nagegaan of er zich relevante installaties met Sevesostoffen in de omgeving van de windturbines bevinden. Indien dit het geval is, zal het indirecte risico voor deze installaties geanalyseerd worden. De aard van de analyse hangt af van de aard van de installatie.

INRICHTINGEN MET SEVESOSTOFFEN – Er bevinden zich geen Seveso-inrichtingen of LPG-, LNG-, CNG-, of waterstofstankstations binnen de maximale effectafstand (411 m) van de windturbines (zie figuur II.4). Bovendien bevinden er zich geen inrichtingen van klasse 1 omwille van de aanwezigheid van Sevesostoffen binnen de effectafstand voor mastbreuk (139 m). **Er is bijgevolg geen nadere analyse vereist.**

ONDERGRONDSE TRANSPORTLEIDINGEN – Uit een analyse van de mogelijke scenario's en de mogelijke schademechanismen bij impact van een windturbine op de grond (m.n. penetratie en grondtrillingen) [4] blijkt dat mogelijke domino-effecten van een windturbine op een ondergrondse leiding slechts relevant zijn indien de afstand tussen de windturbine en de leiding kleiner is dan een bepaalde scheidingsafstand. Deze scheidingsafstand wordt berekend op basis van de karakteristieken van de windturbines (de massa van de gondel, de rotor en het bovenste mastdeel en de ashoogte) en bedraagt max. 119 m voor de windturbines⁵.

Via het Kabel- en Leidinginformatieportaal (KLIP) is nagegaan of in het projectgebied transportleidingen met Sevesostoffen gelegen zijn. Er bevindt zich een ondergrondse NATO-leiding beheerd door BPO op een minimale afstand van ca. 89 m van windturbine VT WT3. **Het indirecte risico voor deze ondergrondse transportleiding wordt geanalyseerd in § III.5.2.**

DRUKREDUCEERSTATIONS – Er bevinden zich geen drukreducerstations binnen de maximale effectafstand van de windturbines (zie ook figuur II.4). **Er is bijgevolg geen nadere analyse vereist.**

TRANSPORT – In de omgeving van de windturbines worden mogelijk Sevesostoffen getransporteerd. Enkel in uitzonderlijke gevallen zal het indirecte risico van het transport van Sevesostoffen over de weg, het spoor of het water mogelijk relevant zijn. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de aanwezigheid van een LNG-bunkerschip binnen de maximale effectafstand van een windturbine. Een dergelijk geval wordt hier niet teruggevonden. **Er is bijgevolg geen nadere analyse vereist.**

⁵ Deze scheidingsafstand is berekend uitgaande van een ashoogte van 98 m en een max. massa van de gondel, de rotor en het bovenste mastdeel van 300 ton.

III.5.2. Analyse van het indirecte risico voor de ondergrondse NATO-leiding

Er bevindt zich een ondergrondse NATO-transportleiding met kerosine op een minimale afstand van ca. 89 m van de inplantingslocatie van windturbine VT WT3 (zie figuur II.4).

Hieronder zal het risico dat indirect veroorzaakt wordt door windturbine VT WT3 (i.e. ten gevolge van het falen van de leiding veroorzaakt door de impact van een onderdeel van de windturbine) geanalyseerd worden.

III.5.2.1. Frequentieanalyse

Er wordt uitgegaan van het volgende schadecriterium: indien de gondel op de grond terechtkomt op een afstand kleiner dan de impactafstand, wordt de leiding beschadigd in het segment dat zich het dichtst bij de plaats van impact bevindt. De impactafstand is o.a. functie van de ashoogte (98 m) en de massa van de gondel, de rotor en het bovenste mastdeel (max. 300 ton). Voor de kerosineleiding met een buitendiameter van 323,85 mm, een wanddikte van 7,92 mm, een max. werkingsdruk van 71,5 bar en een SMYS van 2.450 bar bedraagt de impactafstand ca. 10 m voor het scenario breuk van de ondergrondse leiding en ca. 12 m voor het scenario lek.

GONDELBREUK – Dit scenario is niet relevant gezien de afstand tussen de windturbine en de pijpleiding.

MASTBREUK – De primaire faalfrequentie voor dit scenario bedraagt $5,8 \cdot 10^{-5}/j$. In de berekening van de secundaire faalfrequentie wordt uitgegaan van volgende aannames:

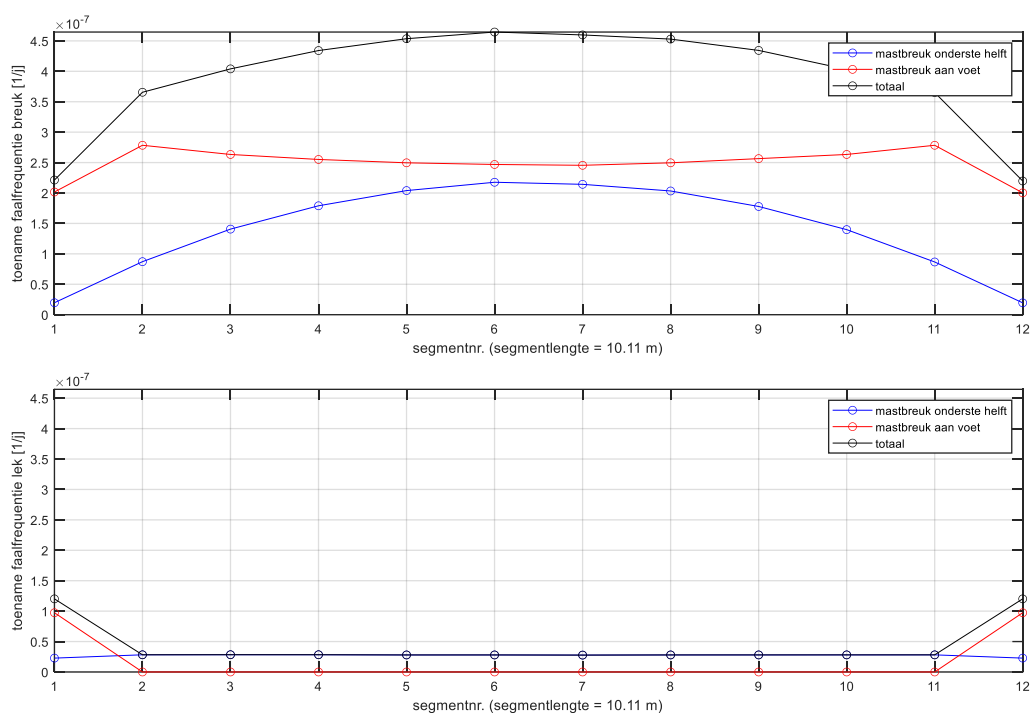
- ❑ in 15% van de gevallen komt de gondel niet op de grond terecht;
- ❑ de faalfrequentie voor mastbreuk aan de voet van de mast bedraagt $1,5 \cdot 10^{-5}/j$;
- ❑ de faalfrequentie voor mastbreuk in de onderste helft van de mast bedraagt $3,5 \cdot 10^{-5}/j$ en is uniform verdeeld (over de halve hoogte);
- ❑ de hoek waarin de mast valt is onafhankelijk van de windrichting (uniforme verdeling);
- ❑ het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt.

BLADBREUK – Dit scenario is niet relevant gezien de beperkte impactafstand van een afgeworpen blad [4].

De onderstaande figuur geeft de toename van de faalfrequentie van de verschillende betrokken segmenten van de leiding. In figuur III.5 wordt de ligging van de segmenten weergegeven.

De totale scenariofrequentie (voor mastbreuk gevolgd door breuk van de leiding) bedraagt ca. $4,7 \cdot 10^{-6}/j$.

Figuur III.4 Faalfrequentieverhoging van de ondergrondse kerosineleiding ten gevolge van mastbreuk van windturbine VT WT3



III.5.2.2. Effectenanalyse

Sommige gevaarlijke stoffen bevatten geen enkele gevarenklasse waarvan het gevaar in de QRA moet beschouwd worden. Dit is o.a. het geval voor ontvlambare vloeistoffen die behoren tot Seveso-categorie P5c, de gevarenaanduiding H226 hebben en zich niet boven hun vlampunt bevinden. Dit geldt voor kerosine (vlampunt $> 38^{\circ}\text{C}$). De impact van een windturbine op een leiding die kerosine bevat en de daaropvolgende mogelijke vrijzetting van kerosine worden dan ook beschouwd als niet relevant voor het externe mensrisico.

Er is evenwel een mogelijk milieurisico, aangezien een emissie van kerosine op lange termijn gevaarlijk is voor het aquatisch milieu. Bij een breuk van de leiding zal de kerosine in de ondergrond indringen en zich mogelijk ook aan het oppervlak verspreiden als een plas. Hierbij zou er kerosine kunnen terechtkomen in de gracht die zich langs de Drieselstraat bevindt.

III.5.2.3. Risicoanalyse en -evaluatie

Windturbine VT WT3 leidt niet tot een toename van het externe mensrisico van de ondergrondse leiding voor het transport van kerosine.

De windturbine leidt evenwel tot een toename van het milieurisico van deze leiding. De scenariofrequentie voor breuk van de leiding veroorzaakt door een impact van de windturbine bedraagt slechts $4,7 \cdot 10^{-6}/\text{j}$. Bovendien is kerosine niet acuut gevaarlijk voor het aquatisch milieu. Dit maakt dat de effecten van een emissie beperkt kunnen worden door maatregelen zoals het saneren van de bodem en het indijken van een emissie op water. Er is dan ook geen knelpunt voor wat betreft het milieurisico.

III.6. Samenvatting: Evaluatie van de externe risico's

III.6.1. Directe risico's

Het plaatsgebonden mensrisico van de windturbines is geanalyseerd in § III.3. Er wordt besloten dat het plaatsgebonden mensrisico van de windturbines voldoet aan de in Vlaanderen gehanteerde risicocriteria:

- Er bevinden zich geen permanente, individuele werkplaatsen binnen de isorisicocontour van $10^{-5}/j$;
- Er bevinden zich geen woningen binnen de isorisicocontour van $10^{-5}/j$;
- Er bevinden zich geen gebieden met woonfunctie binnen de isorisicocontour van $10^{-6}/j$;
- Er bevinden zich geen kwetsbare locaties binnen de isorisicocontour van $10^{-7}/j$.

Het groepsrisico van de windturbines is geanalyseerd in § III.4. Er wordt besloten dat het groepsrisico van de windturbines voldoet aan het in Vlaanderen gehanteerde risicocriterium.

III.6.2. Indirecte risico's

De indirecte risico's ten gevolge van de exploitatie van de windturbines houden verband met de aanwezigheid van Sevesostoffen in installaties in de omgeving van de windturbines en zijn geanalyseerd in § III.5.

Uit de risicoanalyse volgt dat de exploitatie van windturbine VT WT3 niet leidt tot een toename van het externe mensrisico van de ondergrondse leiding voor het transport van kerosine, noch tot een knelpunt voor wat betreft het milieurisico van de leiding.

In de omgeving⁶ van windturbines VT WT1 en VT WT2 zijn geen relevante installaties met Sevesostoffen aanwezig.

⁶ binnen de van toepassing zijnde scheidingsafstanden

III.7. Adviesvragen

III.7.1. Nucleaire inrichtingen

Er bevinden zich geen nucleaire inrichtingen die federaal vergund zijn en ingedeeld zijn in klasse I binnen de 2 km van de inplantingslocaties van de windturbines.

III.7.2. Hoogspanningsinfrastructuur

Het traject van de 150 kV hoogspanningslijnen Rodenhuize – Flora bevindt zich op een minimale afstand van ca. 247 m van windturbine VT WT3. De adviesgrensafstand (i.e. 3,5 keer rotordiameter) bedraagt 287 m. Bijgevolg is overleg met Elia noodzakelijk [6]. Binnen de adviesgrensafstand van windturbines VT WT1 en VT WT2 bevinden zich geen hoogspanningslijnen.

Uit figuur III.6 blijkt dat de afstand tussen de hoogspanningslijnen en windturbine VT WT3 groter is dan de drukgevaargrensafstand (i.e. 1,5 keer rotordiameter). Dit leidt in de regel tot een positief advies van Elia voor wat betreft het risico voor trillingen door turbulentie van de windturbine.

De hoogspanningslijnen bevinden zich tevens buiten de effectafstand van de tip van een rotorblad in het geval van mast- en bladbreuk bij nominaal toerental van de windturbine (zie figuur III.8). Een risicoanalyse waarin de trefkans van de hoogspanningslijnen bepaald en geëvalueerd wordt, is bijgevolg niet vereist voor windturbine VT WT3.

IV. BESLUIT

Projectontwikkelaar ENGIE wenst een hervergunning te bekomen voor de exploitatie van drie windturbines op het grondgebied van de stad Gent, ter hoogte van het bedrijventerrein van Volvo Trucks Gent.

Deze veiligheidsstudie bestudeert de externe risico's die uitgaan van de windturbines zelf (directe risico's) en de indirecte risico's ten gevolge van installaties met Sevesostoffen die in de omgeving van de windturbines aanwezig zijn.

Uit deze veiligheidsstudie wordt besloten dat de exploitatie van de windturbines op de locatie en onder de toegepaste randvoorwaarden heden voldoet aan de criteria die in het kader van de externe veiligheid voor windturbines in Vlaanderen worden gehanteerd.



Filip Van den Schoor

erkend VR-deskundige⁷

⁷ erkenning met nummer 2013/VR084, onbeperkt geldig.

V. REFERENTIES

- [1] *Beoordelingskader Windturbines. Code van goede praktijken inzake risicocriteria voor windturbines* – versie 1.0 d.d. 01/10/2019, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2019.
- [2] *Handboek Windturbines. Richtlijnen voor de risicoberekeningen van windturbines* – versie 3.0 d.d. 01/02/2025, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2025.
- [3] *Veiligheidsstudies Windturbines. Praktische leidraad voor het opstellen van veiligheidsstudies voor windturbines* – versie 2.0 d.d. 01/12/2022, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2022.
- [4] *Scheidingsafstanden tussen windturbines en ondergrondse pijpleidingen met betrekking tot externe veiligheid*, M-tech en SGS, september 2015.
- [5] *Handboek Risicoberekeningen. Richtlijnen voor kwantitatieve risicoanalyse, indirecte risico's en milieurisicoanalyse* – versie 4.0 d.d. 01/02/2025, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2025.
- [6] *Advies van Elia bij het oprichten van windturbines in de nabijheid van hoogspanningsinstallaties*, Elia, februari 2024.

VI. FIGUREN EN TABELLEN

Tabel III.4(b) Berekening groepsrisico van windturbine VT WT3

getroffen objecten	trefhoek [°]	trefoppervlakte [m²]	totale trefkans [1/j]	tijdssegment	tijdsfractie [-]	bezetting getroffen (deel)gebouwen	bezetting aangrenzende beuken	totale bezetting ingestorte delen	f [1/j]	N [-]
G10, G6, G7, G8, G9	6,7	0	2,79E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	92	36	128	6,64E-08	64
G10, G6, G7, G8, G9	6,7	0	2,79E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	92	36	128	6,64E-08	64
G10, G7, G8, G9	0	680	7,89E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	72	56	128	1,88E-07	64
G10, G7, G8, G9	0	680	7,89E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	72	56	128	1,88E-07	64
G10, G6, G7, G8	11	0	4,58E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	74	40,5	114,5	1,09E-07	57,25
G10, G6, G7, G8	11	0	4,58E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	74	40,5	114,5	1,09E-07	57,25
G10, G6, G7, G9	11,8	0	4,92E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	74	54	128	1,17E-07	64
G10, G6, G7, G9	11,8	0	4,92E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	74	54	128	1,17E-07	64
G10, G12, G6, G8	6,7	0	2,79E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	65	45	110	6,64E-08	55
G10, G12, G6, G8	6,7	0	2,79E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	65	45	110	6,64E-08	55
G10, G8, G9	0	20	2,32E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	54	69,5	123,5	5,52E-09	61,75
G10, G8, G9	0	20	2,32E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	54	69,5	123,5	5,52E-09	61,75
G10, G7, G8	0	50	5,80E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	54	60,5	114,5	1,38E-08	57,25
G10, G7, G8	0	50	5,80E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	54	60,5	114,5	1,38E-08	57,25
G10, G7, G9	0	50	5,80E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	54	60,5	114,5	1,38E-08	57,25
G10, G7, G9	0	50	5,80E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	54	60,5	114,5	1,38E-08	57,25
G11, G6, G7, G9	17,7	0	7,38E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	65	36	101	1,76E-07	50,5
G11, G6, G7, G9	17,7	0	7,38E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	65	36	101	1,76E-07	50,5
G10, G12, G8	0	30	3,48E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	45	65	110	8,28E-09	55
G10, G12, G8	0	30	3,48E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	45	65	110	8,28E-09	55
G7, G8, G9	0	50	5,80E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	54	51,5	105,5	1,38E-08	52,75
G7, G8, G9	0	50	5,80E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	54	51,5	105,5	1,38E-08	52,75
G10, G6, G8	4,3	0	1,79E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	56	45	101	4,26E-08	50,5
G10, G6, G8	4,3	0	1,79E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	56	45	101	4,26E-08	50,5
G6, G7, G8	0	780	9,05E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	56	27	83	2,15E-07	41,5
G6, G7, G8	0	780	9,05E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	56	27	83	2,15E-07	41,5
G6, G7, G9	12,1	0	5,04E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	56	31,5	87,5	1,20E-07	43,75
G6, G7, G9	12,1	0	5,04E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	56	31,5	87,5	1,20E-07	43,75
G10, G8	0	360	4,18E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	36	65	101	9,95E-08	50,5
G10, G8	0	360	4,18E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	36	65	101	9,95E-08	50,5
G10, G9	0	60	6,96E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	36	45	81	1,66E-08	40,5
G10, G9	0	60	6,96E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	36	45	81	1,66E-08	40,5
G12, G6, G8	21,5	530	1,51E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	47	31,5	78,5	3,60E-07	39,25
G12, G6, G8	21,5	530	1,51E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	47	31,5	78,5	3,60E-07	39,25
G13, G15	7,7	0	3,21E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	90		90	7,64E-08	45
G13, G15	7,7	0	3,21E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	90		90	7,64E-08	45
G15	30,6	1220	2,70E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	90		90	6,43E-07	45
G15	30,6	1220	2,70E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	90		90	6,43E-07	45

Tabel III.4(b) Berekening groepsrisico van windturbine VT WT3

getroffen objecten	trefhoek [°]	trefoppervlakte [m²]	totale trefkans [1/j]	tijdssegment	tijdsfractie [-]	bezetting getroffen (deel)gebouwen	bezetting aangrenzende beuken	totale bezetting ingestorte delen	f [1/j]	N [-]
G7, G8	0	190	2,20E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	36	47	83	5,24E-08	41,5
G7, G8	0	190	2,20E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	36	47	83	5,24E-08	41,5
G7, G9	0	1390	1,61E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	36	47	83	3,83E-07	41,5
G7, G9	0	1390	1,61E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	36	47	83	3,83E-07	41,5
G11, G9	0	20	2,32E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	27	31,5	58,5	5,52E-09	29,25
G11, G9	0	20	2,32E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	27	31,5	58,5	5,52E-09	29,25
G12, G8	0	70	8,12E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	27	51,5	78,5	1,93E-08	39,25
G12, G8	0	70	8,12E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	27	51,5	78,5	1,93E-08	39,25
G4	26,6	620	1,83E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	75		75	4,35E-07	37,5
G4	26,6	620	1,83E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	75		75	4,35E-07	37,5
G4, G5	9,9	60	4,83E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	75		75	1,15E-07	37,5
G4, G5	9,9	60	4,83E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	75		75	1,15E-07	37,5
G6, G8	0	710	8,24E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	38	27	65	1,96E-07	32,5
G6, G8	0	710	8,24E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	38	27	65	1,96E-07	32,5
G5, G6, G7	0	10	1,16E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	38	18	56	2,76E-09	28
G5, G6, G7	0	10	1,16E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	38	18	56	2,76E-09	28
G6, G7	4	1430	1,83E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	38	18	56	4,35E-07	28
G6, G7	4	1430	1,83E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	38	18	56	4,35E-07	28
G12, G6	2,2	10	1,03E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	29	36	65	2,46E-08	32,5
G12, G6	2,2	10	1,03E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	29	36	65	2,46E-08	32,5
G8	0	140	1,62E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	18	47	65	3,86E-08	32,5
G8	0	140	1,62E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	18	47	65	3,86E-08	32,5
G9	0	350	4,06E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	18	27	45	9,66E-08	22,5
G9	0	350	4,06E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	18	27	45	9,66E-08	22,5
G4	26,6	620	1,83E-06	weekend: 6-14 u	0,1	40		40	1,74E-07	20
G4, G5	9,9	60	4,83E-07	weekend: 6-14 u	0,1	40		40	4,58E-08	20
G5, G7	0	20	2,32E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	18	38	56	5,52E-09	28
G5, G7	0	20	2,32E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	18	38	56	5,52E-09	28
G7	0	400	4,64E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	18	38	56	1,10E-07	28
G7	0	400	4,64E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	18	38	56	1,10E-07	28
G12	0	0	0,00E+00	werkweek: 6-14 u	0,24	9	22,5	31,5	0,00E+00	15,75
G12	0	0	0,00E+00	werkweek: 14-22 u	0,24	9	22,5	31,5	0,00E+00	15,75
G4	26,6	620	1,83E-06	werkweek: 22-6 u	0,24	20		20	4,35E-07	10
G4, G5	9,9	60	4,83E-07	werkweek: 22-6 u	0,24	20		20	1,15E-07	10
G5, G6	0	10	1,16E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	20	18	38	2,76E-09	19
G5, G6	0	10	1,16E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	20	18	38	2,76E-09	19
G6	22,5	2740	4,12E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	20	18	38	9,80E-07	19
G6	22,5	2740	4,12E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	20	18	38	9,80E-07	19

Tabel III.4(c) Berekening groepsrisico van windturbine VT WT3

getroffen objecten	trefhoek [°]	trefoppervlakte [m²]	totale trefkans [1/j]	tijdssegment	overeenkomstige tijdsfractie [-]	bezetting van gebouwen	f [1/j]	N [-]
G18, G21	19,3	70	8,85E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	170	2,11E-07	85
G18, G21	19,3	70	8,85E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	170	2,11E-07	85
G16, G17	46	1400	3,54E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	55	8,43E-07	27,5
G16, G20	5,7	280	5,63E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	55	1,34E-07	27,5
G16, G20	5,7	280	5,63E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	55	1,34E-07	27,5
G16	33	4160	6,21E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	40	1,48E-06	20
G16	33	4160	6,21E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	40	1,48E-06	20
G16, G17	46	1400	3,54E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	40	8,43E-07	20
G19, G20, G21	2,3	260	3,98E-07	werkweek: 6-14 u	0,24	25	9,47E-08	12,5
G19, G20, G21	2,3	260	3,98E-07	werkweek: 14-22 u	0,24	25	9,47E-08	12,5
G20, G21	0	10	1,16E-08	werkweek: 6-14 u	0,24	25	2,76E-09	12,5
G20, G21	0	10	1,16E-08	werkweek: 14-22 u	0,24	25	2,76E-09	12,5
G17	0	1000	1,16E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	15	2,76E-07	7,5
G19, G20	17,2	380	1,16E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	15	2,76E-07	7,5
G19, G20	17,2	380	1,16E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	15	2,76E-07	7,5
G20	16,1	1250	2,12E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	15	5,05E-07	7,5
G20	16,1	1250	2,12E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	15	5,05E-07	7,5
G19, G21	17,6	500	1,31E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	10	3,12E-07	5
G19, G21	17,6	500	1,31E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	10	3,12E-07	5
G21	27,5	4150	5,96E-06	werkweek: 6-14 u	0,24	10	1,42E-06	5
G21	27,5	4150	5,96E-06	werkweek: 14-22 u	0,24	10	1,42E-06	5

