



VEILIGHEIDSSSTUDIE

[Abstract]

OPGEMAAKT VOOR:

GROEP BOLCKMANS GREEN BV



*SGS is the world's leading inspection, verification, testing and certification company. Recognized as the global benchmark for quality and integrity, we provide **innovative** services and **solutions** for every part of the environmental industry. Our global network of offices and laboratories, alongside our dedicated team, allows us to respond to your needs, when and where they occur.*

VEILIGHEIDSSSTUDIE WINDTURBINEPROJECT

[Abstract]

230491 - WT VOOR BOLCKMANS IN GENT

14/12/2023

Opgemaakt door

SGS BELGIUM NV

Opgemaakt voor

Groep Bolckmans Green bv

Vaartdijk 15/4

2960 Brecht

Dit document werd opgemaakt door

Samuel Peeters
Process Safety Expert

SGS Belgium NV

Noorderlaan 87 – 2030 Antwerpen
t +32 (0)3 545 87 50 f + 32 (0)3 545 87 69 e be.environment@sgs.com www.sgs.com

Member of SGS Group (Société Générale de Surveillance)

INDEX

INHOUDSTAFEL	
INHOUDSTAFEL.....	3
LIJST MET TABELLEN.....	4
LIJST MET FIGUREN	4
LIJST MET BIJLAGEN.....	5
1 ALGEMENE INLICHTINGEN	6
1.1 INITIATIEFNEMER VAN HET PROJECT	6
1.2 UITVOERDER VAN DE OPDRACHT	6
1.3 REDACTIONELE GEGEVENS	6
2 INLEIDING	7
3 WETGEVEND KADER	8
4 PROJECTOMSCHRIJVING	9
4.1 SITUERING	9
4.2 BESCHRIJVING VAN DE WINDTURBINE.....	10
4.2.1 Algemene bespreking van een windturbine.....	10
4.2.2 Specifieke kenmerken windturbine.....	11
4.3 BESCHRIJVING VAN DE OMGEVING	11
4.3.1 Gebied met woonfunctie	11
4.3.2 Gebied met kwetsbare locatie	12
4.3.3 Industriële installaties met Seveso-producten.....	12
4.3.4 Transportleidingen met Seveso-producten.....	13
4.3.5 Hoogspanningslijnen	13
5 IDENTIFICATIE EN EVALUATIE VAN MOGELIJKE ONGEVALSCENARIO'S	16
5.1 IDENTIFICATIE VAN ONGEVAL SCENARIO'S	16
5.2 ONGEVALLSCENARIO'S EN BIJHORENDE SCHADEAFSTANDEN	17
5.2.1 Gondelbreuk	17
5.2.2 Mastbreuk.....	17
5.2.3 Bladbreuk.....	17
5.2.4 Effectafstanden.....	18
5.3 FAALFREQUENTIES VAN DE ONGEVAL SCENARIO'S	19
5.4 BEPALING EN EVALUATIE VAN DE EXTERNE RISICO'S VAN DE WINDTURBINE	20
5.4.1 Inleiding.....	20
5.4.2 De directe risico's	20

5.4.2.1	Plaatsgebonden risico	21
5.4.2.2	Groepsrisico.....	24
5.4.3	Indirecte risico's	29
5.4.3.1	Bovengrondse installaties	30
5.4.3.2	Bovengrondse leidingen	30
5.4.3.3	Ondergrondse leidingen	30
5.4.4	Milieurisico's.....	31
6	SAMENVATTING.....	32
7	REFERENTIES	34
8	BIJLAGEN	35

LIJST MET TABELLEN

Tabel 4-1:	Lambertcoördinaten inplantinglocatie windturbine.....	9
Tabel 4-2:	Technische gegevens windturbine.....	11
Tabel 4-3:	Advieszones HS-lijnen m.b.t. windturbines (Elia, 2022).....	14
Tabel 5-1:	Effectafstanden windturbine	18
Tabel 5-2:	Faalfrequenties van de ongevallenscenario's	19
Tabel 5-3:	Afstanden tot isorisicocontouren	22
Tabel 5-4:	Oppervlakte windturbine	24
Tabel 5-5:	Aanwezigheden gebouwen.....	26
Tabel 5-6:	Groepsrisico.....	28
Tabel 5-7:	Trillingsafstand m.b.t. ondergrondse leiding	30

LIJST MET FIGUREN

Figuur 4-1:	Situering van de windturbine op een luchtfoto	9
Figuur 4-2:	Situering van de windturbine op het gewestplan.....	10
Figuur 4-3:	Overzicht van de hoofdcomponenten van een windturbine	10
Figuur 4-4:	Ligging ondergrondse leidingen met Seveso-stoffen	13
Figuur 4-5:	Hoogspanningslijnen	14
Figuur 5-1:	Maximale effectafstanden – windturbine	19
Figuur 5-2:	Grenswaarde voor het groepsrisico	21
Figuur 5-3:	Plaatsgebonden risico in functie van de afstand tot de windturbine.....	22
Figuur 5-4:	Plaatsgebonden risico	23
Figuur 5-5:	Ligging gebouwen m.b.t. het groepsrisico	25
Figuur 5-6:	Groepsrisico.....	29

LIJST MET BIJLAGEN

Bijlage 1: Vereisten volgens de norm 61400-1	35
Bijlage 2: Risicocriteria.....	37
Bijlage 3: Risicoanalyse impact windturbines op ondergrondse leidingen.....	39
Bijlage 4: Uitsluiting van flexibels en verlaadarmen uit de veiligheidsstudie	42
Bijlage 5: Hulplijnen groepsrisico	43

This document is issued by the Company under its General Conditions of Service accessible at <http://www.sgs.com/en/Terms-and-Conditions.aspx>. Attention is drawn to the limitation of liability, indemnification and jurisdiction issues defined therein.

Any holder of this document is advised that information contained hereon reflects the Company's findings at the time of its intervention only and within the limits of Client's instructions, if any. The Company's sole responsibility is to its client and this document does not exonerate parties to a transaction from exercising all their rights and obligations under the transaction documents. Any unauthorized alteration, forgery or falsification of the content or appearance of this document is unlawful, and offenders may be prosecuted to the fullest extent of the law.

1 ALGEMENE INLICHTINGEN

1.1 INITIATIEFNEMER VAN HET PROJECT

Opdrachtgever/initiatiefnemer: Groep Bolckmans Green bv
Vaardijk 15/4
2960 Brecht

1.2 UITVOERDER VAN DE OPDRACHT

Opdrachthouder: **SGS Belgium N.V.**
Noorderlaan 87
B-2030 Antwerpen

Projectleider: Bob Gorrens 
Erkend VR-deskundige (Erkeningsnummer 2015/VR058)

Projectmedewerker: Samuel Peeters
Process Safety Expert 

1.3 REDACTIONELE GEGEVENS

Versie : 1.1
Datum van de redactie : 14/12/2023

2 INLEIDING

Groep Bolckmans Green bv, verder Bolckmans genoemd, wenst een veiligheidsstudie te laten uitvoeren met betrekking tot de plaatsing van een windturbine op het bedrijventerein Moervaart Zuid te Gent. Doel van onderhavige studie is de bepaling en evaluatie van externe risico's ten gevolge van een ongeval met de geplande windturbine. De bepaling van hinder en milieurisico's maken geen deel uit van onderhavige studie. In onderhavige studie wordt er duidelijk gemaakt wat de mogelijke veiligheidsrisico's inhouden voor de windturbine rekening houdende met de omgevingsfactoren.

De studie zal enkel toegespitst zijn op een windturbine in bedrijf en zal dus niet de bouwphase of herstellingswerken behandelen.

De studie zal volgende delen omvatten:

- Algemene inlichtingen;
- Inleiding;
- Wetgevend kader en methodiek;
- Projectomschrijving;
- Kwantitatieve bepaling en evaluatie van de risico's op zware ongevallen.

De exploitatierisico's zullen besproken worden aan de hand van onderstaande mogelijke schadereceptoren:

- Woonpopulatie;
- Kwetsbare locaties;
- Industriële populatie;
- Industriële installaties.

In onderhavige studie zal rekening gehouden worden met de in VLAREM opgenomen bepalingen en de door de Vlaamse overheid opgemaakte richtlijnen inzake risicoberekeningen voor windturbines (HWT, 2022).

3 WETGEVEND KADER

Met het besluit van de Vlaamse Regering van 7 juli 2023 werden in de Vlaamse milieuwetgeving (VLAREM) sectorale voorwaarden voor windturbines opgelegd. In VLAREM wordt vermeld dat de veiligheidsaspecten dienen besproken te worden conform het door de Vlaamse overheid aanvaard beoordelingskader. Door het Team Omgevingseffecten van het Departement Omgeving werd het Handboek Windturbines (HWT, 2022) opgesteld. Dit handboek is een instrument voor het onderzoek van het risico van een windturbine voor zijn omgeving, en van de beoordeling van de verzoenbaarheid van een windturbine met zijn omgeving, en dit op het vlak van de externe mensveiligheid.

Tot slot wordt er eveneens verwezen naar de meest recente omzendbrief OMV/2023/01 (OMV, 2023). Deze omzendbrief heeft als doel een beter kader te scheppen voor optimale inplanting van windturbines voor een zo groot mogelijke productie van groene stroom.

In onderhavige studie wordt rekening gehouden met de bepalingen uit (HWT, 2022) en de in VLAREM opgenomen bepalingen.

4 PROJECTOMSCHRIJVING

4.1 SITUERING

Groep Bolckmans Green bv, verder Bolckmans genoemd, wenst een veiligheidsstudie te laten uitvoeren met betrekking tot de plaatsing van een windturbine op het bedrijventerein Moervaart Zuid te Gent. De Lambertcoördinaten van de inplantinglocatie worden in de volgende tabel weergegeven.

Tabel 4-1: Lambertcoördinaten inplantinglocatie windturbine

Windturbine	X (m)	Y (m)
GBG1	109.668	201.947

De volgende figuren geven de situering van de windturbine op een luchtfoto en een gewestplan weer.

Figuur 4-1: Situering van de windturbine op een luchtfoto



De wiek van de windturbine draait boven een weg, maar deze weg is echter doodlopend. Door de aard van de weg en de activiteiten in de omgeving wordt enkel een beperkte hoeveelheid transport verwacht. Bijgevolg wordt er geen relevant passantenrisico verwacht.

Figuur 4-2: Situering van de windturbine op het gewestplan

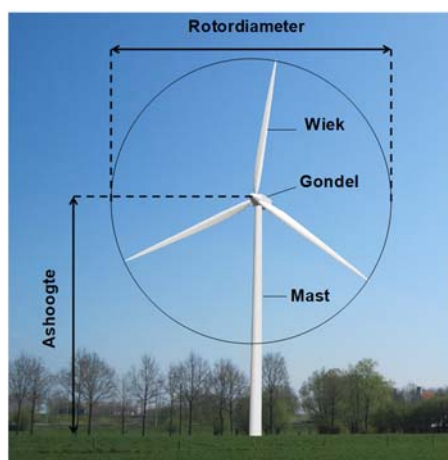


4.2 BESCHRIJVING VAN DE WINDTURBINE

4.2.1 Algemene bespreking van een windturbine

In onderhavige paragraaf worden de relevante windturbinekenmerken besproken. Allereerst wordt aan de hand van onderstaande figuur een omschrijving gegeven van de basisonderdelen van een dergelijke installatie.

Figuur 4-3: Overzicht van de hoofdcomponenten van een windturbine



4.2.2 Specifieke kenmerken windturbine

Onderstaande opsomming geeft de belangrijkste onderdelen/karakteristieken van het beschouwde type van windturbine weer.

Tabel 4-2: Technische gegevens windturbine

Kenmerk / Type	Generiek type
Ashoogte (m)	128,5
Rotordiameter (m)	163,0
Tiphoogte (m)	210,0
Nominaal toerental (t/min)	10,4
Afstand van het rotorcentrum tot het zwaartepunt van het blad (m)	29,3
Diameter van de mast (m)	8,0
Lengte van de gondel (m)	12,0
Breedte van de gondel (m)	6,0
Hoogte van de gondel (m)	6,0
Soliditeit (= verhouding tussen totale bladoppervlak en rotoroppervlak) (-)	0,0421
Bladoppervlak (m ²)	293

Bijkomend is het type windturbine gecertificeerd (IEC 61400-1 of een gelijkwaardige nationale norm). Een beschrijving van de vereisten volgens de norm 61400-1 is weergegeven in Bijlage 1. De windturbine zijn voorzien van:

- Een ijsdetectiesysteem dat de windturbine automatisch stillegt bij ijsvorming
- Een bliksemafleidingssysteem
- Een redundant remsysteem
- Een online-controlesysteem, waarbij onregelmatigheden onmiddellijk worden gedetecteerd en doorgegeven aan een turbine-eigen controle-eenheid.

4.3 BESCHRIJVING VAN DE OMGEVING

In onderstaande paragrafen zal de omgeving van het project meer in detail beschreven worden binnen de maximale effectafstand rond de windturbine (583 m, zie verder). Er zal, zoals vermeld in (HWT, 2022) en (BWT, 2019), voornamelijk aandacht besteed worden aan:

- Gebied met woonfunctie / kwetsbare locaties;
- Installaties waar Seveso-producten aanwezig zijn;
- Transportleidingen met Seveso-producten;

4.3.1 Gebied met woonfunctie

Onder gebied met woonfunctie wordt verstaan:

- een woongebied, bepaald volgens artikels 5 en 6 van het koninklijk besluit van 28 december 1972 betreffende de inrichting en de toepassing van de ontwerpgerwestplannen en gewestplannen, en de ermee vergelijkbare gebieden vastgesteld in de ruimtelijke uitvoeringsplannen met toepassing van het decreet van 18 mei 1999 houdende organisatie van de ruimtelijke ordening (dit zijn de gebieden die op de gewestplannen, ruimtelijke uitvoeringsplannen of bijzondere plannen van aanleg geheel of gedeeltelijk rood ingekleurd zijn);
- groepen van minstens 5 bestaande, niet onteigende of in onteigeningsplannen opgenomen wooneenheden, die een ruimtelijk aaneengesloten geheel vormen, in andere gebieden dan vermeld onder het eerste opsommingpunt (m.a.w. zonevrije woonclusters). Met ruimtelijk aaneengesloten geheel wordt hier bedoeld dat de wooneenheden zeer dicht bij elkaar moeten gelegen zijn. Als vuistregel geldt dat de kortste afstand tussen vaste gevels van naast elkaar gelegen wooneenheden niet groter mag zijn dan 50 m.

Binnen de maximale effectafstand van de windturbine 1 gebied met woonfunctie gesitueerd. Het dichtstbij gelegen woongebied betreft een woongebied met landelijk karakter op ca. 445 m afstand ten zuiden van de windturbine.

4.3.2 Gebied met kwetsbare locatie

Kwetsbare locaties zijn scholen (meer bepaald basisscholen en secundaire scholen), ziekenhuizen en rusthuizen/verzorgingstehuizen. Een gebied met kwetsbare locatie is het ganse terrein waarop de kwetsbare locatie zich bevindt.

Binnen de maximale effectafstand van de windturbine zijn geen gebieden met kwetsbare locaties gelegen. De meest nabijgelegen kwetsbare locaties zijn de kinderopvang 'het Troetelhuis' op ca. 570 m en de Vrije Basisschool - De Sprankel op ca. 2 km afstand ten zuidoosten van de windturbine.

4.3.3 Industriële installaties met Seveso-producten

Met betrekking tot industriële installaties worden in onderhavig dossier externe installaties met Seveso-producten bedoeld. Conform (HWT, 2022) worden alle installaties waar Seveso-stoffen kunnen voorkomen, geïnventariseerd in het kader van mogelijke domino-effecten. Een uitzondering hierop betreffen ondergrondse atmosferische tanks, warmtewisselaars, pompen, compressoren en magazijnen. Deze installaties mogen op voorhand uitgesloten worden. Wanneer dergelijke installaties of scenario's wel relevant kunnen zijn, dan worden deze minstens kwalitatief behandeld. Mogelijke redenen hiervoor kunnen zijn de specifieke ligging, het specifieke ontwerp, de specifieke opslag. Voorbeelden zijn de opslag van waterreactieve stoffen en de opslag van ammoniumnitraat bij magazijnen.

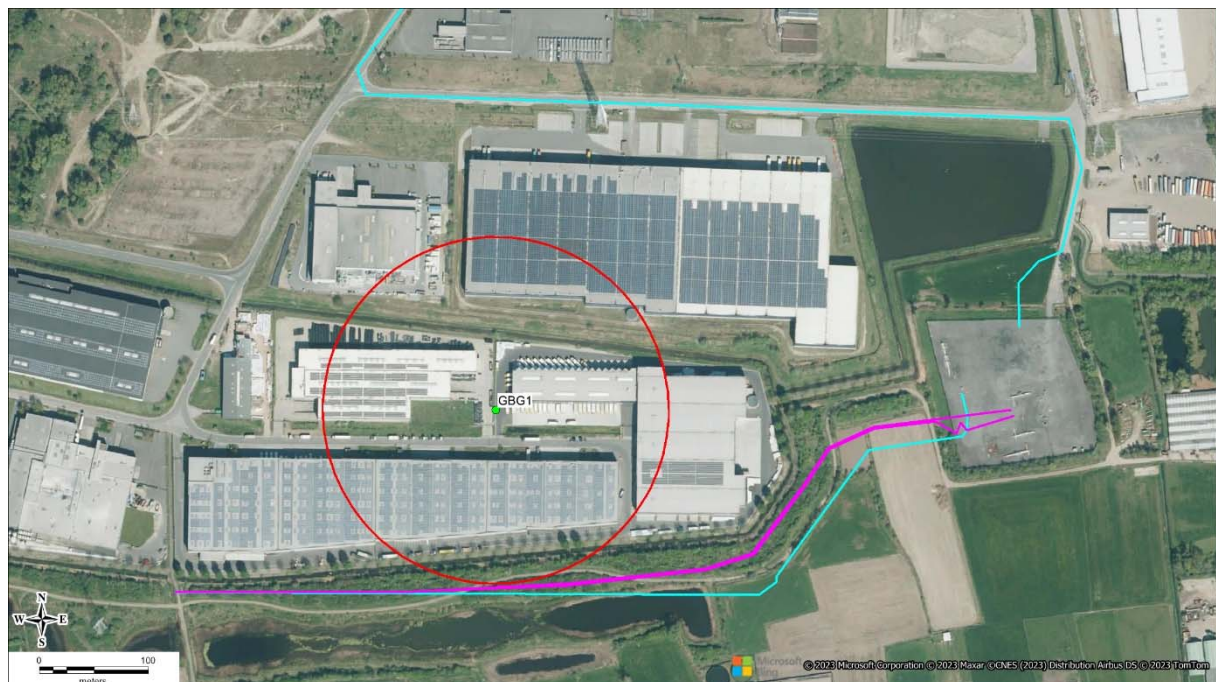
Binnen de maximale effectafstand zijn geen Seveso-bedrijven of klasse 1 bedrijven voor Seveso aanwezig. Daarom wordt geconcludeerd dat geen relevante Seveso-installaties aanwezig zijn binnen de maximale effectafstand.

4.3.4 Transportleidingen met Seveso-producten

Er zijn geen relevante bovengrondse leidingen gelegen binnen de maximale effectafstand van de windturbine.

Er zijn wel enkele ondergrondse leidingen in de omgeving van de windturbine gelegen. De ligging wordt weergegeven op onderstaande figuur.

Figuur 4-4: Ligging ondergrondse leidingen met Seveso-stoffen



LEGENDE:

- rood: impactafstand ondergrondse leidingen
- blauw: geplande ondergrondse waterstofleidingen
- paars: ondergrondse aardgasleidingen

De ondergrondse leidingen zijn buiten de relevante afstand voor domino-effecten m.b.t. ondergrondse leidingen gelegen. Bijgevolg worden ondergrondse leidingen niet verder beschouwd.

4.3.5 Hoogspanningslijnen

Binnen de maximale effectafstand zijn een aantal bovengrondse hoogspanningslijnen gesitueerd. Ze worden hieronder opgelijst:

- HS1: Rodenhuize - Flora (150 kV) op ca. 375 m ten zuiden van de WT

- HS2: Mercator - Horta (380 kV) op ca. 265 m ten noorden van de WT
- HS3: Rodenhuize - Heimolen (150 kV) op ca. 310 m ten noorden van de WT

In het advies van Elia (Elia, 2022) worden verschillende zones gedefinieerd o.b.v. de afstand tussen de windturbine en de hoogspanningslijn. De situatie voor dit windturbineproject wordt weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4-3: Advieszones HS-lijnen m.b.t. windturbines (Elia, 2022)

	Afstand van de windturbine t.o.v. hoogspanningslijn (=L)
Positief advies	$L > \text{effectafstand tip 'mastbreuk' en 'bladbreuk bij nominaal toerental'}$
Voorwaardelijk positief advies (*)	$D_R < L < \text{maximum van effectafstand tip 'mastbreuk' en 'bladbreuk bij nominaal toerental'}$
negatief advies	$L < D_R$

*bijkomende analyse nodig waarbij wordt aangetoond dat de bijdrage aan de faalfrequentie van de hoogspanningslijn <10%

De hoogspanningslijnen samen met de adviesgrens rondom de windturbine (positief advies) wordt weergegeven op volgende figuur.

Figuur 4-5: Hoogspanningslijnen



LEGENDE:
 rood: adviesgrens hoogspanningslijnen
 Blauw: hoogspanningslijnen

Volgens het huidige advies van Elia (Elia, 2022) bevinden windturbines zich in de groene zone (een positief advies) wanneer de dichtstbijzijnde hoogspanningslijn gelegen is buiten het maximum van de tiphoogte (210 m) en de effectafstand voor bladbreuk bij nominaal toerental (248,3 m). Het kan worden

vastgesteld dat de positie van de windturbine gunstig is ten opzichte van alle aanwezige hoogspanningslijnen in het betreffende gebied, wat volgens de richtlijn van Elia tot een positieve beoordeling zal leiden m.b.t. trefkansen van windturbines.

5 IDENTIFICATIE EN EVALUATIE VAN MOGELIJKE ONGEVALSCENARIO'S

5.1 IDENTIFICATIE VAN ONGEVAL SCENARIO'S

Het type windturbine is gecertificeerd en voldoet aan de internationale norm IEC 61400-1 of een gelijkwaardige nationale norm. De turbines die aan deze norm voldoen, zijn ontworpen met een levensduur van tenminste 20 jaar. De materiaaleisen hebben betrekking op vermoeiing, corrosie, vochtinwerking, enz.

Bovendien zijn de beveiligingseisen van die aard dat de turbine onder alle meteocondities veilig bedreven kan worden. Verder zijn de veiligheidssystemen ontworpen met het oog op het veilig bedrijf (tot stilstand brengen) van de installatie bij eventuele storingen.

Naast bovenstaande maatregelen kunnen windturbines in de praktijk falen en dus een risico betekenen voor hun omgeving. In (HWT, 2022) worden de mogelijke scenario's met betrekking tot de windturbines vermeld, met name:

- Gondelbreuk
- Mastbreuk
- Breuk van geheel blad:
 - bladbreuk bij nominaal toerental;
 - bladbreuk bij overtoeren (= 2 x nominaal toerental);

Faalscenario's zoals ijsval of ijsworp dienen volgens (HWT, 2022) niet in rekening gebracht te worden bij het bepalen van de mogelijke risico's van een windturbine. De scenario's en de maatregelen om deze te voorkomen en de gevolgen te beperken, dienen wel kwalitatief beschreven te worden.

Met betrekking tot ijsworp kan vermeld worden dat de windturbine uitgerust wordt met een ijsdetectiesysteem, zodanig dat de windturbine uit dienst gezet wordt wanneer ijsvorming op de bladen gedetecteerd wordt en pas opnieuw in bedrijf genomen wordt wanneer er zich geen ijs meer bevindt, zodat ijsworp wordt vermeden. Heropstart van de windturbine dient onder gecontroleerde omstandigheden te gebeuren. Dit dient opgenomen te worden in het veiligheidsbeheersysteem van de windturbine.

Bovendien zal de windturbinerotor, indien de omstandigheden dit toelaten, bij ijsdetectie zich 'parkeren' in een in overleg met de terreingebruiker vooraf bepaalde (meest veilige) positie, gaan de LED-waarschuwborden branden en worden er automatische tekstberichten verstuurd naar de lokale operator.

5.2 ONGEVALLENSCENARIO'S EN BIJHORENDE SCHADEAFSTANDEN

5.2.1 Gondelbreuk

Bij gondelbreuk kan een persoon of object die zich onder de gondel of rotor bevindt getroffen worden. De effectafstanden voor gondelbreuk worden gelijkgesteld aan:

- Voor het zwaartepunt van het blad: de afstand tot het zwaartepunt van het blad;
- Voor de tip van het blad: de halve rotordiameter.

5.2.2 Mastbreuk

Bij een windturbine in bedrijf, zal de wind een kracht uitoefenen die dwars op het rotorvlak georiënteerd is. Deze kracht zal een belasting uitoefenen op de turbinemast en fundering. Hoe hoger de windsnelheid hoe groter de kracht op de dragende structuren.

De windturbine wordt stilgelegd zodra de windsnelheid een bepaalde waarde (cut off windsnelheid) overschrijdt zodat vermoeiing van de draagstructuur voorkomen wordt. Zoals voor elke constructie, zal zelfs bij een stilgelegde turbine een windbelasting blijven bestaan. Deze windbelasting is evenwel sterk verlaagd door het aanpassen van de stand van de bladen. Hier wordt rekening mee gehouden tijdens het ontwerp van de installatie.

Bij mastbreuk kan een persoon of object enkel getroffen worden wanneer deze zich binnen een afstand gelijk aan de tiphoogte van de windturbine bevindt. De tiphoogte wordt gedefinieerd als de som van de ashoogte en de halve rotordiameter.

De effectafstanden voor mastbreuk worden gelijkgesteld aan:

- Voor het zwaartepunt van het blad: de som van de ashoogte en de afstand tot het zwaartepunt van het blad;
- Voor de tip van het blad: de tiphoogte.

5.2.3 Bladbreuk

De rotorsnelheid van de turbine is variabel en wordt geregeld door de aerodynamische remmen (verstelbare bladhoek of remtip). Aangezien het volstaat om één blad uit de wind te brengen, beschikt de turbine over 3 aerodynamische remmen (3 bladen). In geval van falen van dit regelsysteem beschikt de turbine over een mechanisch remsysteem om de turbine via een schijfrem tot stilstand te brengen. In (HWT, 2022) worden twee mogelijke deelscenario's inzake bladbreuk gegeven, namelijk:

- Bladbreuk bij nominaal toerental;
- Bladbreuk bij overtoeren (2 x nominaal toerental);

Het loskomen van een rotorblad, tijdens rotatie zal resulteren in het wegslingeren van het blad in een richting die in het verlengde ligt van het rotorvlak. De maximale werpafstand is afhankelijk van onder andere de rotorsnelheid. Aangezien de beschouwde faalscenario's optreden bij een andere rotorsnelheid, zijn de maximale werpafstanden per scenario eveneens verschillend.

De effectafstanden voor bladbreuk zijn gelijk aan

- Voor het zwaartepunt van het blad: de maximale werpafstand, die bepaalt waar het zwaartepunt van het blad terechtkomt;
- Voor de tip van het blad: de som van de maximale werpafstand en de afstand van het zwaartepunt van het blad tot de tip van het blad.

Om de maximale effectafstand te bepalen voor het scenario bladbreuk wordt gebruik gemaakt van het kogelbaanmodel, zoals vermeld in (HWT, 2022).

5.2.4 Effectafstanden

In de volgende tabel worden voor het beschouwde type windturbine de verschillende effectafstanden opgelijst, zoals hiervoor besproken

Tabel 5-1: Effectafstanden windturbine

Afstand (m) / Type	Generiek type
gondelbreuk	
<i>zwaartepunt (m)</i>	29,3
<i>tip (m)</i>	81,5
mastbreuk	
<i>zwaartepunt (m)</i>	157,8
<i>tip (m)</i>	210,0
bladbreuk	
<i>nominaal - zwaartepunt (m)</i>	196,1
<i>nominaal - tip (m)</i>	248,3
<i>overtieren - zwaartepunt (m)</i>	530,4
<i>overtieren - tip (m)</i>	582,6

De effectafstanden bij overtoeren worden in onderstaande figuur weergegeven

Figuur 5-1: Maximale effectafstanden – windturbine



LEGENDE: wit (stippellijn): maximale effectafstand windturbine – tip van blad
 wit (volle lijn): maximale werpafstand windturbine – zwaartepunt van blad

5.3 FAALFREQUENTIES VAN DE ONGEVAL SCENARIO'S

Zoals eerder vermeld worden in voorliggende studie de faalwijzen en bijhorende faalfrequenties uit (HWT, 2022) gehanteerd. In de volgende tabel worden de faalfrequenties weergegeven voor de verschillende ongeval scenario's.

Tabel 5-2: Faalfrequenties van de ongevallenscenario's

Scenario	Faalfrequentie (/turbinejaar)
Gondelbreuk	$1,8 \cdot 10^{-5}$
Mastbreuk	$5,8 \cdot 10^{-5}$
Bladbreuk	
Nominaal toerental	$6,2 \cdot 10^{-4}$
Overtoeren	$5,0 \cdot 10^{-6}$

Met betrekking tot het bepalen van de externe risico's ten gevolge van de windturbine, wordt verder rekening gehouden met de bovenvermelde faalfrequenties uit (HWT, 2022).

5.4 BEPALING EN EVALUATIE VAN DE EXTERNE RISICO'S VAN DE WINDTURBINE

5.4.1 Inleiding

De externe risico's die in onderhavige studie worden onderzocht betreffen mensrisico's die te wijten zijn aan ongevallen met de windturbines. De mensrisico's kunnen opgedeeld worden in:

- Directe risico's:
 - Plaatsgebonden risico
 - Groepsrisico
- Indirecte risico's:
 - Naar bovengrondse installaties met Seveso-producten
 - Naar bovengrondse leidingen met Seveso-producten
 - Naar ondergrondse leidingen met Seveso-producten

De directe risico's van windturbines voor de mens worden bepaald door directe impact van fragmenten op een persoon in de nabijheid van de betreffende windturbine. In het kader van deze analyse wordt het personeel van Bolckmans als extern beschouwd t.o.v. de windturbine. Naast dergelijke impact kunnen weggeslingerde fragmenten eveneens nabij gelegen industriële installaties treffen. Indien deze installaties Seveso-producten bevatten kan dat ongeval indirect eventueel ook slachtoffers maken. Deze mogelijke domino-effecten zullen eveneens onderzocht worden.

Meestal is het hanteren van de maximale werpafstand als buffer tussen de schadereceptoren en windturbines niet mogelijk. Daarom zal het daadwerkelijke risico ten gevolge van de windturbines in bedrijf in onderhavige studie bepaald en geëvalueerd worden. De formules die gehanteerd worden ter bepaling van het externe risico worden bij de berekening vermeld en zijn afkomstig uit (HWT, 2022). Voor het bepalen en het gebruik van de betreffende formule wordt verwezen naar deze referentie.

5.4.2 De directe risico's

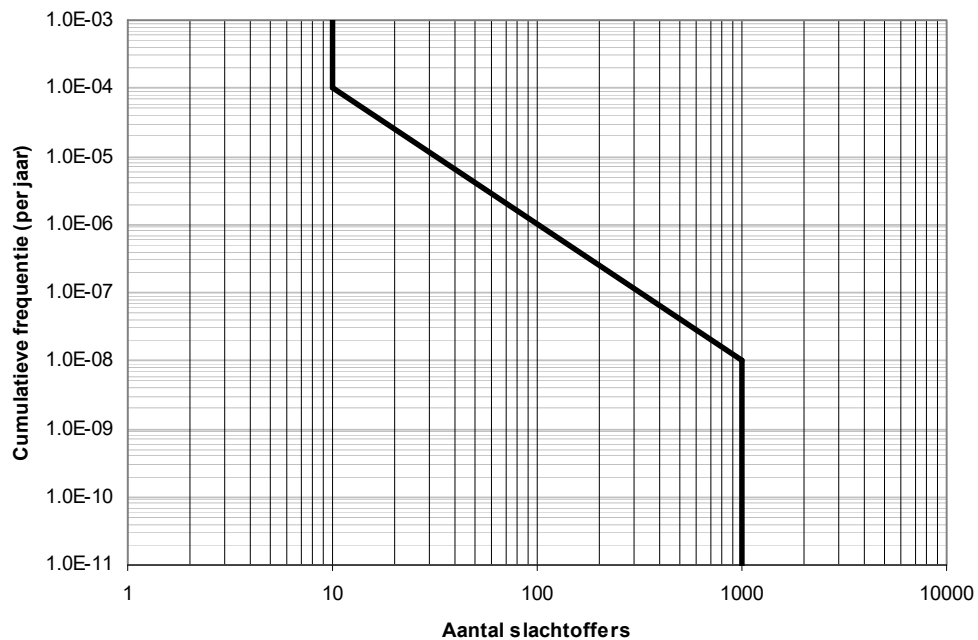
Met betrekking tot de personen in de omgeving van een bedrijf zijn de begrippen plaatsgebonden risico en groepsrisico ingevoerd. Voor een gedetailleerde beschrijving van deze risicocriteria wordt verwezen naar Bijlage 2.

Algemeen kan men stellen dat de volgende criteria gelden voor het plaatsgebonden risico:

- Het plaatsgebonden risico buiten (de terreingrens van) de inrichting mag niet hoger zijn dan 10^{-5} /jaar;
- Het plaatsgebonden risico ter hoogte van gebieden met woonfunctie mag niet hoger zijn dan 10^{-6} /jaar;
- Het plaatsgebonden risico ter hoogte van gebieden met een kwetsbare locatie mag niet hoger zijn dan 10^{-7} /jaar;

Voor het groepsrisico is het criterium afhankelijk van het aantal personen dat getroffen wordt. Voor een groot aantal personen is het groepsrisico strenger dan voor een kleinere groep personen. Het berekende groepsrisico dient steeds onder de curve in de volgende figuur gelegen te zijn.

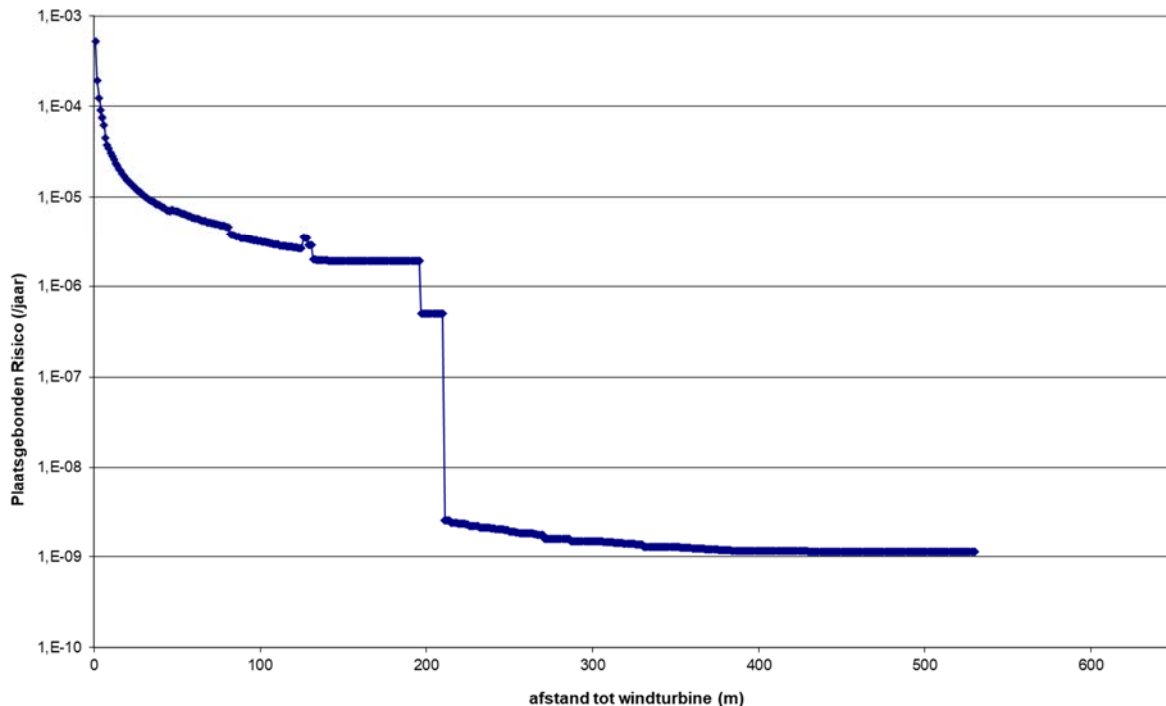
Figuur 5-2: Grenswaarde voor het groepsrisico



5.4.2.1 Plaatsgebonden risico

In onderstaande paragrafen zal de afstand bepaald worden van de verschillende isorisicocontouren tot aan de windturbine. Per faalscenario wordt de trefkans bepaald in functie van de afstand tot aan de windturbine. De berekeningen worden uitgevoerd volgens (HWT, 2022).

Figuur 5-3: Plaatsgebonden risico in functie van de afstand tot de windturbine



De berekende afstanden tot de isorisicocontouren zijn weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 5-3: Afstanden tot isorisicocontouren

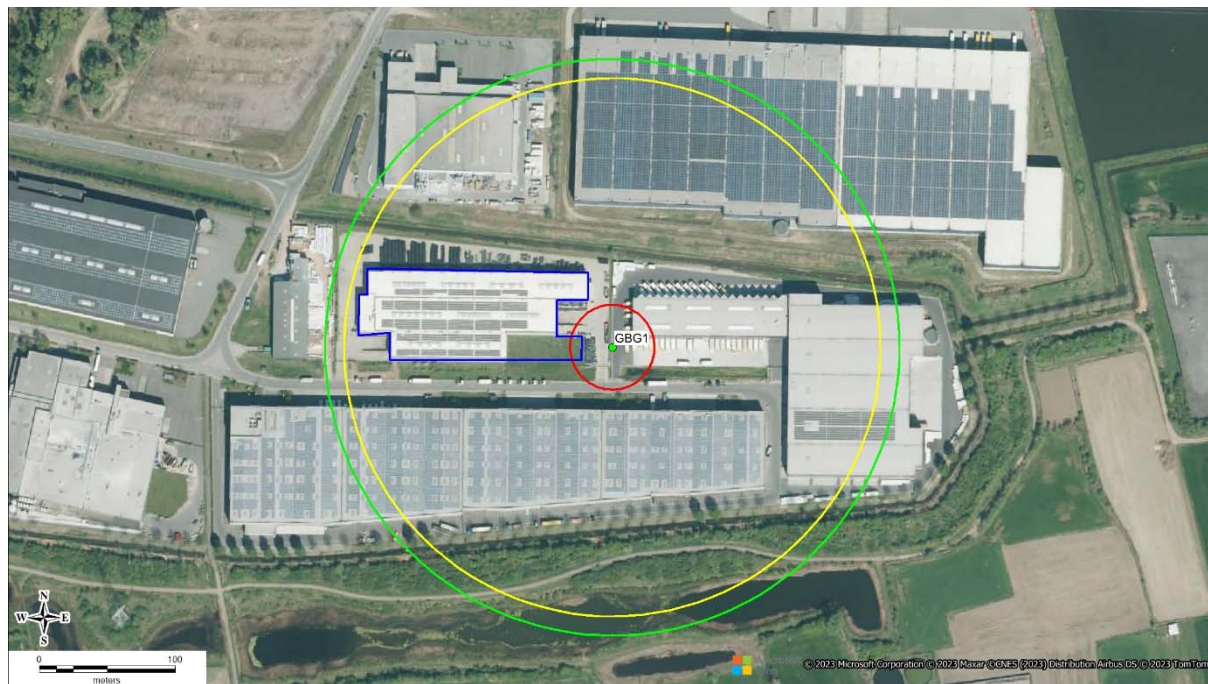
Populatie	Frequentie (/jaar)	Afstand (m)
		Generiek type
Extern personeel	1,00E-05	31
Woonfunctie	1,00E-06	197
Kwetsbare locaties	1,00E-07	211

Uit de berekeningen van het plaatsgebonden risico blijkt dat:

- de 10⁻⁵-contour gelegen is op maximaal 31 meter van de windturbine. Binnen deze afstand tot de 10⁻⁵-contour mogen maximaal 5 permanente individuele externe werkplaatsen voorkomen. Binnen deze afstand zijn enkel laadkades (Tailormade Logistics) en magazijnen (Tailormade Logistics en Terrendis NV) aanwezig. Er zijn dus geen permanente individuele werkplaatsen binnen de contour aanwezig. De 10⁻⁵-contour mag bovendien geen niet-onteigende of niet in onteigeningsplannen opgenomen wooneenheden omvatten. Deze contour reikt nergens tot externe werkplaatsen noch niet-onteigende of niet in onteigeningsplannen opgenomen wooneenheden. Bijgevolg wordt er aan dit criterium voldaan.
- de 10⁻⁶-contour gelegen is op maximaal 197 meter van de windturbine. Deze contour reikt nergens tot aan een gebied met woonfunctie.
- de 10⁻⁷-contour gelegen is op maximaal 211 meter van de windturbine. Deze contour reikt nergens tot aan een gebied met een kwetsbare locatie.

In de volgende figuur worden de maximaal berekende isorisicocontouren weergegeven rond de beschouwde inplantinglocatie.

Figuur 5-4: Plaatsgebonden risico



LEGENDE:	rood: 10^{-5} /jaar	geel: 10^{-6} /jaar	rood: 10^{-7} /jaar
	blauw: afbakening gebouw Terrendis NV incl. uitbreiding		

5.4.2.2 Groepsrisico

5.4.2.2.1 Personen buiten een gebouw

Met betrekking tot het groepsrisico kan gesteld worden dat onbeschermden personen getroffen kunnen worden binnen een afstand gelijk aan de maximale werpafstand bij bladbreuk. Met onbeschermden personen wordt bedoeld dat personen niet beschermd worden door een bouwconstructie (bv.. festivalweide). Rekening houdend met de omgeving van de windturbine en de oppervlakte van een wiek, kan gesteld worden dat het uitwerpen van een (stuk) wiek geen aanleiding geeft tot 10 of meer slachtoffers die in één keer worden getroffen.

Om bovenstaande redenering te onderbouwen wordt de maximale oppervlakte van de windturbine bepaald welke aanleiding kan geven tot slachtoffers. Het betreft de som van de oppervlakte van de gondel, de oppervlakte van de mast en de oppervlakte van de drie bladen. Er wordt steeds rekening gehouden met de meest conservatieve opties voor de verschillende windturbintypes.

- Voor de gondel wordt rekening gehouden met de lengte en een het maximum van de breedte/hoogte;
- De oppervlakte van de mast wordt bepaald door de diameter van de mast te vermenigvuldigen met de ashoogte;
- De totale bladoppervlakte kan worden bepaald o.b.v. van de formule voor de soliditeit, zoals beschreven in (HWT, 2022).

De resultaten worden weergegeven in volgende tabel:

Tabel 5-4: Oppervlakte windturbine

opp. 3 bladen	m ²	878,17
opp. mast	m ²	1028,00
opp. Gondel	m ²	72,0
totale relevante opp.	m ²	1978,17
totale relevante opp.	ha	0,19782

Binnen de maximale effectafstand zijn volgende type gebieden aanwezig:

- Gemiddeld industriegebied: 40 pers/h
- Woongebied: 25 pers/ha
- Agrarisch gebied/ gebied voor gemeenschapsvoorzieningen en openbaar nut: 1 pers/ha

Wanneer conservatief rekening gehouden wordt met een maximale populatiedichtheid van 40 pers/ha binnen 583 meter van de windturbine, kan het aantal slachtoffers berekend worden door de oppervlakte van de windturbine (in ha) te vermenigvuldigen met de populatiedichtheid (in pers/ha). Het maximale aantal slachtoffers is bijgevolg 7,91 personen.

Op basis van voorgaande kan bijgevolg besloten worden dat het falen van een windturbine met betrekking tot personen buiten een gebouw geen significante invloed heeft op het groepsrisico (waarbij 10 of meer slachtoffers tegelijk getroffen worden).

5.4.2.2.2 Personen binnen een gebouw

Voor personen die zich binnen een gebouw bevinden wordt bladbreuk niet in rekening gebracht conform (HWT, 2022), enkel de faalscenario's gondelbreuk en mastbreuk worden beschouwd. Hierbij wordt rekening gehouden met het gedeelte van de wijk tussen de rotoras en het zwaartepunt van het blad; er wordt geen letaliteit verondersteld indien enkel het gedeelte van de wijk op een gebouw terechtkomt dat gesitueerd is tussen het zwaartepunt en de tip van het blad.

Binnen de maximale effectafstand van ashoogte vermeerderd met de afstand van de rotoras tot het zwaartepunt van het blad zijn er enkele gebouwen gesitueerd. Deze gebouwen zijn in de volgende figuren weergegeven samen met de bovenvermelde effectafstand. In Bijlage 5 wordt dezelfde figuur weergegeven samen met de hulplijnen gebruikt voor de groepsrisicoberekening.

Figuur 5-5: Ligging gebouwen m.b.t. het groepsrisico



LEGENDE: rood: maximale effectafstand mastbreuk – zwaartepunt van blad

De aanwezigheid van personen in deze gebouwen is weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 5-5: Aanwezigheden gebouwen

Gebouw	Bedrijf	Functie	Aantal personen	van - tot	Max. aantal uren per dag	Max. aantal dagen per jaar
1	Terrendis NV	productie	6	8-17	9	230
2	Oxyplast Belgium NV	productie	1	6-14	8	230
		productie	1	14-22	8	230
3	DSV	opslag	2	6-14	8	230
		opslag	2	14-22	8	230
4a	Tailormade Logistics	kantoor	12	8-17	9	230
4b	Tailormade Logistics	opslag	12	6-14	8	230
		opslag	12	14-22	8	230
5	Tailormade Logistics	opslag	3	6-14	8	230
		opslag	3	14-22	8	230
6	Bleckmann Fashion & Lifestyle Logistics	kantoor	15	6-14	9	230
		opslag	40	6-14	8	230
		opslag	40	14-22	8	230
7	Bleckmann Fashion & Lifestyle Logistics	opslag	20	6-14	8	230
		opslag	20	14-22	8	230
8	Tailormade Logistics	opslag	2	6-14	8	230
		opslag	2	14-22	8	230

Enkel de scenario's waarbij 10 of meer slachtoffers (rekening houdende met een letaliteit van 50% bij impact van de windturbine) kunnen vallen worden verder beschouwd. Het bedrijf Terrendis NV plant een uitbreiding van hun magazijn. Deze uitbreiding is reeds mee ingetekend op de voorgaande figuur.

De treffrequentie van gebouwen m.b.t. mastbreuk wordt berekend met de volgende formule (zie (HWT, 2022)):

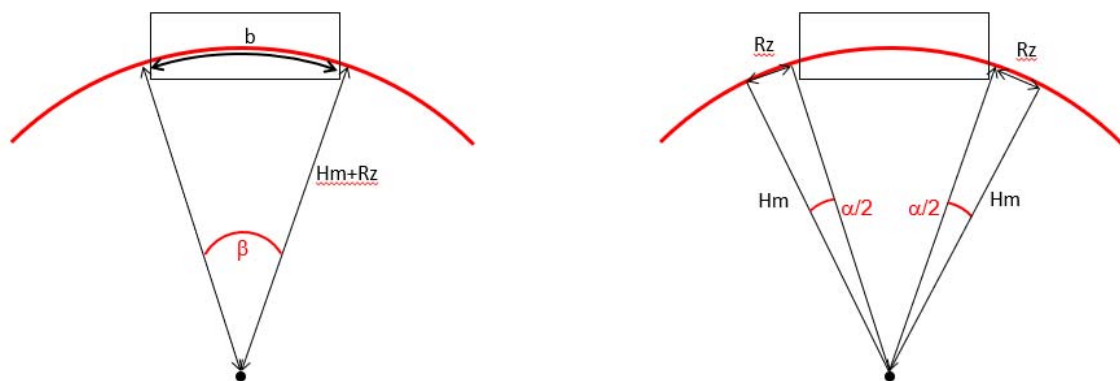
$$P_{tref,mast,installatie} = P_{mb} \cdot \frac{1}{2\pi} \cdot \left[\beta + 2 \cdot \frac{\alpha}{2} \right]$$

Met: Pmb: faalfrequentie voor mastbreuk

β : hoek waarbinnen de windturbine de installatie (het gebouw) kan treffen

$\alpha/2$: hoek waarbinnen de installatie (het gebouw) nog getroffen kan worden door het gedeelte van de wijk tussen de rotoras en het zwaartepunt van het blad

De hoek β wordt rechtstreeks gemeten. Het beschouwde gebouw kan echter ook getroffen worden wanneer de mast naast het gebouw terechtkomt binnen een afstand van de rotoras tot het zwaartepunt. De hoek α wordt berekend o.b.v. de afstand van de rotoras tot het zwaartepunt (R_z) en de ashoogte. De hoek α is gelijk aan $2 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{R_z}{H_m} \right)$. De ligging van de hoeken wordt verduidelijkt in onderstaande figuur.



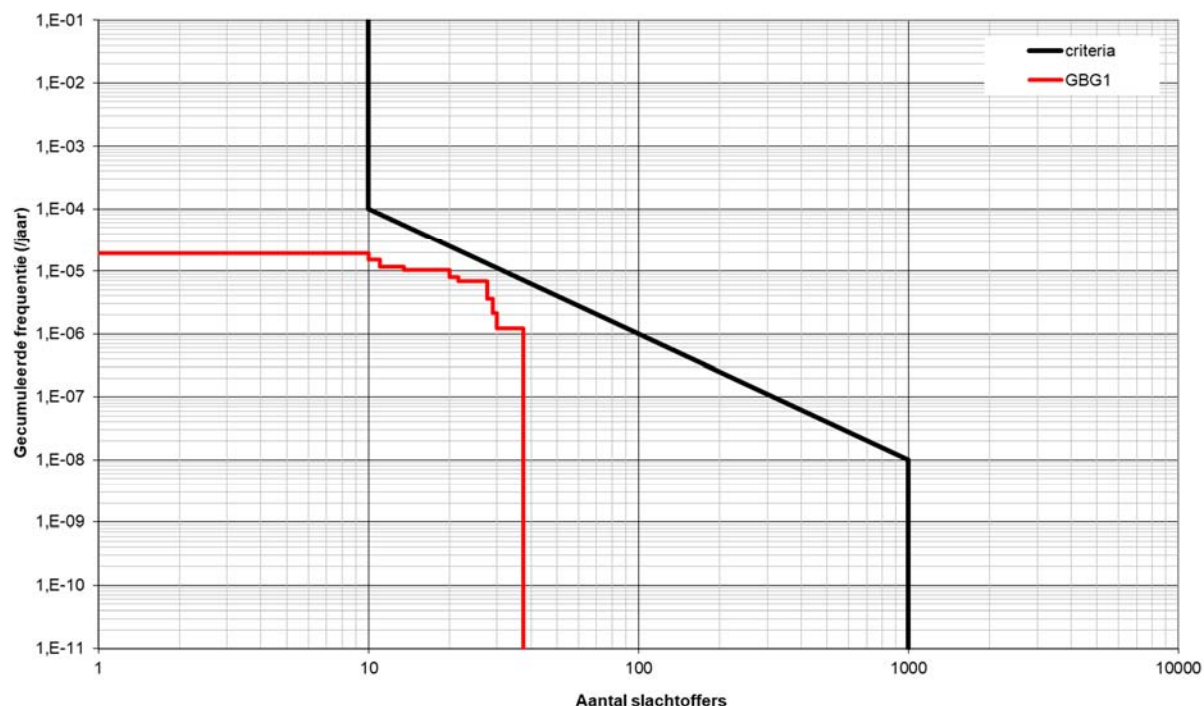
Voor P_{mb} wordt de faalfrequentie voor mastbreuk gehanteerd ($5,8 \cdot 10^{-5}$ /jaar). Hierbij wordt steeds rekening gehouden met het falen van de mast ter hoogte van de voet. De trefkans en bijhorend aantal slachtoffers wordt bepaald in de volgende tabellen.

Tabel 5-6: Groepsrisico

locatie			GBG1								
gebouw			4a+4b+5	5+6	5+6	6	6	6+7	6+7	7	7+8
van - tot			8-17	8-17	6-8 & 17-22	8-17	6-8 & 17-22	8-17	6-8 & 17-22	6-22	6-22
type WT			Generiek type	Generiek type	Generiek type	Generiek type	Generiek type	Generiek type	Generiek type	Generiek type	Generiek type
ashoogte	Hm	m	128,5	128,5	128,5	128,5	128,5	128,5	128,5	128,5	128,5
rotordiameter	Dr	m	163	163	163	163	163	163	163	163	163
afstand rotoras tot zwaartepunt blad	Rz	m	29,34	29,34	29,34	29,34	29,34	29,34	29,34	29,34	29,34
hoek (beta)	β	°	7,0	12,1	12,1	58,1	58,1	5,2	5,2	36,1	23,2
hoek (alfa)	α	°	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4	26,4
hoek (totaal)		°	33,4	38,5	38,5	84,5	84,5	31,6	31,6	62,5	49,6
Kans op mastbreuk	Pmb	/jaar	5,80E-05	5,80E-05	5,80E-05	5,80E-05	5,80E-05	5,80E-05	5,80E-05	5,80E-05	5,80E-05
Trefkans		/jaar	5,38E-06	6,20E-06	6,20E-06	1,36E-05	1,36E-05	5,09E-06	5,09E-06	1,01E-05	7,99E-06
Aantal personen		-	27	58	43	55	40	75	60	20	22
Aanwezigheidsfractie		-	23,6%	23,6%	18,4%	23,6%	18,4%	23,6%	18,4%	42,0%	42,0%
Letaliteit		-	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Aantal slachtoffers		-	14	29	22	28	20	38	30	10	11
Kans op dodelijke slachtoffers		/jaar	1,27E-06	1,47E-06	1,14E-06	3,22E-06	2,50E-06	1,20E-06	9,36E-07	4,23E-06	3,36E-06

Het groepsrisico wordt weergegeven in de volgende figuur, samen met de grenswaardelijn voor het groepsrisico.

Figuur 5-6: Groepsrisico



Uit de voorgaande berekeningen is gebleken dat het groepsrisico van de windturbine voldoet aan de vooropgestelde criteria.

5.4.3 Indirecte risico's

Deze analyse met betrekking tot externe veiligheid, behandelt het veiligheidsrisico op de mens. Economische schade aan installaties wordt in deze studie niet behandeld. Onderwerp van onderhavige paragraaf zijn dan ook enkel deze installaties, die producten omvatten die in het kader van de Seveso-richtlijn (Seveso, 4/07/2012) gevaarlijk zijn. De invloed van de windturbine op de risico's van de bestaande omliggende installaties/leidingen met Seveso-stoffen (zgn. domino-effect) zal hierna bepaald worden.

Met betrekking tot de geselecteerde installaties kan gesteld worden, dat de plaatsing van een windturbine in geen geval het extern risico beduidend mag verhogen. In (HWT, 2022) wordt algemeen gesteld dat het risico relevant geacht wordt wanneer de treffrequentie 10% of meer bedraagt van de intrinsieke faalfrequentie van de getroffen installatie (de zogenaamde 10%-regel). Onder de intrinsieke faalfrequentie voor de installatie met Seveso-stoffen wordt verstaan de faalfrequentie horende bij de te beschouwen faalwijze van de installatie (zie (HWT, 2022)). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen "grote schade" en "kleine schade" aan de installatie.

Specifiek voor ondergrondse leidingen wordt uitgegaan van een (indirect) groepsrisico te wijten aan de domino-scenario's (zie Bijlage 3).

Zoals eerder gesteld is de maximale schadeafstand van de windturbine ca. 583 meter. Binnen deze afstand kan er bijgevolg schade berokkend worden aan omliggende installaties. Met betrekking tot domino-effecten is het studiegebied steeds begrensd tot deze maximale schadeafstand.

In onderhavige studie worden bovengrondse installaties, bovengrondse leidingen en ondergrondse leidingen bestudeerd welke Seveso-producten bevatten.

5.4.3.1 Bovengrondse installaties

De ligging van bovengrondse installaties met Seveso-stoffen werd eerder reeds besproken. Hieruit kan besloten worden dat er geen relevante bovengrondse Seveso-installaties gesitueerd zijn nabij de inplantinglocaties van de windturbine. Bijgevolg worden bovengrondse Seveso-installaties niet verder beschouwd.

5.4.3.2 Bovengrondse leidingen

De ligging van bovengrondse leidingen met Seveso-stoffen werd eerder reeds besproken. Hieruit kan besloten worden dat er geen relevante bovengrondse leidingen gesitueerd zijn nabij de inplantinglocaties van de windturbine. Bijgevolg worden bovengrondse leidingen niet verder beschouwd.

5.4.3.3 Ondergrondse leidingen

Specifiek voor ondergrondse leidingen wordt uitgegaan van een (indirect) groepsrisico te wijten aan de domino-scenario's (zie Bijlage 3). Op basis van de parameters van de types windturbine kan de maximale afstand berekend worden waarbij trillingen nog aanleiding kunnen geven tot lek of breuk van een ondergrondse leiding. Deze afstand is weergegeven in de volgende tabel. Ten behoeve van de verdere analyse worden de volgende parameters voor ondergrondse leidingen gehanteerd:

- E : 210 10⁹ Pa (elasticiteitsmodulus leidingmateriaal)
- SMYS: 2410 10⁵ Pa (leidingmateriaal Grade B staal, d.i. conservatieve aanname)

Tabel 5-7: Trillingsafstand m.b.t. ondergrondse leiding

Type	Generiek type
Materiaal	staal
Ashoogte (m)	128,5
Massa gondel + rotor (incl. 3 wieken) + bovenste mastsectie (ton)	500
Trillingsafstand (m) tot:	
<i>Lekscenario leiding (m)</i>	29
<i>Breukscenario leiding (m)</i>	21
Maximale schadeafstand (m)	
<i>Lekscenario leiding (m)</i>	158
<i>Breukscenario leiding (m)</i>	150

Toepassing op de beschouwde windturbine

De ligging van ondergrondse leidingen met Seveso-stoffen werd eerder reeds besproken. Hieruit kan besloten worden dat er geen ondergrondse leidingen gesitueerd zijn binnen een relevante afstand van de windturbine. Bijgevolg worden ondergrondse leidingen niet verder beschouwd.

5.4.4 Milieurisico's

Volgens (HWT, 2022) dient er een milieurisicoanalyse te worden uitgevoerd indien een windturbine in de buurt van een inrichting met Seveso-stoffen wordt ingepland. Voor de windturbine zelf dient er echter geen milieurisicoanalyse worden uitgevoerd in de veiligheidsstudie. De milieurisicoanalyse is een kwalitatieve risicoanalyse van mogelijke vrijzettingen van Seveso-stoffen bij zware ongevallen die schade aan het milieu (kunnen) teweegbrengen.

Binnen de relevante effectafstand zijn geen installaties met milieugevaarlijke producten aanwezig. Bijgevolg worden indirecte milieurisico's niet verder beschouwd.

6 SAMENVATTING

Groep Bolckmans Green bv, verder Bolckmans genoemd, wenst een veiligheidsstudie te laten uitvoeren met betrekking tot de plaatsing van een windturbine op het bedrijventerein Moervaart Zuid te Gent. In onderhavige studie werden de externe veiligheidsrisico's die gepaard gaan met de exploitatie van een IEC (of een gelijkwaardige nationale norm) gecertificeerde windturbine bepaald en geëvalueerd. In onderhavige studie wordt rekening gehouden met de bepalingen uit (HWT, 2022) en de in VLAREM opgenomen bepalingen.

→ Directe risico's

Uit de berekeningen van het plaatsgebonden risico blijkt dat:

- de 10^{-5} -contour gelegen is op maximaal 31 meter van de windturbine. Binnen deze afstand tot de 10^{-5} -contour mogen maximaal 5 permanente individuele externe werkplaatsen voorkomen. Binnen deze afstand zijn enkel laadkades (Tailormade Logistics) en magazijnen (Tailormade Logistics en Terrendis NV) aanwezig. Er zijn dus geen permanente individuele werkplaatsen binnen de contour aanwezig. De 10^{-5} -contour mag bovendien geen niet-onteigende of niet in onteigeningsplannen opgenomen wooneenheden omvatten. Deze contour reikt nergens tot externe werkplaatsen noch niet-onteigende of niet in onteigeningsplannen opgenomen wooneenheden. Bijgevolg wordt er aan dit criterium voldaan.
- de 10^{-6} -contour gelegen is op maximaal 197 meter van de windturbine. Deze contour reikt nergens tot aan een gebied met woonfunctie.
- de 10^{-7} -contour gelegen is op maximaal 211 meter van de windturbine. Deze contour reikt nergens tot aan een gebied met een kwetsbare locatie.

O.b.v. van bovenstaande bespreking, kan besloten worden dat het plaatsgebonden risico voor de verschillende inplantingslocaties en het beschouwde type van windturbine voldoet aan de vooropgestelde criteria.

Uit de voorgaande berekeningen is gebleken dat het groepsrisico van de windturbine voldoet aan de vooropgestelde criteria.

De windturbine mag niet in bedrijf zijn of worden genomen indien er ijs op de bladen zit. Dit dient opgenomen te worden in het veiligheidsbeheersysteem van de windturbine. Heropstart van de windturbine dient onder gecontroleerde omstandigheden te gebeuren.

→ Indirecte risico's

Tevens werd een studie met betrekking tot domino-effecten uitgevoerd. Het doel hiervan betreft het bepalen van de impact van de windturbine (in bedrijf) op de nabijgelegen installaties met Seveso-producten. Samenvattend kan het volgende gesteld worden:

- Binnen een afstand van de maximale schadeperimeter rond de inplantinglocatie zijn geen bovengrondse installaties met Seveso-producten aanwezig. Bijgevolg worden geen domino-effecten verwacht;
- Binnen een afstand van de maximale schadeperimeter rond de inplantinglocatie zijn geen bovengrondse leidingen met Seveso-producten aanwezig. Bijgevolg worden geen domino-effecten verwacht;
- Binnen een afstand van de maximale schadeperimeter rond de inplantinglocatie zijn geen ondergrondse leidingen met Seveso-producten aanwezig. Bijgevolg worden geen domino-effecten verwacht;
- Binnen de effectafstand tot het zwaartepunt van het blad voor mastbreuk of gondelbreuk rond de inplantinglocatie zijn geen ondergrondse druktanks met Seveso-producten aanwezig. Bijgevolg worden geen domino-effecten verwacht;
- Binnen een afstand van de maximale schadeperimeter rond de inplantinglocatie zijn geen bovengrondse installaties met Seveso-producten aanwezig. Bijgevolg worden geen domino-effecten verwacht. Bijgevolg kan geconcludeerd worden dat geen relevante bijkomende milieurisico's t.g.v. het indirect risico van de windturbine worden verwacht.
- Al de hoogspanningslijnen in de omgeving zijn buiten de adviesgrens van Elia gelegen. Bijgevolg worden indirecte risico's naar hoogspanningslijnen niet verwacht.

Rekening houdende met bovenstaande gegevens kan besloten worden dat indirecte risico's ten gevolge van het falen van de windturbine voldoen aan de vooropgestelde criteria.

Algemeen kan besloten worden dat de externe risico's ten gevolge van de geplande windturbine op het bedrijventerein Moervaart Zuid te Gent aanvaardbaar geacht kunnen worden.

7 REFERENTIES

- BWT. (2019). *Beoordelingskader Windturbines, Code van goede praktijken inzake - versie 1.0 dd. 01/10/2019*. Departement Omgeving, Team Externe Veiligheid.
- Elia. (2022). *Advies door Elia bij het oprichten van windturbines in de nabijheid van hoogspanningsinstallaties, draftversie dd. 19/09/2022*. Elia.
- HBRB. (2023). *Hanboek Risicoberekeningen (versie 3.3 dd. 01/06/2023)*. Team Omgevingseffecten.
- HWT. (2022). *Handboek Windturbines, Richtlijnen voor de risicoberekeningen van windturbines - versie 2.0 dd. 01/12/2022*. Departement Omgeving, Team Externe Veiligheid.
- MHI1. (2020). *METHODIEK HOOGSPANNINGS-INFRASTRUCTUUR - Deel 1: faalwijzen en faalfrequenties - Versie 0.1 dd. 23/12/2020*. Departement Omgeving, Team Omgevingseffecten.
- OMV. (2023). *Omzendbrief OMV/2023/1: Afwegingskader en randvoorwaarden voor de oprichting van windturbines 2023 (dd. 14/07/2023)*. Departement Omgeving, Team Omgevingseffecten - Externe Veiligheid.
- Seveso. (4/07/2012). *Richtlijn 2012/18/EU van het Europees Parlement en de Raad van 4 juli 2012 betreffende de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken, houdende wijziging en vervolgens intrekking van Richtlijn 96/82/EG*. Publicatieblad van de Europese Unie.

8 BIJLAGEN

Bijlage 1: Vereisten volgens de norm 61400-1

De moderne windturbines worden in het algemeen geconstrueerd volgens specifieke normen en standaarden. De meest voorkomende normen zijn afgeleid van de internationale norm IEC 61400.

In “part 1” van de norm IEC 61400, worden veiligheidsvereisten met betrekking tot windturbines vastgelegd. Naast het ontwerp, zijn ook de bouw, onderhoud en het kwaliteitssysteem onderwerp van dit gedeelte van de norm.

Structurele integriteit

Teneinde de structurele integriteit van de windturbine te bepalen dienen berekeningen aan te tonen dat de maximaal toelaatbare spanningen in het ontwerp niet overschreden worden. Bovendien dient aangetoond te worden dat nergens vervormingen/vibraties optreden die de werking van structurele onderdelen negatief kunnen beïnvloeden. In de ontwerpberekeningen dienen volgende belastingen in acht genomen te worden:

- operationele belastingen (starten/stoppen rotor, verstellen van de bladhoek,...);
- aerodynamische belastingen (voor zowel de bewegende als de stationaire delen);
- belastingen ten gevolge van vibraties, rotaties, zwaartekracht en seismische activiteit;
- andere belastingen ten gevolge van golfslag, impact, ijsvorming, etc.;

De norm schrijft eveneens voor dat in de berekeningen dient rekening gehouden te worden met de omgevingsomstandigheden waaraan de turbine zal blootgesteld worden. De bodemeigenschappen zijn voornamelijk belangrijk voor de turbinefundering. De meteorologische omstandigheden worden in de norm opgedeeld in klassen, die gedefinieerd worden aan de hand van de parameters windsnelheid en turbulentiegraad.

In Vlaanderen worden de turbines ontworpen naar de meteo klasse IIA. Dergelijke windklasse staat voor een maximale gemiddelde windsnelheid op ashoogte van 8,5 m/s en een extreme windsnelheid op ashoogte van 59,5 m/s. De extreme windsnelheid is gebaseerd op een referentieperiode van 50 jaar. Het letterteken A staat voor een turbulentiegraad van 0,18 bij een windsnelheid van 15 m/s. Naast het windklimaat worden eveneens vochtigheid, zonnestraling en temperatuur behandeld in de norm.

In België wordt de windbelasting op bouwwerken behandeld in de norm NBN B 03-002-1. Teneinde de structurele eisen (inzake windbelasting) van windturbines te evalueren ten opzichte van bouwwerken in België in het algemeen wordt in de volgende paragrafen een vergelijking gemaakt tussen de IEC 61400 en NBN B 03-002-1.

De NBN B 03-002-1 hanteert een referentieperiode van 10 jaar inzake de te hanteren windsnelheden ten opzichte van de IEC 61400. Analooq aan de IEC 61400 zijn in de Belgische norm eveneens

omgevingsklassen gedefinieerd. Deze omgevingsfactoren zijn gebaseerd op de ruwheid/obstructiegraad van het betreffende terrein. In NBN B 03-002-1 is de maximale ogenblikkelijke windsnelheid reeds berekend voor een aantal hoogtes.

In de tabel uit NBN B 03-002-1 wordt de te hanteren maximale windsnelheid voor klasse I (kustgebied) berekend op 50,2 m/s of 180,7 km/u voor een bouwwerk van 100 m. Voor klasse II (landelijk gebied met alleenstaande gebouwen of bomen) bedraagt de maximale windsnelheid nog 48,1 m/s of 173,2 km/u.

Rekening houdende met de te hanteren extreme windsnelheid van 59,5 m/s of 214,2 km/u (ashoogte – 100 m) voor een IEC 61400 klasse IIA-turbine, kan gesteld worden dat de beginselen inzake structurele integriteit van bouwwerken strenger zijn in de IEC 61400 dan in de NBN B 03-002-1.

Aan de hand van de gegevens van het KMI inzake extreme meteo-omstandigheden, kan opgemerkt worden dat de hoogste windsnelheid (windstoot) die in België gemeten is tijdens de laatste 100 jaar, ongeveer 46,7 m/s (168 km/u) bedraagt.

Samengevat kan gesteld worden dat een IEC 61400 (of een gelijkwaardige nationale norm) gecertificeerde windturbine eveneens voldoet aan de Belgische normen inzake windbelasting van bouwwerken en zodoende een gelijkaardig risicopotentieel bezit als andere gelijkaardige constructies die voldoen aan de NBN B 03-002-1 (bv. schoorstenen, bruggen, ...).

Veiligheidssysteem

Het veiligheidssysteem van de windturbine zal worden geactiveerd als een gevolg van een fout in het controlesysteem, externe fouten of gevaarlijke gebeurtenissen waarbij de operationele limieten worden overschreden. Het systeem wordt geactiveerd bij volgende gebeurtenissen:

- overtoeren;
- overbelasting of fout van de generator;
- buitensporige trillingen;
- bij falen van volgende netwerkfouten:
 - stroomuitval;
 - vermogensverlies;
- abnormale kabeltorsing.

Het systeem is ontworpen om de turbine in alle omstandigheden veilig tot stilstand te kunnen brengen. Het veiligheidssysteem heeft voorrang op het controlesysteem.

Maatregelen worden genomen om verborgen risico's te vermijden. De noodstop, welke het automatische controlesysteem overschrijft en alles uitschakelt, is voorzien in elke grote werkplaats. Automatische heropstart nadat het veiligheidssysteem heeft ingegrepen is niet toegelaten.

Bijlage 2: Risicocriteria

Met betrekking tot de personen in de omgeving van een bedrijf zijn de begrippen plaatsgebonden risico en groepsrisico ingevoerd. Het plaatsgebonden risico (uitgedrukt per jaar) is de vermenigvuldiging van het aantal malen dat een zwaar ongeval zich per jaar voordoet, met het nadelig effect (overlijden) dat een persoon ondervindt als gevolg van blootstelling aan die verstoring (toxisch effect, warmtestraling, drukgolf, inslag van een rondvliegend voorwerp).

Doorgaans wordt het risico rondom een activiteit berekend alsof er op elke plaats voortdurend (24u/24u) een individu aanwezig is. De punten met een gelijk plaatsgebonden risico worden met elkaar verbonden en vormen op die manier lijnen die Iso Risico Contouren (IRC) worden genoemd.

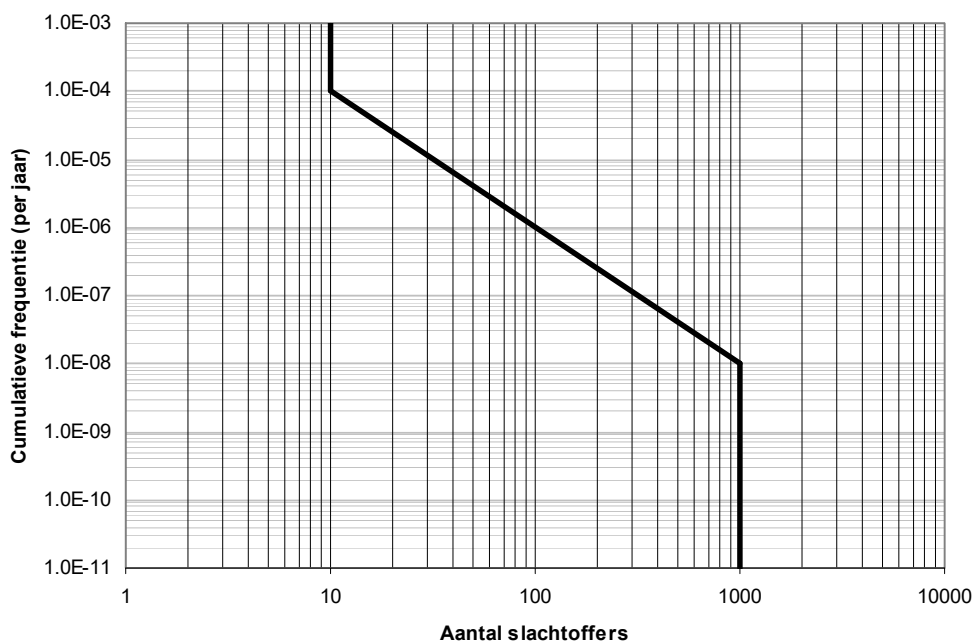
Met betrekking tot het plaatsgebonden risico worden door de overheid een aantal criteria vooropgesteld. Deze criteria worden in onderstaande paragrafen besproken en zijn weergegeven in de volgende tabel.

Plaatsgebonden Risico	Criterium
10^{-5} / jaar	Mag maximaal 5 permanente individuele externe werkplaatsen omvatten. Mag geen niet onteigende of niet in onteigeningsplannen opgenomen wooneenheden omvatten.
10^{-6} / jaar	Mag geen gebied met woonfunctie overschrijden.
10^{-7} / jaar	Mag geen gebied met kwetsbare locatie overschrijden.

Het eerste criterium betekent dat de IRC 10^{-5} maximaal 5 permanente individuele externe werkplaatsen mag omvatten. Alle werkplaatsen worden aanzien als extern aan de windturbine, tenzij de windturbine en het bedrijf samen een “ingedeelde inrichting of activiteit (IIOA)” vormen. Tijdelijke en bewegende aanwezigheid van mensen wordt niet meegenomen. Binnen deze zone mogen tevens geen niet onteigende of niet in onteigeningsplannen opgenomen wooneenheden aanwezig zijn. Het tweede criterium stelt dat in een naburig gebied met woonfunctie het plaatsgebonden risico kleiner moet zijn dan 10^{-6} per jaar (m.a.w., de IRC van 10^{-6} per jaar mag een gebied met woonfunctie geheel noch gedeeltelijk omsluiten). Het derde criterium tenslotte betekent dat op het terrein van een kwetsbare locatie het plaatsgebonden risico nergens groter mag zijn dan 10^{-7} per jaar (m.a.w., de IRC van 10^{-7} per jaar mag het terrein van een kwetsbare locatie geheel noch gedeeltelijk omsluiten). In (HWT, 2022) en (BWT, 2019) werden deze criteria voor het plaatsgebonden risico vastgelegd om de externe risico's van windturbines te toetsen.

Het groepsrisico is het risico waarbij in één keer een groep personen het slachtoffer is van eenzelfde ongewenste gebeurtenis. Dit groepsrisico wordt weergegeven onder de vorm van een cumulatieve frequentiecurve (de zgn. fN-curve, zie volgende figuur): de schade wordt in de abscis weergegeven terwijl de cumulatieve frequentie van optreden in de ordinaat staat. De berekening van het groepsrisico

steunt op de aanwezige populatie. Een fN-curve geeft dus inzicht in de kans waarop er jaarlijks minstens een aantal dodelijke slachtoffers in één keer vallen.



Conform de bepalingen in (HWT, 2022) en (BWT, 2019) dienen met betrekking tot het groepsrisico de criteria, weergegeven in onderstaande figuur, gevolgd te worden. In geen geval mogen er meer dan 1000 slachtoffers vallen, ongeacht de geringe kans op een dergelijk ongeval.

Merk op dat het bestaan van een restrisico van 10 doden aanvaardbaar wordt geacht. Dit volgt uit het gegeven dat het in de realiteit onmogelijk is te eisen dat tijdens de uitvoering van een industriële activiteit nooit een incident mag optreden. Ervaring leert dat een dergelijk restrisico nooit volledig uitgesloten kan worden (tenzij door de betrokken industriële activiteit in het geheel niet uit te voeren). In dit kader is het evenwel belangrijk op te merken dat het aanvaarden van een dergelijk restrisico de exploitant niet ontslaat van de verplichting de risico's die gepaard gaan met de betrokken activiteit zoveel mogelijk te beperken en de nodige voorzieningen te treffen om de schadelijke gevolgen ingeval van een incident tot een minimum te herleiden.

Indien bovenvermelde risicocriteria overschreden worden, dienen de bestaande of (ingeval van nieuwe inrichtingen) voorziene veiligheidsmaatregelen opnieuw geëvalueerd en uitgebreid of geoptimaliseerd te worden teneinde het risico tot een aanvaardbaar niveau terug te brengen.

Bijlage 3: Risicoanalyse impact windturbines op ondergrondse leidingen

1. Identificatie van de ongeval scenario's

Specifiek voor de bepaling van de risico's van windturbines naar ondergrondse leidingen worden de volgende ongeval scenario's en bijhorende faalfrequenties gehanteerd op basis van het expertenoverleg:

- Gondelbreuk 1,8 10⁻⁵/jaar
- Mastbreuk
 - Falen aan de voet van de turbine 1,5 10⁻⁵/jaar
 - Knikken van de windturbine in de onderste helft van de mast 3,5 10⁻⁵/jaar
 - Knikken van de windturbine in de bovenste helft van de mast geen gevolg

Met betrekking tot het knikken van de windturbine in de bovenste helft van de mast werd in het expertenoverleg aangenomen dat dit faalscenario geen relevante schade teweegbrengt aan nabijgelegen ondergrondse leidingen.

Tevens werd in het expertenoverleg besloten dat impact van een (stuk) wiek bij bladbreuk geen relevante impact heeft met betrekking tot het falen van ondergrondse leidingen.

In geval van een hybride mast (beton-staal) wordt de kans voor het knikken van de mast uniform verdeeld over het volledige betonnen mastdeel. Het scenario falen aan de voet, wordt voor hybride masten beschouwd ter hoogte van de overgang tussen beton en staal. Voor een volledige betonnen mast komt dit scenario ter vervallen en wordt de kans voor knikken van de mast verdeeld over de volledige mastlengte.

2. Schadebepaling ondergrondse leidingen door falen van een windturbine

De schade aan de ondergrondse leiding wordt bepaald door enerzijds de (ontwerp)eigenschappen van de leiding en anderzijds de impact van het windturbineonderdeel. Tijdens het expertenoverleg werd besloten naast rechtstreekse impact eveneens het aspect trillingen (compressiegolven) mee te beschouwen als mogelijke oorzaak tot falen.

Het onderdeel trillingen is gebaseerd op onderzoeken uitgevoerd door GDF Suez. Hierna worden de belangrijkste uitdrukkingen samengevat. Op basis van de onderzoeken uitgevoerd door GDF Suez werd volgende uitdrukking bekomen voor de *Peak Particle Velocity* (PPV in mm/s):

$$PPV = \frac{m \cdot v \cdot k}{\rho \cdot r^{1,3}}$$

Met: m (kg) : massa van het fragment

v (m/s)	: snelheid van het fragment bij impact
ρ (kg/m ³)	: 1800 (dichtheid van de bodem)
k (-)	: 0,7 (kalibratieparameter)
r (m)	: afstand tussen de impact en de ondergrondse leiding

Bij mastbreuk wordt (i.g.v. stalen masten, vakwerkmasten of hybride masten) de massa van het fragment berekend door de som van de massa van de gondel, de massa van de rotor (incl. de drie wieken) en de massa van de bovenste sectie van de mast. In geval van gondelbreuk worden enkel de massa van de rotor (incl. de drie wieken) en de massa van de gondel beschouwd.

In het expertenoverleg werd besloten enkel rekening te houden met relevante schade ter hoogte van de impact van de gondel. Ten gevolge van de impact van de overige mastdelen (uitgezonderd de bovenste mastsectie, d.i. een ordergrootte van 30 m), wordt geen relevante schade beschouwd.

Voor voorgaande scenario's wordt via volgende uitdrukking de spanning in de leidingwand als gevolg van trilling door impact van (mast/gondel) in de nabijheid van de leiding bekomen:

$$\sigma_{tan} = \frac{E}{1 - \nu^2} (\epsilon_{tan} + \nu \epsilon_{ax})$$

Met:	tangentiële rek	: $\epsilon_{tan} = \frac{PPV}{c}$
	axiale rek	: $\epsilon_{ax} = 0,4 \frac{PPV}{c}$
	σ_{tan} (Pa)	: tangentiële spanning in de leiding
	E (Pa)	: $210 \cdot 10^9$ (elasticiteitsmodulus leidingmateriaal)
	ν (-)	: 0,29 (Poisson-coëfficiënt)
	PPV (m/s)	: peak particle velocity (zie hiervoor)
	c (m/s)	: 700 (voortplantingssnelheid van de schokgolven in de bodem)

De bekomen spanning kan dan vergeleken worden met de ontwerpgegevens van de leiding (SMYS – *Specified Minimum Yield Strength*). De maximale werkingsparameters van een leiding wordt bepaald op een percentage van de SMYS. Op basis van de info van het expertenoverleg bedraagt dit percentage typisch 72% van de SMYS. Een lek van de leiding wordt verondersteld indien 90% van de SMYS wordt bereikt, een breuk bij 100%.

In het expertenoverleg werd voorgesteld om de volgende twee faalscenario's voor ondergrondse leidingen (ten gevolge impact van een windturbine) in rekening te nemen:

- Breuk van de leiding: ingeval $\sigma_{tan} \geq 28 \text{ \% SMYS}$
- Lek aan de leiding (equivalente lekdiameter = 0,1 leidingdiameter): ingeval $18 \text{ \% SMYS} \leq \sigma_{tan} < 28 \text{ \% SMYS}$

3. Gevolgscenario's voor ondergrondse leidingen

Gelet op de methodologie, wordt voor de bepaling van het aantal slachtoffers ten gevolge van het domino-effect (breuk van een leiding) rekening gehouden met 4 schadezones:

- 100% letaliteit (binnen deze effectafstand),
- 75% letaliteit (tussen de effectafstanden van 50% en 100% letaliteit),
- 30% letaliteit (tussen de effectafstanden van 10% en 50% letaliteit)
- 5% letaliteit (tussen de effectafstanden van 1% en 10% letaliteit).

De schadeafstanden worden gegeven in het rapport “effectafstanden extra scenario's bij TWOL transport”, LNE, 2015.

Zoals aangegeven worden enkel de scenario's gondelbreuk en mastbreuk beschouwd ten behoeve van mogelijke relevante schade aan ondergrondse leidingen. In het kader van het expertenoverleg wordt de getroffen leiding opgedeeld in diverse segmenten binnen een afstand waar het faalscenario van de leiding kan optreden. De segmentlengte van de leiding werd in het expertenoverleg vastgelegd op 10 meter.

Voor elk segment van de leiding kan de frequentie op schade als gevolg van het falen van een nabije windturbine berekend worden. Dit wordt berekend door de faalfrequentie van het windturbinefaalscenario te vermenigvuldigen met de schadekans van het betreffende segment gegeven het faalscenario van de windturbine.

Rekening houdend met de maximale effectafstand van de leiding (i.e. 100%-letaliteit) kan voor elk segment het aantal slachtoffers per domino-scenario berekend worden. De combinatie van de frequentie van de domino-scenario's met de gevolgenanalyse per segment resulteert in een groepsrisico per leidingsegment als gevolg van domino-effecten. Deze groepsrisico's worden vervolgens voor alle leidingsegmenten gecumuleerd en als indirect risico beschouwd voor de betreffende windturbine. De evaluatie van dit (indirect) groepsrisico gebeurt analoog aan de evaluatie van het directe groepsrisico.

Bijlage 4: Uitsluiting van flexibels en verlaadarmen uit de veiligheidsstudie

Flexibels en verlaadarmen worden door (HWT, 2022) niet op voorhand uitgesloten uit de veiligheidsstudie. Echter voor de impact van een wiek op deze installaties ten gevolge van bladbreuk bij overtoeren kan aangetoond worden dat dit ongeval scenario niet relevant is m.b.t. mogelijke indirecte risico's naar flexibels en verlaadarmen.

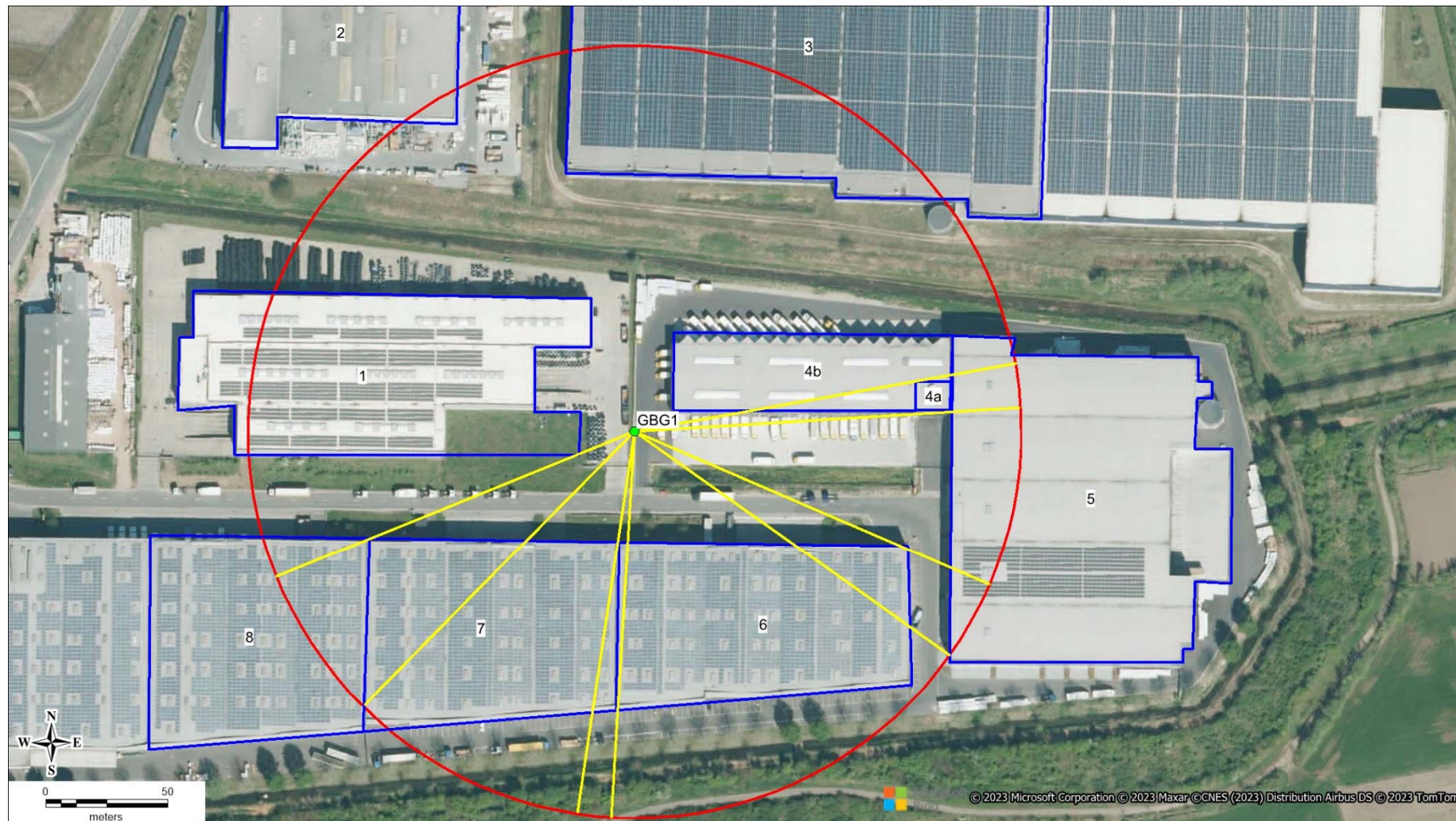
De kans op bladbreuk bij overtoeren bedraagt $5 \cdot 10^{-6}$ /jaar, oftewel $5,71 \cdot 10^{-10}$ /uur (rekening houdend met 8760 uren/jaar). De faalfrequenties (weergegeven per uur) van de verlaadarmen en flexibels worden in de volgende tabel weergegeven (zie ook Handboek Risicoberekeningen (HBRB, 2023)). Tevens wordt de bijdrage van de kans op bladbreuk bij overtoeren ($5,71 \cdot 10^{-10}$ /uur) op deze faalfrequenties vermeld.

Installatie	Gevolg tgv impact van de windturbine	Faaltwijze	Faalfrequentie installatie (/uur)	Bijdrage
verlaadarm	grote schade	breuk	3,00E-08	1,90%
	kleine schade	lek	3,00E-07	0,19%
flexibel	grote schade	breuk	4,00E-06	0,01%
	kleine schade	lek	4,00E-05	<0,01%
flexibel voor LPG-achtigen	grote schade	breuk	5,40E-07	0,11%
	kleine schade	lek	5,40E-06	0,01%

Op basis van bovenstaande bespreking kan besloten worden dat de kans op bladbreuk bij overtoeren steeds minder dan 10% bedraagt van de faalfrequentie van de flexibel/verlaadarm. Hierbij werd uitgegaan dat elke kans op bladbreuk bij overtoeren aanleiding zal geven tot het falen van de flexibel/verlaadarm. In werkelijkheid zal dit echter lager zijn, rekening houdend met de richting waarin het blad wordt uitgeworpen en de afstand waar het blad terechtkomt.

Om deze reden worden flexibels en verlaadarmen uitgesloten van de veiligheidsstudie indien deze enkel getroffen kunnen worden door een wiek bij bladbreuk bij overtoeren.

Bijlage 5: Hulplijnen groepsrisico



LEGENDE: rood: maximale effectafstand mastbreuk – zwaartepunt van blad geel: hulplijnen blauw: afbakening relevante gebouwen