

Aspiravi
Vaarnewijkstraat 17
B-8530 Harelbeke

Veiligheidsstudie

Windturbineproject Erpe-Mere E40



mei 2024
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.....	iii
I. Inleiding.....	I.1
II. Projectbeschrijving.....	II.1
II.1. Inplantingslocatie.....	II.1
II.2. Gegevens windturbine.....	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.3
III.2.4. IJsworp en ijswal.....	III.4
III.3. Analyse van het plaatsgebonden mensrisico.....	III.5
III.3.1. Bepaling van het plaatsgebonden mensrisico.....	III.5
III.3.2. Evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico	III.7
III.4. Analyse van het groepsrisico	III.8
III.4.1. Populatie in de omgeving van de windturbine	III.8
III.4.2. Analyse van het groepsrisico van de windturbine	III.9
III.5. Analyse van de indirecte risico's	III.11
III.6. Samenvatting: Evaluatie van de externe risico's.....	III.12
III.6.1. Directe risico's.....	III.12
III.6.2. Indirecte risico's.....	III.12
III.7. Adviesvragen	III.12
III.7.1. Nucleaire inrichtingen	III.12
III.7.2. Hoogspanningsinfrastructuur.....	III.12
IV. Besluit.....	IV.1
V. Referenties.....	V.1
VI. Figuren.....	VI.1

TABELLEN- EN FIGURENLIJST

Tabellen

Tabel II.1 Lambert 72-coördinaten windturbine	II.1
Tabel II.2 Generieke windturbine en belangrijkste gegevens	II.2
Tabel III.1.1 Effectafstanden gondelbreuk	III.2
Tabel III.1.2 Effectafstanden mastbreuk	III.3
Tabel III.1.3 Effectafstanden bladbreuk	III.3
Tabel III.2 Berekende scheidingsafstanden	III.5
Tabel III.3 Berekening groepsrisico windturbine	III.9

Figuren aangeduid met een '▼' zijn achteraan voorliggend document toegevoegd.

Figuren

Figuur II.1 Gewestplan met locatie windturbine, isorisicocontouren van $10^{-6}/j$ en $10^{-7}/j$ en maximale effectafstand	▼
Figuur II.2 Luchtfoto met locatie windturbine, isorisicocontouren van $10^{-6}/j$ en $10^{-7}/j$ en maximale effectafstand	▼
Figuur II.3 Luchtfoto met locatie windturbine, wegen, isorisicocontour van $10^{-5}/j$ en relevante effectafstanden voor mast- en gondelbreuk	▼
Figuur II.4 Luchtfoto met locatie windturbine en scheidingsafstanden tot ondergrondse transportleidingen en bovengrondse installaties	▼
Figuur III.1 Plaatsgebonden mensrisico van de windturbine	III.6
Figuur III.2 Luchtfoto met locatie windturbine, wegen, hoeken en oppervlaktes relevant in de bepaling van het groepsrisico	▼
Figuur III.3 Groepsrisicocurve uitgaande van de windturbine	III.10

TERMINOLOGIE EN AFKORTINGEN

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

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.
Gevaarlijke stoffen	Stoffen of mengsels, beantwoordend aan de criteria in bijlage 1, deel 1 of genoemd in bijlage 1, deel 2 van het Samenwerkingsakkoord
Groepsrisico	Het groepsrisico is de kans, per jaar, dat een aantal personen in de omgeving gelijktijdig omkomen door het falen van een windturbine.
Hoofdwegen	De wegen zoals dusdanig aangegeven in het Ruimtelijk structuurplan Vlaanderen, gecoördineerde versie 2011
IEC	International Electrotechnical Commission
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 een geplande windturbine op haar omgeving. Concreet gaat het om een gepland project met één windturbine op het grondgebied van Erpe, een deelgemeente van de gemeente Erpe-Mere.

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 wordt de windturbine nader gesitueerd en worden de wat betreft het risico relevante karakteristieken van de windturbine 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 (senior consultant) samen met Anna-Lee Robben (omgevingsconsultant).

Reproductie van de volledige studie is toegestaan. Gedeelten van de veiligheidsstudie mogen slechts worden gereproduceerd na verkregen schriftelijke toestemming van M-tech Group nv of één van zijn dochtervennootschappen.

II. PROJECTBESCHRIJVING

Hieronder wordt het geplande project meer in detail toegelicht. Meer bepaald wordt de inplantingslocatie van de windturbine geduid (§ II.1) en worden de karakteristieken van de windturbine beschreven (§ II.2).

II.1. Inplantingslocatie

De windturbine wordt voorzien op het grondgebied van Erpe, een deelgemeente van Erpe-Mere nabij de gemeentegrens met Aalst. Een uittreksel van het gewestplan met de aanduiding van de inplantingslocatie van de windturbine wordt opgenomen als figuur II.1. Deze figuur is (samen met enkele andere figuren) opgenomen in § VI achteraan dit document.

De inplantingslocatie van de windturbine bevindt zich volgens het gewestplan in agrarisch gebied.

Ten oosten van de inplantingslocatie van de windturbine is het gemeentelijk ruimtelijk uitvoeringsplan (RUP) *Inperken meergezinswoningen en woondichtheden buitengebied* lopende. De stad Aalst streeft ernaar om met behulp van dit plan geen bijkomende meergezinswoningen te vergunnen in het buitengebied en in het buitengebied een woondichtheid na te streven die eigen is aan dit gebied en niet aan stedelijk gebied. Het RUP zal de huidige bestemmingen evenwel niet wijzigen.

Er worden geen overige ruimtelijke uitvoeringsplannen of bijzondere plannen van aanleg teruggevonden die van toepassing zijn binnen het effectgebied van de windturbine.

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

De windturbine wordt voorzien op de locatie gegeven in de onderstaande tabel.

Tabel II.1 Lambert 72-coördinaten windturbine

windturbine	X-coördinaat	Y-coördinaat
WT	123 236	179 989

In de wijde omgeving van het projectgebied bevinden zich geen operationele en/of vergunde windturbines. De dichtstbijzijnde windturbine bevindt zich op ca. 3 km. Bijgevolg dienen er geen mogelijke cumulatieve effecten met overige windturbines beschouwd te worden.

II.2. Gegevens windturbine

II.2.1. Technische gegevens

Het project betreft de bouw en exploitatie van één windturbine. De belangrijkste gegevens van de windturbintypes die in de vergunningsaanvraag worden voorzien, worden opgesomd in de onderstaande tabel.

Tabel II.2 Generieke windturbine en belangrijkste gegevens

type	rotordiameter D [m]	ashoogte [m]	tiphoogte [m]	nominaal toerental [tpm]
Enercon E-138-EP3-E3	138	161	230	11,1
Nordex N149	149	155	230	11,0
Vestas V150	150	155	230	10,12

Verder wordt er uitgegaan van generieke waarden voor de (maximale) diameter van de mast (12 m), de hoogte van de gondel (10 m), de lengte van de gondel (20 m) en de breedte van de gondel (10 m). 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].

Voor de massa van de gondel, de rotor en het bovenste mastdeel wordt uitgegaan van een maximale waarde van 500 ton.

II.2.2. Risicobeperkende maatregelen

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

Alle windturbines worden geconstrueerd volgens de veiligheidsaspecten van de norm IEC61400 of gelijkwaardig en worden voorzien van de nodige certificaten, tenzij het een erkende testlocatie betreft. De certificaten worden afgeleverd door een geaccrediteerd keuringsorgaan en tonen aan dat voldaan wordt aan de gangbare normen en veiligheidseisen. De windturbine is gecertificeerd bij aanvang van de bouw van de windturbine.

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 afhankelijk 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 gevaarlijke stoffen) 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 gevaarlijke stoffen 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. Een overzicht van deze effectafstanden wordt weer-gegeven in de onderstaande tabel voor de verschillende windturbinetypes (zie § II.2.1).

Tabel III.1.1 Effectafstanden gondelbreuk

type	rotordiameter [m]	effectafstand zwaarte- punt van een blad [m]	effectafstand tip van een blad [m]
Enercon E-138-EP3-E3	138	24,8	69,0
Nordex N149	149	26,8	74,5
Vestas V150	150	27,0	75,0

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. Een overzicht van deze effectafstanden wordt weergegeven in de onderstaande tabel voor de verschillende windturbinetypes (zie § II.2.1).

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 terechtkomt).

Tabel III.1.2 Effectafstanden mastbreuk

type	rotor-diameter [m]	ashoogte [m]	tiphoogte [m]	effect-afstand zwaartepunt van een blad [m]	effect-afstand tip van een blad [m]
Enercon E-138-EP3-E3	138	161	230	185	230
Nordex N149	149	155	230	182	230
Vestas V150	150	155	230	182	230

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.

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. Deze afstanden zijn bekomen op basis van berekeningen voor de verschillende windturbinetypes (zie § II.2.1). 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.1.3 Effectafstanden bladbreuk

type	rotor-diameter [m]	ashoogte [m]	nom. toerental [rpm]	maximale werpafstand zwaartepunt [m]		max. effect-afstand tip van een blad [m]
				bladbreuk bij nominaal toerental	bladbreuk bij overtoeren	
Enercon E-138-EP3-E3	138	161	11,1	187	474	519
Nordex N149	149	155	11	201	522	570
Vestas V150	150	155	10,12	183	464	512

De maximale effectafstand voor de tip van een blad (in het geval van bladbreuk) bedraagt max. 570 m.

III.2.4. IJsworp en ijsval

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 kunnen evenwel maatregelen getroffen worden om het risico dat verbonden is aan ijsval te beperken. Bijvoorbeeld:

- ❑ Indien er activiteiten plaatsvinden binnen de halve rotordiameter, wordt bij ijsdagen een visuele controle op ijsvorming uitgevoerd alvorens de activiteiten aan te vatten.
- ❑ Indien er ijs gedetecteerd wordt, wordt het rotorvlak in een bepaalde positie geplaatst. Indien bijvoorbeeld de wieken over een weg kunnen draaien, wordt het rotorvlak bij voorkeur evenwijdig aan deze weg geplaatst, zodat de afstand tussen de weg en het rotorvlak wordt gemaximaliseerd.
- ❑ Indien er ijs gedetecteerd wordt, worden personen – in het bijzonder zij die toegang hebben tot de zone onder het rotorvlak – gewaarschuwd (bv. door het plaatsen van waarschuwingsborden) dat er zich ijsval kan voordoen.

Welke maatregelen er genomen worden, is uiteraard afhankelijk van de specifieke situatie.

III.3. Analyse van het plaatsgebonden mensrisico

Voor de evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico worden scheidingsafstanden van de windturbine 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):

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

Daarnaast worden er generieke waarden gebruikt voor de diameter van de mast (12 m), de hoogte van de gondel (10 m), de lengte van de gondel (20 m) en de breedte van de gondel (10 m). 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

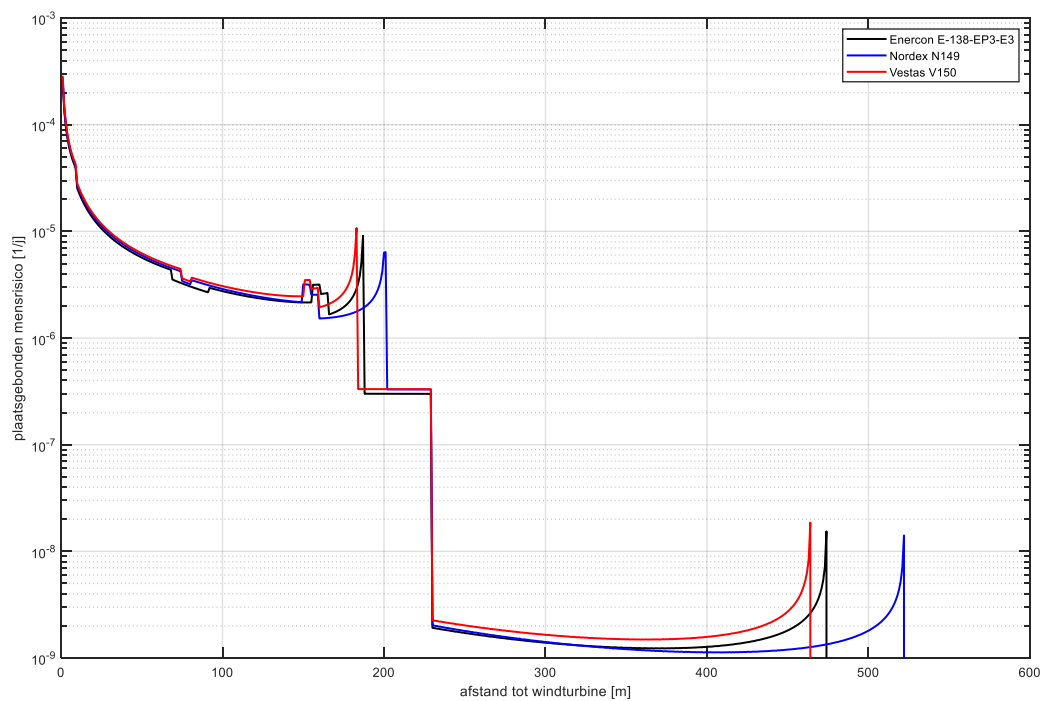
De resultaten van de berekeningen worden getoond in de onderstaande tabel. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de verschillende windturbintypes (zie § II.2.1). Voor de evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico wordt verder uitgegaan van de maximale waarde voor elk van de scheidingsafstanden.

Tabel III.2 Berekende scheidingsafstanden

type	rotor-diameter [m]	ashoogte [m]	nom. toerental [tpm]	scheidingsafstanden [m]		
				externe activiteiten ($10^{-5}/j$)	gebied met woonfunctie ($10^{-6}/j$)	kwetsbare locaties ($10^{-7}/j$)
Enercon E-138-EP3-E3	138	161	11,1	27	187	230
Nordex N149	149	155	11	29	201	230
Vestas V150	150	155	10,12	30	183	230

De onderstaande figuur toont het verloop van het berekende plaatsgebonden mensrisico in functie van de afstand tot de windturbine voor de windturbinetypes opgesomd in tabel II.2. Voor het bepalen van de scheidingsafstanden wordt geen rekening gehouden met de pieken ten gevolge van het scenario bladbreuk [2].

Figuur III.1 Plaatsgebonden mensrisico van de windturbine



III.3.2. Evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico

EXTERNE PERSONEN – De scheidingsafstand voor frequente en langdurige aanwezigheid² van externe personen bedraagt max. 30 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen permanente, individuele werkplaatsen, noch wooneenheden (zie figuur II.3). **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 max. 201 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 max. 230 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.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 windturbine bevindt. Indien dit het geval is, zal het groepsrisico berekend worden.

III.4.1. Populatie in de omgeving van de windturbine

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 windturbine 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. Binnen de maximale effectafstand van de windturbine (max. 570 m) zijn er geen locaties teruggevonden waar een grote groep personen met een hoge populatiedichtheid in openlucht frequent en langdurig wordt verwacht. Specifiek geldt bv. dat de populatiedichtheid ter hoogte van het kerkhof van Erpe en op de fietssnelweg die zich ten noorden van de windturbine bevindt in het algemeen te laag is om relevant te zijn voor de bepaling van het groepsrisico.

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 door het buitenste deel van een blad wordt geraakt, wordt aangenomen dat dit niet leidt tot het instorten van het gebouw. Voor de voorliggende studie betekent dit concreet dat het onwaarschijnlijk wordt geacht dat er 10 dodelijke slachtoffers of meer vallen in een gebouw dat zich op meer dan 185 m van de windturbine bevindt, aangezien dit gebouw bij mastbreuk niet kan getroffen worden door de mast, de gondel of de voet van een blad (i.e. het onderste deel van een blad tot aan het zwaartepunt).

HOOFDTRANSPORTWEGEN VOOR PERSONENVERVOER – De personen die gebruikmaken van de verkeersinfrastructuur in de omgeving van de windturbine 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 230 m rond de windturbine bevindt zich de autosnelweg A10 (E40), een hoofdweg (zie figuur II.3). **Het groepsrisico van de windturbine wordt geanalyseerd in § III.4.2.**

³ significant voor wat betreft de evaluatie van het groepsrisico

III.4.2. Analyse van het groepsrisico van de windturbine

III.4.2.1. Bepaling van het groepsrisico van de windturbine

De A10 (E40) bevindt zich op een minimale afstand van ca. 118 m van de windturbine. Dit betekent dat in het geval van mastbreuk, de mast, de gondel en/of een (gedeelte van een) blad op deze weg kunnen terechtkomen en zo slachtoffers veroorzaken. Mogelijke (aannemelijke) scenario's die relevant zijn voor de berekening van het groepsrisico, zijn de directe impact op een voertuig met een groot aantal inzittenden en de indirecte impact met een kettingbotsing tot gevolg waarin een groot aantal voertuigen betrokken raakt. De lage kans dat er net een bus passeert op het moment dat de windturbine op de weg terechtkomt, maakt echter het eerste scenario ondergeschikt aan het tweede. Vandaar dat in deze studie (hoofdzakelijk) uitgegaan wordt van het scenario van een kettingbotsing. Uit statistieken blijkt dat in een kettingbotsing – zelfs indien een groot aantal voertuigen betrokken is in de kettingbotsing – zelden tien of meer dodelijke slachtoffers vallen. In deze studie zal er echter conservatief van uitgegaan worden dat er in het geval de windturbine terechtkomt op de weg wanneer de verkeersdichtheid voldoende hoog is in 90% van de gevallen tien dodelijke slachtoffers en in de overige 10% van de gevallen 20 dodelijke slachtoffers vallen (door de kettingbotsing die verondersteld wordt te volgen op de impact van de windturbine op de weg). Hierdoor ligt het veronderstelde aantal dodelijke slachtoffers vast en rest er enkel een inschatting van de frequentie (kans per jaar) van het ongevalsscenario.

De kans wordt bepaald dat de autosnelweg getroffen wordt door de gondel, de mast of een deel van het blad. Voor het scenario van mastbreuk aan de voet wordt de kans bepaald door de hoek waarin de mast dient te vallen opdat de weg getroffen zou worden, terwijl voor het scenario mastbreuk boven het maaiveld de kans bepaald wordt door de oppervlakte waarin de gondel dient te vallen opdat de weg getroffen zou worden. Figuur III.2 toont de verschillende hoeken en oppervlaktes die van belang zijn in de bepaling van het groepsrisico.

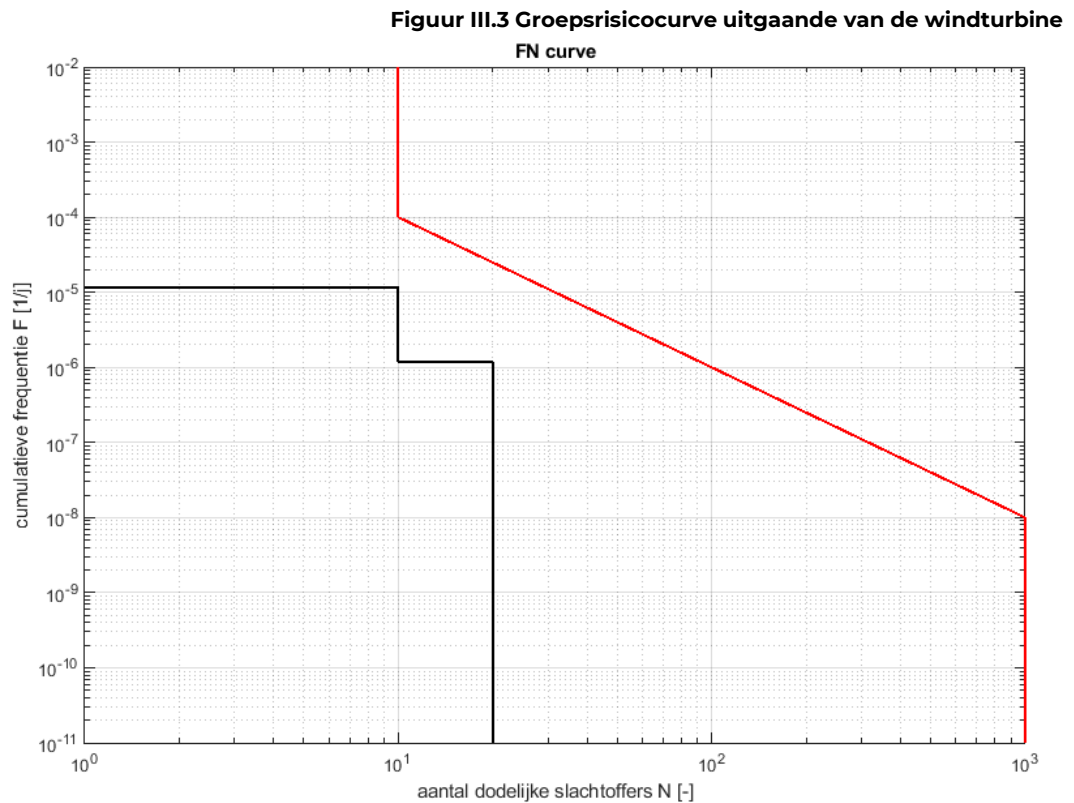
Voor de windturbinetypes opgesomd in tabel II.2 bedraagt de maximale kans op impact ca. $1,76 \cdot 10^{-5}/j$. Deze kans dient nog gecorrigeerd te worden, aangezien de verkeersdichtheid voldoende hoog dient te zijn om een kettingbotsing te veroorzaken. Indien wordt verondersteld dat dit gedurende 16 uren per dag (6u00 tot 22u00) het geval is, wordt de frequentie van het ongevalsscenario geschat op ca. $1,18 \cdot 10^{-5}/j$.

De benodigde gegevens en tussenresultaten voor de berekening van het groepsrisico worden getoond in de onderstaande tabel (voor de Vestas V150).

Tabel III.3 Berekening groepsrisico windturbine

populatie	hoek [°]	opper- vlakke [m ²]	trefkans [/j]	aanwezig- heidsfractie	vervolg- kans	f [/j]	N
A10 (E40)	147,4	24.850	$1,76 \cdot 10^{-5}$	0,667 (16/24)	0,9	$1,06 \cdot 10^{-5}$	10
					0,1	$1,18 \cdot 10^{-6}$	20

Het groepsrisico van de windturbine wordt – rekening houdend met de huidige omgeving, de hogervermelde aannames en de resultaten van de kansberekeningen – getoond in figuur III.3.



III.4.2.2. Evaluatie van het groepsrisico van de windturbine

Het criterium voor het groepsrisico wordt getoond in figuur III.3 door middel van de rode lijn. Het berekende groepsrisico dient zich onder deze rode lijn te bevinden.

Uit figuur III.3 blijkt dat het groepsrisico van de windturbine voldoet aan het criterium.

III.5. Analyse van de indirecte risico's

Gevaarlijke stoffen kunnen aanwezig zijn op het terrein van de inrichtingen die in de omgeving van de windturbine 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 windturbine bevinden. Indien dit het geval is, zal het indirecte risico van deze installaties geanalyseerd worden. De aard van de analyse hangt af van de aard van de installatie.

INRICHTINGEN MET GEVAARLIJKE STOFFEN – Er bevinden zich geen Seveso-inrichtingen of LPG-, LNG-, CNG- of waterstofstankstations binnen de maximale effectafstand (max. 570 m) van de windturbine (zie figuur II.4). Bovendien bevinden er zich geen inrichtingen van klasse 1 omwille van de aanwezigheid van Sevesostoffen binnen de effectafstand voor mastbreuk (max. 230 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 windturbine (de massa van de gondel, de rotor en het bovenste mastdeel en de ashoogte) en bedraagt max. 197 m voor de windturbine⁴.

Via het Kabel- en Leidinginformatieportaal (KLIP) is nagegaan of in het projectgebied transportleidingen met Sevesostoffen gelegen zijn. Er bevinden zich geen relevante ondergrondse leidingen met Sevesostoffen binnen de berekende scheidingsafstand (zie ook figuur II.4). **Er is bijgevolg geen nadere analyse vereist.**

DRUKREDUCEERSTATIONS – Er bevinden zich geen drukreducerstations binnen de maximale effectafstand (max. 570 m) van de windturbine (zie ook figuur II.4). **Er is bijgevolg geen nadere analyse vereist.**

TRANSPORT – In de omgeving van de windturbine worden mogelijk gevaarlijke stoffen getransporteerd. Enkel in uitzonderlijke gevallen zal het indirecte risico van het transport van gevaarlijke stoffen 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.**

⁴ Deze scheidingsafstand is berekend uitgaande van een max. ashoogte van 161 m en een max. massa van de gondel, de rotor en het bovenste mastdeel van 500 ton.

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

III.6.1. Directe risico's

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

Het groepsrisico van de windturbine is geanalyseerd in § III.4. Er wordt besloten dat het groepsrisico van de windturbine voldoet aan het criterium.

III.6.2. Indirecte risico's

De indirecte risico's ten gevolge van de inplanting van de windturbine houden verband met de aanwezigheid van gevaarlijke stoffen in installaties in de omgeving van de windturbine en zijn geanalyseerd in § III.5.

Er zijn geen relevante installaties met gevaarlijke stoffen aanwezig in de omgeving⁵ van de windturbine.

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 inplantingslocatie van de windturbine.

III.7.2. Hoogspanningsinfrastructuur

De adviesgrensafstand (i.e. 3.5 keer rotordiameter) bedraagt maximaal 525 m [5]. Er bevindt zich geen bovengrondse hoogspanningsinfrastructuur van Elia binnen deze afstand van de inplantingslocatie van de windturbine.

⁵ binnen de van toepassing zijnde scheidingsafstanden

IV. BESLUIT

Projectontwikkelaar Aspiravi wenst één windturbine te realiseren op het grondgebied van Erpe, een deelgemeente van de gemeente Erpe-Mere.

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

Uit deze veiligheidsstudie wordt besloten dat de inplanting van de windturbine op de voorgestelde 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-deskundige⁶

⁶ 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 2.0 d.d. 01/12/2022, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2022.
- [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] *Advies van Elia bij het oprichten van windturbines in de nabijheid van hoogspanningsinstallaties*, Elia, november 2023.

VI. FIGUREN

