Arcadis

Gaston Crommenlaan 8 bus 101

9050 Gent

Veiligheidsstudie

Windturbineproject Kluizendok Armasteel

mei 2026 – versie 1.0

3500 Hasselt Herkenrodesingel 101 T. 011/22 32 40 F. 011/23 46 70
9000 Gent Wondelgemkaai 159 T. 09/216 80 00 F. 09/375 36 17
8540 Deerlijk Kleine Tapuitstraat 18 T. 056/72 46 79 F. 056/72 64 86
1020 Brussel Esplanade 1/16 T. 02/734 02 65 F. 02/734 61 80
5004 Bouge Route de Hannut 55 T. 081/22 60 82 F. 081/22 99 22

INHOUDSTAFEL

Inhoudstafel ..... **i**
Tabellen- en figurenlijst ..... **ii**
Terminologie en afkortingen ..... **iv**
I. Inleiding **I.1**
II. Projectbeschrijving **II.1**
II.1. Inplantingslocatie windturbine II.1
II.2. Gegevens windturbine II.2
II.2.1. Technische gegevens II.2
II.2.2. Risicobeperkende maatregelen II.3
III. Risicoanalyse **III.1**
III.1. Inleiding III.1
III.2. Relevante scenario's III.2
III.2.1. Gondelbreuk III.2
III.2.2. Mastbreuk III.2
III.2.3. Bladbreuk III.3
III.2.4. IJsworp en ijsval III.5
III.3. Analyse van het plaatsgebonden mensrisico III.6
III.3.1. Bepaling van het plaatsgebonden mensrisico III.6
III.3.2. Evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico III.8
III.4. Analyse van het groepsrisico III.9
III.4.1. Populatie in de omgeving van de windturbine III.9
III.4.2. Bepaling en evaluatie van het groepsrisico III.10
III.5. Analyse van de indirecte risico's III.13
III.5.1. Circular Carbon Hub III.14
III.5.2. Ghent Renewables & Ghent Transport and Storage III.17
III.5.3. Aether Renewable Chemicals III.18
III.5.4. GTS Kluizendok Zuidwest III.20
III.5.5. Spoorbundel ter hoogte van containerterminal ITG III.21
III.5.6. LNG-bunkering III.23
III.6. Cumulatieve effecten III.24
III.6.1. Plaatsgebonden mensrisico's III.25
III.6.2. Groepsrisico III.25
III.6.3. Indirecte risico III.25
III.7. Samenvatting: Evaluatie van de externe risico's III.26
III.7.1. Directe risico's III.26
III.7.2. Indirecte risico's III.26
III.8. Adviesvragen III.27
III.8.1. Nucleaire inrichtingen III.27
III.8.2. Hoogspanningsinfrastructuur III.27
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 Windturbinetypes en belangrijkste gegevens II.2

Tabel II.3 Representatieve windturbines en belangrijkste gegevens II.3

Tabel III.1.1 Effectafstanden gondelbreuk III.2

Tabel III.1.2 Effectafstanden mastbreuk III.3

Tabel III.1.3 Effectafstanden bladbreuk III.4

Tabel III.2 Berekende scheidingsafstanden III.6

Tabel III.3 Gebouwen binnen de relevante scheidingsafstand van de windturbine III.10

Tabel III.4 Berekening groepsrisico van de windturbine (representatieve windturbine 1) III.11

Tabel III.5 Overzicht van inrichtingen en installaties met Sevesostoffen binnen relevante scheidingsafstanden voor een analyse van het indirecte risico III.14

Tabel III.6 Overzicht installaties met Sevesostoffen op het terrein van CCH III.15

Tabel III.7 Treffrequenties weerhouden installaties CCH III.16

Tabel III.8 Relatieve toename faalfrequenties weerhouden installaties CCH III.16

Tabel III.9 Treffrequenties weerhouden installaties Aether Renewable Chemicals III.19

Tabel III.10 Relatieve toename faalfrequenties weerhouden installaties Aether Renewable Chemicals III.19

Tabel III.11 Treffrequenties spoorwagons III.22

Tabel III.12 Relatieve toename faalfrequenties spoorwagons III.22

Tabel III.13 Treffrequenties LNG-bunkerschip III.23

Tabel III.14 Relatieve toename faalfrequenties LNG-bunkerschip III.23

Tabel III.15 Lambert 72-coördinaten en gegevens overige windturbines III.24

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

Figuren

Figuur II.1.1 Gewestplan met locatie windturbine, isorisicocontouren van 10^{-6}/j en 10^{-7}/j en maximale effectafstand ..... ▾

Figuur II.1.2 Bestemmingsplan 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, isorisicocontour van 10^{-5}/j en relevante effectafstanden voor mast- en gondelbreuk ..... ▾

Figuur II.4 Luchtfoto met locatie windturbine en scheidingsafstanden tot bovengrondse installaties en ondergrondse transportleidingen ..... ▼

Figuur II.5 Luchtfoto met locatie windturbine en locaties van de meest nabije overige windturbines ..... ▼

Figuur III.1 Plaatsgebonden mensrisico van de windturbine III.7

Figuur III.2 Luchtfoto met locatie windturbine en trefhoeken en -oppervlaktes relevant in de bepaling van het groepsrisico ..... ▼

Figuur III.3 Groepsrisicocurve uitgaande van de windturbine III.12

Figuur III.4 Luchtfoto met locatie installaties met Sevesostoffen en relevante effectafstanden ..... ▼

TERMINOLOGIE EN AFKORTINGEN

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

CCH	Circular Carbon Hub
CNG	compressed natural gas
D	rotordiameter
Gebied met kwetsbare locatie	Alle terreinen waarop zich scholen, ziekenhuizen of rust- en verzorgingstehuizen bevinden. Met scholen worden alle kleuter-, lager of secundair onderwijsinstellingen bedoeld. Universiteiten en hogescholen worden niet weerhouden aangezien deze personen voldoende zelfredzaam zijn.
Gebied met woonfunctie	1. Woongebied, bepaald volgens artikel 5 en 6 van het koninklijk besluit van 28 december 1972 betreffende de inrichting en de toepassing van de ontwerp-gewestplannen en de gewestplannen en de ermee vergelijkbare gebieden vastgesteld in de ruimtelijk uitvoeringsplannen met toepassing van het decreet van 18 mei 1999 houdende organisatie van de ruimtelijke ordening; 2. Groepen van minstens vijf bestaande, niet onteigende of in onteigeningsplannen opgenomen wooneenheden, die een ruimtelijk aaneengesloten geheel vormen, in andere gebieden dan vermeld in 1.
Groepsrisico	Het groepsrisico is de kans, per jaar, dat een aantal personen in de omgeving gelijktijdig omkomen door het falen van een windturbine.
GTS	Ghent Transport & Storage
H2	waterstof
Hoofdwegen	De wegen zoals dusdanig aangegeven in het Ruimtelijk structuurplan Vlaanderen, gecoördineerde versie 2011
IEC	International Electrotechnical Commission
IRC	isorisicocontour
ITG	Interface Terminal Gent
KLIP	kabel- en leidinginformatieplatform
LNG	liquefied natural gas
LPG	liquefied petroleum gas
MER	milieueffectenrapport
n.b.	niet bepaald
OVR	omgevingsveiligheidsrapport
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 bedrijfsterrein van Armasteel ter hoogte van het Kluizendok in de Gentse Zeehaven op het grondgebied van de stad Gent.

De veiligheidsstudie wordt opgesteld conform het door de Vlaamse overheid aanvaarde beoordelingskader dat beschreven wordt in het *Beoordelingskader Windturbines* [1]. Meer bepaald worden in dit document de risicocriteria, i.e. de toetsingswaarden voor de berekende externe mensrisico's beschreven. De externe mensrisico's worden berekend conform het *Handboek Windturbines* [2]. Deze documenten zijn publiek raadpleegbaar op https://omgeving.vlaanderen.be/instrumentarium-windturbines.

In § II van dit rapport wordt de windturbine nader gesitueerd en worden de wat betreft het risico relevante gegevens 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.

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

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 gegevens van de windturbine beschreven (§ II.2).

II.1. Inplantingslocatie windturbine

De windturbine wordt voorzien op het bedrijfsterrein van Armasteel ter hoogte van het Kluizendok in de Gentse Zeehaven op het grondgebied van de stad Gent op de locatie gegeven in tabel II.1.

Tabel II.1 Lambert 72-coördinaten windturbine

windturbine	X-coördinaat	Y-coördinaat
KLZ-WT21	108 099	205 347

Een uittreksel van het gewestplan met de aanduiding van de inplantingslocatie van de windturbine wordt opgenomen als figuur II.1.1. Deze figuur is (samen met enkele andere figuren) opgenomen in § VI achteraan dit document. Op figuur II.2 wordt het windturbine-project getoond op een kleurenorthofoto.

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

De inplantingslocatie van de windturbine bevindt zich volgens het gewestplan in gebied voor zeehaven- en watergebonden bedrijven. Ter hoogte van de inplantingslocatie van de windturbine is het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan (RUP) *Afbakening Zeehaven Gent* van kracht. Meer specifiek is de inplantingslocatie van de windturbine gelegen binnen deelgebied 3 dat betrekking heeft op het zeehaventerrein Kluizendok en de koppelingsgebieden Rieme Zuid, Rieme Oost en Doornzele Noord. Het zeehaventerrein Kluizendok bevat de gronden bestemd voor zeehaven- en watergebonden activiteiten. De koppelingsgebieden vormen overgangsgebieden tussen de betreffende woonkernen en het zeehaventerrein Kluizendok. De koppelingsgebieden Rieme Zuid en Doornzele Noord worden hoofdzakelijk ingevuld met landbouwactiviteiten. Het koppelingsgebied Rieme Oost wordt enerzijds ingevuld door gebied voor zeehaven- en watergebonden bedrijven en anderzijds door een zone voor park Rieme Oost dat bestemd is voor de instandhouding, de ontwikkeling en het herstel van de natuur- en landschapswaarden. Het RUP wijzigt de bestemming ter hoogte van de inplantingslocatie van de windturbine in zone voor zeehaven- en watergebonden bedrijven Kluizendok. Dit gebied is uitsluitend bestemd voor zeehaven- en watergebonden industriële bedrijven, distributiebedrijven, logistieke bedrijven en opslag- en overslaginrichtingen evenals toeleveringsbedrijven en synergiebedrijven van de watergebonden bedrijven en de bestaande gevestigde productiebedrijven. Figuur II.1.2 toont de bestemmingswijzigingen ten gevolge van het RUP. In de voorliggende studie zal waar mogelijk rekening gehouden worden met de toekomstige ontwikkeling van het bedrijventerrein binnen het effectgebied van de windturbine.

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

In het projectgebied bevinden zich meerdere operationele en vergunde windturbines (zie figuur II.5). De mogelijke cumulatieve effecten worden geanalyseerd in § III.6.

II.2. Gegevens windturbine

II.2.1. Technische gegevens

Het project betreft de bouw en exploitatie van één windturbine. De belangrijkste gegevens van de windturbinetypes die mogelijk in de vergunningsaanvraag worden voorzien, worden opgesomd in tabel II.2.

Tabel II.2 Windturbinetypes en belangrijkste gegevens

type	rotordiameter D [m]	ashoogte [m] (1)	tiphoogte [m] (1)	nominaal toerental [tpm] (2)
Enercon E175 EP5 E2	175	162	249,5	9,6
Nordex N175 6.X	175	142	229,5	9,025
Vestas V172	172	164	250	9,5

(1) Deze waardes gelden voor een windturbine waarvan de bovenkant van de fundering zich ter hoogte van het maaiveld bevindt.
(2) De windturbine kan kortstondig sneller draaien bij windstoten.

De fundering van de windturbine zal zich maximaal 1 m boven het maaiveld bevinden.

Er wordt in deze veiligheidsstudie evenwel uitgegaan van de volgende randvoorwaarden[1] voor de gegevens van de windturbine:

- max. rotordiameter D: 175 m;
- max. tiphoogte: 250 m + 1 m fundering;
- max. ashoogte: 170 m + 1 m fundering;
- max. nominaal rotortoerental: 10 tpm;
- max. massa gondel, rotor en bovenste mastdeel: 500 ton.

Het besluit van de veiligheidsstudie is geldig voor alle windturbinetypes die aan de bovenstaande randvoorwaarden voldoen.

Verder wordt er uitgegaan van generieke waardes voor de maximale diameter van de mast (12 m), de lengte van de gondel (20 m), de breedte van de gondel (10 m) en de hoogte van de gondel (10 m). Voor de afstand van het zwaartepunt van het blad tot het rotor-centrum wordt uitgegaan van een generieke waarde gelijk aan 0,18 keer de rotordiameter [2].

De bovenstaande randvoorwaarden en aannames leiden tot de bepaling van twee representatieve windturbines die gebruikt zullen worden in de risicoanalyse. De gegevens van deze representatieve windturbines zijn opgenomen in tabel II.3. Hoewel de hoogte van de fundering boven het maaiveld een verwaarloosbare invloed heeft op de conclusies van deze veiligheidsstudie, wordt bij de berekening van de effectafstanden en treffrequenties – waar zinvol – rekening gehouden met een bovengrondse fundering van 1 m (zie § III.2).

[1] Het werken met randvoorwaarden maakt het mogelijk om de veiligheidsstudie uit te voeren voor een groot aantal mogelijke windturbinetypes.

Tabel II.3 Representatieve windturbines en belangrijkste gegevens

type	rotordiameter D [m]	ashoogte [m] (1)	tiphoogte [m] (1)	nom. toerental [tpm]
representatieve windturbine 1	175	162,5	250	10
representatieve windturbine 2	160	170	250	10

(1) Deze waardes gelden voor een windturbine waarvan de bovenkant van de fundering zich ter hoogte van het maaiveld bevindt.

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 functie is van de hoogte wordt bij de keuze van de windturbine ook rekening gehouden met de ashoogte. De IEC klasse volgens dewelke een windturbine met inbegrip van de mast dient gecertificeerd te worden, wordt bepaald op basis van de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid.

II.2.2.2. IJsdetectiesysteem

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

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

II.2.2.3. Bliksembeveiligingssysteem

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

II.2.2.4. Redundant remsysteem

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

III. RISICOANALYSE

III.1. Inleiding

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

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

PLAATSGEBONDEN MENSRISICO – 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).

GROEPSRISICO – 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.

Naast het externe mensrisico wordt ook het indirecte milieurisico geanalyseerd. De analyse blijft evenwel beperkt tot de relevante installaties met Sevesostoffen die zich bevinden binnen de effectafstand voor het zwaartepunt van een rotorblad in het geval van mastbreuk.

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 bovengrondse 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 $1{,}8.10^{-5}$/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 masthelft[2]) worden bepaald door de rotordiameter van de windturbine. Een overzicht van deze effectafstanden wordt weergegeven in tabel III.1.1 voor de verschillende windturbinetypes en de representatieve windturbines (zie § II.2.1).

Tabel III.1.1 Effectafstanden gondelbreuk

type	rotordiameter [m]	effectafstand zwaartepunt van een blad [m]	effectafstand tip van een blad [m]
Enercon E175 EP5 E2	175	**31,5**	**87,5**
Nordex N175 6.X	175	**31,5**	**87,5**
Vestas V172	172	31,0	86,0
representatieve windturbine 1	175	**31,5**	**87,5**
representatieve windturbine 2	160	28,8	80,0

III.2.2. Mastbreuk

Bij het falen van de mast van de windturbine kunnen personen en bovengrondse 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 $5{,}8.10^{-5}$/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]:

[2] 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 (alhoewel de gondel strikt genomen niet op de grond terechtkomt).

- de frequentie voor mastbreuk aan de voet van de mast bedraagt $1{,}5.10^{-5}$/j, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- de frequentie voor mastbreuk boven het maaiveld in de onderste helft van de mast bedraagt $3{,}5.10^{-5}$/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 $8{,}0.10^{-6}$/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).

Er wordt aangenomen dat de mast breekt aan de voet, i.e. aan de verbinding met de fundering. Voor het scenario mastbreuk wordt dan ook abstractie gemaakt van de bovengrondse fundering.

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 tabel III.1.2 voor de verschillende windturbinetypes en de representatieve windturbines (zie § II.2.1).

Tabel III.1.2 Effectafstanden mastbreuk

type	rotordiameter [m]	ashoogte [m]	effectafstand zwaartepunt van een blad [m]	effectafstand tip van een blad [m]
Enercon E175 EP5 E2	175	162	193,5	249,5
Nordex N175 6.X	175	142	173,5	229,5
Vestas V172	172	164	195	**250**
representatieve windturbine 1	175	162,5	194,0	**250**
representatieve windturbine 2	160	170	**198,8**	**250**

III.2.3. Bladbreuk

Bij het afwerpen van een rotorblad kunnen personen en bovengrondse 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 $6{,}2.10^{-4}$/j [2] en voor bladbreuk bij overtoeren een faalfrequentie van $5{,}0.10^{-6}$/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 tabel III.1.3 voor de verschillende windturbinetypes en de representatieve windturbines (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. Er wordt rekening gehouden met een bovengrondse fundering van 1 m.

Tabel III.1.3 Effectafstanden bladbreuk

type	rotor-diameter [m]	ashoogte [m]	nom. toerental [tpm]	effectafstand bladbreuk nominaal toerental zwaartepunt / tip van een rotorblad [m]	effectafstand bladbreuk overtoeren zwaartepunt / tip van een rotorblad [m]
Enercon E175 EP5 E2	175	162	9,6	211 / 267	548 / 604
Nordex N175 6.X	175	142	9,025	187 /243	484 / 540
Vestas V172	172	164	9,5	205 / 260	527 / 582
representatieve windturbine 1	175	162,5	10	**223 / 279**	**586 / 642**
representatieve windturbine 2	160	170	10	203 / 254	515 / 566

De maximale effectafstand voor de tip van een blad (in het geval van bladbreuk) bedraagt max. 642 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 risico van ijsworp vormt dan ook geen knelpunt op het vlak van externe veiligheid.**

Het ijsdetectiesysteem kan echter niet voorkomen dat er ijs gevormd wordt op de rotorbladen. Binnen het gebied waar ijsval mogelijk is, bevinden zich locaties waar personen in openlucht werkzaam zijn. Deze locaties zijn niet publiek toegankelijk. Desalniettemin dienen de nodige maatregelen voorzien te worden om het risico van ijsval afdoende te beheersen. De belangrijkste maatregel is het hoger reeds vermelde ijsdetectiesysteem. Aangeraden wordt een systeem te voorzien dat gericht is op het detecteren van de weersomstandigheden waarbij ijsvorming op de bladen kan optreden, eerder dan een systeem dat enkel reageert wanneer er reeds ijsvorming is opgetreden. Het ijsdetectiesysteem dient vervolgens gecombineerd te worden met een bijkomende maatregel, zoals het positioneren van het rotorvlak in een veilige positie. IJs komt immers voornamelijk terecht onder het rotorvlak al kan het over een zekere afstand verwaaien onder invloed van de heersende wind. Een andere mogelijke maatregel is het afbakenen van een zone waaruit personen die zich onbeschermd nabij het rotorvlak zouden begeven geweerd worden. **Het risico van ijsval vormt een aandachtspunt, maar geen knelpunt op het vlak van externe veiligheid.** Het is immers mogelijk om dit risico afdoende te beheersen. Bovendien treedt dit risico slechts uitzonderlijk op. In de Benelux wordt gemiddeld eens in de drie jaar per windturbine gevaarlijke ijsvorming vastgesteld als gevolg van ijzel en/of sneeuw [6].

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 $D^{1,81}$ 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 waardes gebruikt voor de diameter van de mast (12 m), de lengte van de gondel (20 m), de breedte van de gondel (10 m) en de hoogte 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 tabel III.2. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de verschillende windturbinetypes en de representatieve windturbines (zie § II.2.1). Voor de evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico wordt verder uitgegaan van de maximale waarde voor elk van de scheidingsafstanden.

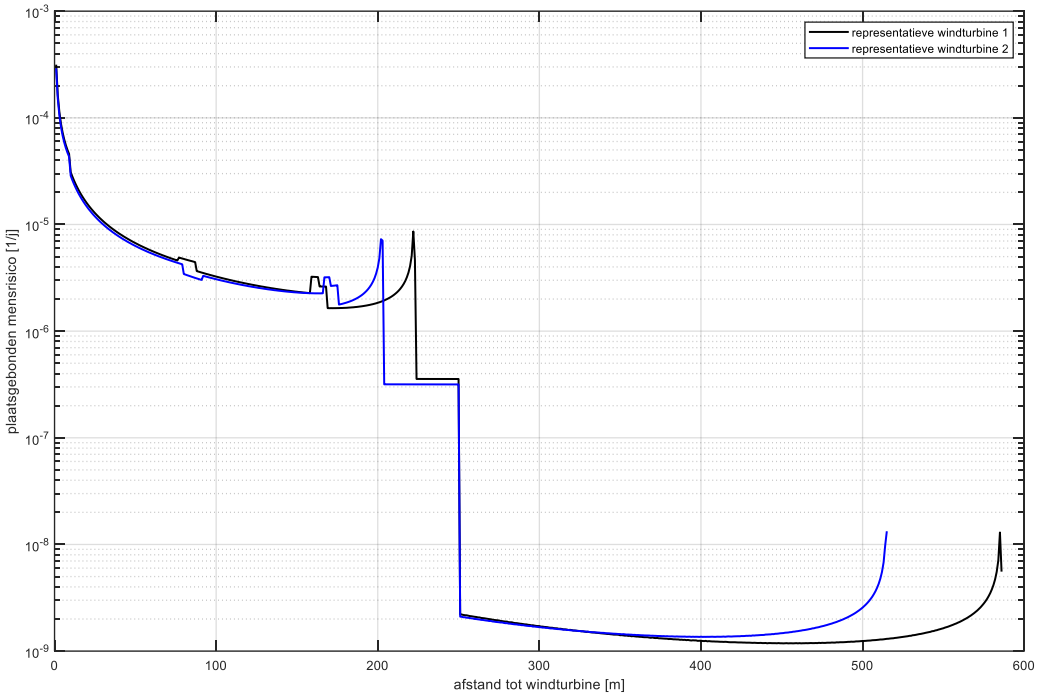
Tabel III.2 Berekende scheidingsafstanden

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 E175 EP5 E2	175	162	9,6	33	211	249,5
Nordex N175 6.X	175	142	9,025	36	187	229,5
Vestas V172	172	164	9,5	33	205	**250**
representatieve windturbine 1	175	162,5	10	33	**223**	**250**
representatieve windturbine 2	160	170	10	30	203	**250**
				≤ 40	**223**	**250**

Voor het bepalen van de scheidingsafstand tot de isorisicocontour voor het plaatsgebonden mensrisico van 10^{-5}/j wordt er rekening mee gehouden dat deze afstand – in tegenstelling tot de werpafstanden – toeneemt met afnemend rotortoerental. Er wordt met andere woorden rekening gehouden met lagere nominale rotortoerentallen dan het maximale nominale rotortoerental uit de randvoorwaarden.[3] Vandaar dat geen exacte waarde wordt gegeven, maar een bovengrens i.c. 40 m.

Figuur III.1 toont het verloop van het berekende plaatsgebonden mensrisico in functie van de afstand tot de windturbine voor de representatieve windturbines opgesomd in tabel II.3.

Figuur III.1 Plaatsgebonden mensrisico van de windturbine



Op figuren II.1 – II.5 is telkens de maximale waarde van de effect- en risicoafstanden weergegeven. In tabellen III.1.1, III.1.2, III.1.3 en III.2 zijn deze maximale waardes in het vet weergegeven.

[3] De reden waarom er ook rekening gehouden wordt met lagere nominale rotortoerentallen is om een conservatieve inschatting te kunnen maken van de scheidingsafstand tot de isorisicocontour van 10^{-5}/j.

III.3.2. Evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico

De scheidingsafstanden zijn bepaald voor de representatieve windturbines en vormen een overschatting van de scheidingsafstanden voor de verschillende windturbinetypes.

EXTERNE PERSONEN – De scheidingsafstand voor frequente en langdurige aanwezigheid[4] van externe personen bedraagt max. 40 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.**

Er bevindt zich een spoorweg binnen deze afstand. Dit betreft een spoorweg voor goederenvervoer. De aanwezigheid van deze spoorweg heeft geen impact op de evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico, aangezien de personen aanwezig op deze spoorweg zich slechts kortstondig in de nabijheid van de windturbine bevinden.

GEBIEDEN MET WOONFUNCTIE – De scheidingsafstand voor gebieden met woonfunctie bedraagt max. 223 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen woongebieden (zie figuur II.1.2). 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. 250 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.**

[4] 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 significante[5] 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 worden georganiseerd, zoals festivalterreinen en sportstadions.

Of een groep personen aanwezig in openlucht relevant is voor de evaluatie van het groepsrisico of niet kan nagegaan worden op basis van de minimale populatiedichtheid die zou leiden tot 10 of meer slachtoffers bij impact van de windturbine. Om een inschatting te maken van het verwachte aantal slachtoffers voor een bepaalde populatiedichtheid wordt de totale impactoppervlakte bepaald. In het geval van mastbreuk betreft dit de oppervlakte van de mast, de gondel en de rotor (i.e. de bladen). Specifiek wordt uitgegaan van de volgende impactoppervlaktes:

- Voor de mast wordt uitgegaan van een hoogte van 162,5 m en een gemiddelde[6] diameter van 8 m. Dit geeft een impactoppervlakte van ca. 1.300 m² voor de volledige mast;
- Voor de gondel (+ naaf) wordt uitgegaan van een oppervlakte van 200 m²;
- Voor de bladen wordt de oppervlakte berekend als $0{,}029 \times D^{1{,}81}$. Dit geeft voor een rotordiameter D = 175 m een impactoppervlakte van 333 m² (per blad).

De maximale (totale) impactoppervlakte in het geval van mastbreuk bedraagt ca. 2.500 m². Opdat het verwachte aantal slachtoffers in het geval van een impact van de mast, de gondel en de rotor 10 of meer zou bedragen, is een populatiedichtheid van meer dan 40 personen per hectare (of 1 persoon per 250 m²) vereist. Een dergelijke populatiedichtheid is in de regel niet aanwezig in openlucht ter hoogte van de bedrijfsterreinen en openbare wegen. Zo zijn op het terrein van Armasteel doorgaans slechts enkele personen aanwezig in openlucht.

Er wordt besloten dat er binnen de maximale effectafstand van de windturbine geen locaties teruggevonden zijn waar een grote groep personen met een hoge populatie-dichtheid in openlucht frequent en langdurig wordt verwacht.

PERSONEN IN GEBOUWEN – Voor personen die zich binnen een gebouw bevinden wordt bladbreuk niet beschouwd. De relevante scenario's zijn bijgevolg enkel mastbreuk en gondelbreuk [2]. Wanneer een gebouw in het geval van mast- of gondelbreuk enkel door de tip van een blad (i.e. het bovenste deel van een blad) wordt geraakt, wordt aangenomen dat dit niet leidt tot het instorten van het gebouw. Wanneer een gebouw in het geval van mast- of gondelbreuk daarentegen wordt geraakt door de mast, de gondel of de voet van een blad (i.e. het onderste deel van een blad) wordt aangenomen dat dit leidt tot het volledig instorten van het gebouw. Voor de voorliggende studie betekent dit concreet dat het onwaarschijnlijk wordt geacht dat er 10 dodelijke

[5] significant voor wat betreft de evaluatie van het groepsrisico
[6] Hier wordt rekening gehouden met het feit dat de diameter van de mast afneemt met de hoogte.

slachtoffers of meer vallen in een gebouw dat zich op meer dan 198,8 m van de windturbine bevindt.

In tabel III.3 wordt een overzicht gegeven van de gebouwen die gelegen zijn binnen de relevante scheidingsafstand van de windturbine. Het betreft enkel het bedrijfsgebouw van Armasteel. **Het groepsrisico van de windturbine wordt bepaald in § III.4.2.**

Tabel III.3 Gebouwen binnen de relevante scheidingsafstand van de windturbine

gebouw	symbool [1]	max. aantal personen in het gebouw [2]	tijdsfractie [2]			relevant voor groeps-risico
			uren /dag	dagen /jaar	tijdsfractie	
Armasteel	G1	85	9	261	0,268	ja
		70	7	261	0,209	ja
		20	8	261	0,238	ja
		70	16	104	0,190	ja
		20	8	104	0,095	ja

[1] Dit gebouw wordt aan de hand van het symbool getoond op figuur II.3.
[2] Deze gegevens zijn bekomen van de opdrachtgever in februari 2025.

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 250 m rond de windturbine bevinden zich geen relevante wegen (zie figuur II.3). De spoorwegen die zich binnen deze scheidingsafstand bevinden zijn immers alle spoorwegen voor goederenvervoer.

III.4.2. Bepaling en evaluatie van het groepsrisico

De faalfrequentie voor breuk van een stalen mast bedraagt $5{,}8.10^{-5}$/j. In de berekening van de kans op impact met een gebouw wordt uitgegaan van de volgende aannames:

- de frequentie voor mastbreuk aan de voet van de mast bedraagt $1{,}5.10^{-5}$/j, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- de frequentie voor mastbreuk boven het maaiveld in de onderste helft van de mast bedraagt $3{,}5.10^{-5}$/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 $8{,}0.10^{-6}$/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).

Er wordt conservatief aangenomen dat het gebouw instort wanneer het getroffen wordt door de gondel, de mast of het onderste deel van het blad. Hierbij wordt steeds uitgegaan van een impact van de gondel op de grond. Voor het scenario van mastbreuk aan de voet wordt de kans bepaald door de hoek waarin de mast dient te vallen opdat het gebouw zou getroffen worden, terwijl voor het scenario van mastbreuk boven het maaiveld de kans bepaald wordt door de oppervlakte waarin de gondel dient te vallen opdat het gebouw zou getroffen worden. De verschillende hoeken en oppervlaktes die van belang zijn in de bepaling van het groepsrisico van de windturbine worden getoond in figuur III.2.

Voor het scenario van mastbreuk boven het maaiveld in de bovenste helft van de mast, wordt een bovengrens bepaald voor de kans dat het gebouw getroffen wordt door het onderste deel van een blad tot aan het zwaartepunt. Hierbij wordt o.a. rekening gehouden met de hoek waarin het mastdeel dient te vallen opdat het gebouw zou getroffen worden. De bijdrage van dit scenario is evenwel verwaarloosbaar (i.c. < 1%) ten opzichte van de overige scenario's.

Indien de afstand tot een gebouw kleiner is dan de effectafstand van het zwaartepunt van een rotorblad in het geval van gondelbreuk, wordt tevens – indien de aanwezige populatie in het gebouw relevant is voor de evaluatie van het groepsrisico - rekening gehouden met de faalwijze gondelbreuk. Voor deze faalwijze wordt immers aangenomen dat de gondel inslaat op de grond aan de voet van de mast.

In de bepaling van het groepsrisico wordt rekening gehouden met de tijdsfractie waarin de personen aanwezig zijn in het gebouw. Deze tijdsfractie wordt gegeven in tabel III.3.

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

De benodigde gegevens en tussenresultaten voor de berekening van het groepsrisico worden getoond in tabel III.4 voor de representatieve windturbine 1 (zie ook figuur III.2).[7]

Tabel III.4 Berekening groepsrisico van de windturbine (representatieve windturbine 1)

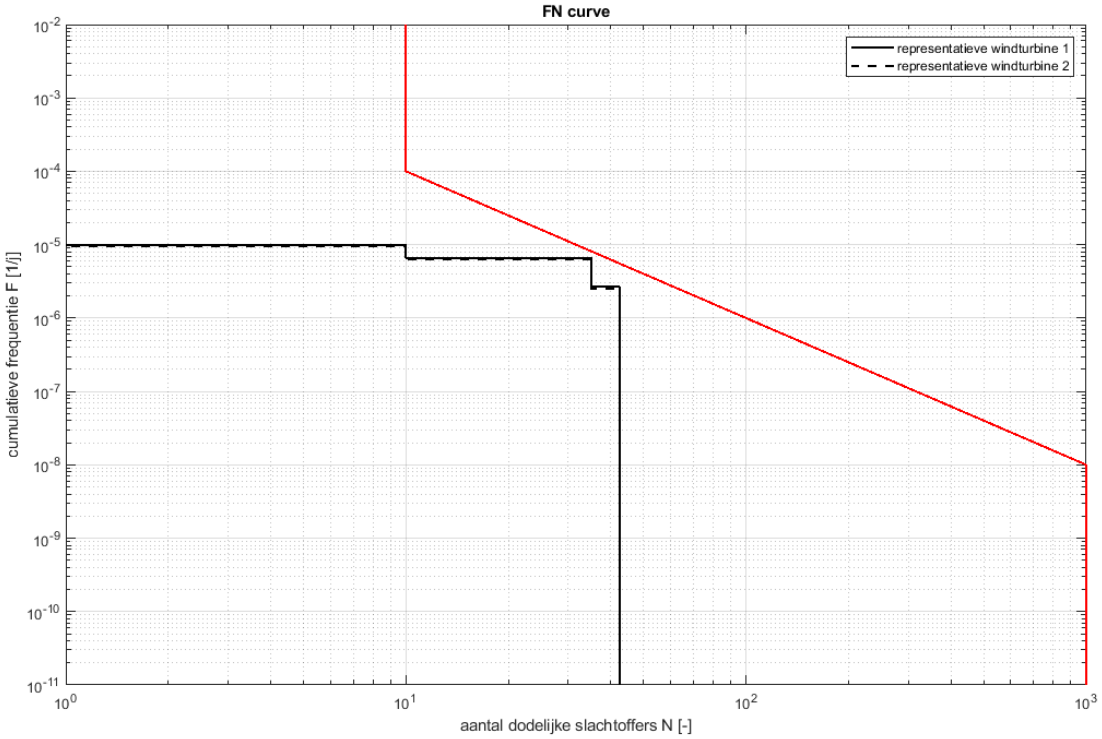
gebouw [1]	trefhoek [°]	tref-opper-vlakte [m²]	totale trefkans [1/j]	aantal personen in het gebouw [2]	aanwezig-heidsfractie	f [1/j]	N [-]
G1	68,8	16.700	$9{,}92.10^{-6}$	85	0,268	$2{,}66.10^{-6}$	42,5
				70	0,209	$2{,}07.10^{-6}$	35
				20	0,238	$2{,}36.10^{-6}$	10
				70	0,190	$1{,}89.10^{-6}$	35
				20	0,095	$9{,}45.10^{-7}$	10

[1] Dit gebouw wordt aan de hand van het symbool getoond op figuur II.3.
[2] Deze gegevens zijn bekomen van de opdrachtgever in februari 2025.

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

[7] Het blijkt dat het berekende groepsrisico voor de representatieve windturbines quasi gelijk is. Vandaar dat slechts voor één windturbinetype de gedetailleerde gegevens en tussenresultaten zijn opgenomen in de tekst.

Figuur III.3 Groepsrisicocurve uitgaande van de windturbine



III.5. Analyse van de indirecte risico's

Sevesostoffen kunnen aanwezig zijn op de terreinen van naburige inrichtingen, alsook in ondergrondse transportleidingen en hun bijhorende bovengrondse installaties (zoals op drukreduceerstations) en ter hoogte van belangrijke transportroutes.

Het indirecte risico van het transport van Sevesostoffen over de weg, het spoor of het water is over het algemeen verwaarloosbaar gelet op de lage trefkans van een transportmiddel dat doorgaans slechts kortstondig binnen het effectgebied van de windturbine aanwezig is. Dit geldt bijvoorbeeld voor het transport over de goederenspoorlijn 219, alsook over het nieuwe ringspoor die zich beide binnen het effectgebied van de windturbine bevinden. De spoorlijn 219 loopt tussen de spoorbundel Zandeken en de spoorbundel ter hoogte van de containerterminal Interface Terminal Gent (ITG). Enkel in uitzonderlijke situaties (bv. ter hoogte van rangeerstations of spoorbundels, grote vrachtwagenparkings en bunkerlocaties voor schepen) kunnen transportmiddelen met Sevesostoffen langdurig of in grote aantallen aanwezig zijn en dient het indirecte risico nader bestudeerd te worden.

Tabel III.5 (eerste kolom) geeft een overzicht van de inrichtingen en installaties met Sevesostoffen die beschouwd dienen te worden in het kader van de analyse van het indirecte mensrisico van een windturbineproject. In de tweede kolom van de tabel wordt aangegeven tot op welke afstand deze inrichtingen en installaties volgens het Instrumentarium Windturbines relevant kunnen zijn voor het indirecte mensrisico van de windturbine. In de derde en vierde kolom van de tabel wordt tot slot opgelijst welke inrichtingen en installaties worden geïdentificeerd binnen de relevante scheidingsafstanden tot de geplande windturbine. Voor wat betreft de ondergrondse transportleidingen wordt hiervoor gebruikgemaakt van het Kabel- en Leidinginformatieplatform (KLIP). De inrichtingen en installaties met Sevesostoffen worden weergegeven op figuur II.4.

Binnen het effectgebied van de windturbine bevindt zich de locatie waar LanzaTech een nieuwe site voor de productie van duurzame vliegtuigbrandstoffen en diesel wil realiseren. Hiertoe werd recent een aanmelding in het kader van een project-MER ingediend. Meer specifiek beoogt men om op de site ethanol door middel van voorbehandeling, katalytische dehydratatie, oligomerisatie, hydrogenatie en fractionering om te zetten naar synthetische kerosine en synthetische diesel. De bulkopslag en transport van grondstoffen en producten zou niet op de site gebeuren. Op de site zouden bijgevolg voornamelijk procesinstallaties aanwezig zijn. Aangezien de site zich buiten de effectafstand voor mastbreuk en voor bladbreuk bij nominaal toerental bevindt (zie figuur II.4), kunnen de installaties enkel getroffen worden in het geval van bladbreuk bij overtoeren. Dit maakt dat de treffrequentie van een installatie enkele grootteordes lager zal zijn dan de intrinsieke faalfrequentie van de installatie. Het indirecte risico voor de installaties ter hoogte van de projectlocatie is bijgevolg niet significant.

Tabel III.5 Overzicht van inrichtingen en installaties met Sevesostoffen binnen relevante scheidingsafstanden voor een analyse van het indirecte risico

te bestuderen installaties of inrichtingen met Sevesostoffen	scheidingsafstand voor risicoanalyse	geïdentificeerde installaties of inrichtingen met Sevesostoffen	min. afstand tot windturbine
Seveso-inrichtingen	642 m (max. effectafstand)	Circular Carbon Hub	± 169 m
		GTS Kluizendok Zuidwest	± 469 m
publieke of bedrijfsinterne verdeelinstallaties voor ontvlambare gassen (i.e. LPG-, LNG-, CNG- en H2-tankstations)	642 m (max. effectafstand)	-	-
klasse 1 inrichtingen omwille van aanwezigheid Sevesostoffen	250 m (tiphoogte)	-	-
ondergrondse transportleidingen met Sevesostoffen	209 m (*)	-	-
bovengrondse installaties horende bij transportleidingen met Seveso-stoffen (bv. drukreduceerstations)	642 m (max. effectafstand)	-	-
transport van Sevesostoffen – uitzonderlijke situaties (rangeerstation, spoorbundel, vrachtwagenparking, bunkerlocatie)	642 m (max. effectafstand)	spoorbundel ter hoogte van containerterminal	± 235 m
		Kluizendok (mogelijke bunkerlocatie)	± 325 m
overige (toegevoegd ter verduidelijking)	642 m (max. effectafstand)	Ghent Renewables & Ghent Transport and Storage	± 394 m
		Aether Renewable Chemicals	± 472 m

(*) Uit voorafgaand onderzoek [4] naar de mogelijke schademechanismen van een windturbine op een ondergrondse leiding blijkt dat met name de trillingen, veroorzaakt door de impact van de gondel, de rotor en het bovenste mastdeel op de grond, bepalend zijn voor het ontstaan van mogelijke schade aan de leiding. In eerste instantie wordt een scheidingsafstand tot ondergrondse transportleidingen berekend die enkel gebaseerd is op de gegevens van de windturbine, m.n. de ashoogte (max. 170 m + 1 m fundering) en de totale massa van de gondel, de rotor en het bovenste mastdeel (max. 500 ton).

Het indirecte risico voor de geïdentificeerde installaties en inrichtingen met Sevesostoffen wordt hieronder geanalyseerd.

III.5.1. Circular Carbon Hub

Circular Carbon Hub is een nieuwe Seveso-inrichting gelegen aan het Kluizendok te Gent. De activiteiten op de inrichting bestaan hoofdzakelijk uit de opslag van vloeistoffen in bulk alsook het laden en lossen van en naar verschillende transportmodi. Hiertoe omvat de inrichting:

- 4 tankparken M, N, O en P met opslagtanks, pompen en productleidingen,
- een steiger met 4 aanlegplaatsen,
- een verlaadplaats voor het laden en lossen van tankwagens,
- een verlaadplaats voor het laden en lossen van spoorwagons en
- enkele technische gebouwen en installaties.

Alle tanks zijn enkelwandige, verticale atmosferische tanks. De tanks staan opgesteld in een inkuiping uit gewapend beton. De inkuipingen van tankparken M, N en O zijn elk door middel van tussenmuren verdeeld in secties. De hoogte van de tussenmuren is zodanig dat binnen elke sectie tenminste de inhoud van de grootste tank kan opgevangen worden.

In tabel III.6 wordt een overzicht gegeven van de installaties met Sevesostoffen die het externe mensrisico van de inrichting veroorzaken en die zich bevinden binnen de maximale effectafstand van de windturbine. Dit overzicht is gebaseerd op het recentste omgevingsveiligheidsrapport (OVR/24/02) van de inrichting. Hierbij wordt opgemerkt dat de verlaadplaats voor spoorwagons zich niet binnen het effectgebied van de windturbine bevindt (zie ook figuur III.4). De installaties zijn gegroepeerd en voor elke groep installaties worden één of meer representatieve installaties gekozen. De keuze is zodanig dat indien het indirecte risico voor de representatieve installatie(s) voldoet aan de criteria, dit ook voor de overige installatie(s) geldt. De keuze is o.a. gebaseerd op de afstand van de installatie(s) tot de windturbine en de afmetingen van de installatie(s). Zo bevinden de atmosferische tanks TT1108 en TT109 zich het dichtst bij de windturbine en behoren ze beide tot de grootste tanks.

Tabel III.6 Overzicht installaties met Sevesostoffen op het terrein van CCH

groep installaties met Sevesostoffen	representatieve installatie(s) voor de veiligheidsstudie
tankparken M, N, O, P	T1108 en T1109
steigers A – D	flexibel steiger C
bovengrondse leidingen	verschillende leidingsegmenten van 10 m
verlaadplaats voor spoorwagons	-
wachtspoor voor spoorwagons	spoorwagon
verlaadplaats voor tankwagens	tankwagen
wachtzone voor tankwagens	tankwagen

III.5.1.1. Extern mensrisico – Frequentiebenadering

Hier zal de treffrequentie berekend worden van de representatieve installaties met Sevesostoffen (zie tabel III.6). Er wordt opgemerkt dat een deel van de bovengrondse leidingen en de steigers kunnen getroffen worden door de vergunde windturbine KLZ-WT20 (zie ook figuur II.5).

TREFFREQUENTIES – De weerhouden installaties met Sevesostoffen worden opgesomd in tabel III.7, samen met hun afmetingen, de afstand tot de windturbine(s) en de berekende treffrequenties. De afmetingen van de installaties zijn geschat op basis van de informatie uit het veiligheidsrapport. Voor de leidingen is aangenomen dat deze zich op (maximaal) 10 m boven het maaiveld bevinden.

Bij de bepaling van de treffrequenties wordt een onderscheid gemaakt tussen het treffen door de tip van een rotorblad enerzijds en het treffen door de mast, de gondel of de voet van een rotorblad anderzijds. In het eerste geval wordt aangenomen dat een dergelijk treffen resulteert in beperkte (“kleine”) schade aan de installatie (bijvoorbeeld een middelgroot lek in het geval van een druktank). In het tweede geval wordt aangenomen dat het treffen leidt tot ernstige (“grote”) schade aan de installatie (bijvoorbeeld catastrofaal falen in het geval van een druktank). Voor mastbreuk wordt “kleine” schade niet meegenomen in het geval “grote” schade mogelijk is overeenkomstig het *Handboek Windturbines*. Voor bladbreuk worden de treffrequenties berekend met de algemene aanpak uit het *Handboek Windturbines*. [2]

Tabel III.7 Treffrequenties weerhouden installaties CCH

installatie		afmetingen [m]	WT	min. afstand tot WT [m]	faalwijze wind-turbine	treffrequentie (kleine schade) [/j]	treffrequentie (grote schade) [/j]
I1	opslagtank TT109	Ø 15 x 25	KLZ-WT21	227	bladbreuk overtoeren	$1{,}6.10^{-8}$	$2{,}3.10^{-9}$
					bladbreuk nominaal	$1{,}2.10^{-6}$	0
					mastbreuk	$2{,}2.10^{-6}$	0
I2	opslagtank TT108	Ø 15 x 25	KLZ-WT21	238	bladbreuk overtoeren	$1{,}5.10^{-8}$	$2{,}1.10^{-9}$
					bladbreuk nominaal	$2{,}4.10^{-7}$	0
					mastbreuk	$1{,}4.10^{-6}$	0
I3	bovengrondse leiding	Ø 0,2 x 10	KLZ-WT21	360	bladbreuk overtoeren	$1{,}1.10^{-8}$	$2{,}0.10^{-10}$
I4	bovengrondse leiding	Ø 0,2 x 10	KLZ-WT21	525	bladbreuk overtoeren	$8{,}5.10^{-9}$	$1{,}9.10^{-10}$
			KLZ-WT20	453	bladbreuk overtoeren	$1{,}1.10^{-8}$	$2{,}2.10^{-10}$
I5	bovengrondse leiding	Ø 0,2 x 10	KLZ-WT21	583	bladbreuk overtoeren	$1{,}0.10^{-8}$	0
I6	bovengrondse leiding	Ø 0,2 x 10	KLZ-WT21	532	bladbreuk overtoeren	$6{,}8.10^{-9}$	$2{,}2.10^{-10}$
I7	flexibel steiger C	5 x 5 x 1	KLZ-WT21	473	bladbreuk overtoeren	$1{,}4.10^{-8}$	$1{,}1.10^{-10}$
			KLZ-WT20	507	bladbreuk overtoeren	$1{,}4.10^{-8}$	$1{,}1.10^{-10}$
I8	spoorwagon (wachtspoor)	14 x 2,5 x 3,5	KLZ-WT21	534	bladbreuk overtoeren	$1{,}3.10^{-8}$	$1{,}5.10^{-10}$
I9	tankwagen (verlaadplaats)	10 x 2 x 3	KLZ-WT21	526	bladbreuk overtoeren	$1{,}2.10^{-8}$	$7{,}2.10^{-11}$
I10	tankwagen (wachtzone)	10 x 2 x 3	KLZ-WT21	566	bladbreuk overtoeren	$1{,}3.10^{-8}$	$1{,}7.10^{-10}$

INTRINSIEKE FAALFREQUENTIES – Tabel III.8 toont de intrinsieke faalfrequenties van de weerhouden installaties (zowel voor grote als kleine schade), evenals de relatieve toename van deze faalfrequenties door het treffen van de installaties door een onderdeel van de windturbine(s).

Tabel III.8 Relatieve toename faalfrequenties weerhouden installaties CCH

installatie		totale treffrequentie [/j]		intrinsieke faalfrequentie [/j]		relatieve toename faalfrequentie [%]	
		kleine schade	grote schade	kleine schade	grote schade	kleine schade	grote schade
I1	opslagtank TT109	$3{,}4.10^{-6}$	$2{,}3.10^{-9}$	$2{,}8.10^{-4}$	$1{,}0.10^{-5}$	1,2	0,022
I2	opslagtank TT108	$1{,}7.10^{-6}$	$2{,}1.10^{-9}$	$2{,}8.10^{-4}$	$1{,}0.10^{-5}$	0,61	0,021
I3	bovengrondse leiding	$1{,}1.10^{-8}$	$2{,}0.10^{-10}$	$6{,}0.10^{-6}$	$1{,}1.10^{-6}$	0,18	0,018
I4	bovengrondse leiding	$2{,}0.10^{-8}$	$4{,}1.10^{-10}$	$6{,}0.10^{-6}$	$1{,}1.10^{-6}$	0,33	0,037
I5	bovengrondse leiding	$1{,}0.10^{-8}$	0	$6{,}0.10^{-6}$	$1{,}1.10^{-6}$	0,91	0

I6	bovengrondse leiding	$6{,}8.10^{-9}$	$2{,}2.10^{-10}$	$6{,}0.10^{-6}$	$1{,}1.10^{-6}$	0,62	0,02
I7	flexibel steiger C	$2{,}8.10^{-8}$	$2{,}2.10^{-10}$	$3{,}5.10^{-1}$	$3{,}5.10^{-2}$	<< 1	<< 1
I8	spoorwagon (wachtspoor)	$1{,}3.10^{-8}$	$1{,}5.10^{-10}$	$1{,}0.10^{-5}$	$6{,}4.10^{-7}$	0,13	0,023
I9	tankwagen (verlaadplaats)	$1{,}2.10^{-8}$	$7{,}2.10^{-11}$	$1{,}0.10^{-5}$	$6{,}4.10^{-7}$	0,12	0,011
I10	tankwagen (wachtzone)	$1{,}3.10^{-8}$	$1{,}7.10^{-10}$	$1{,}0.10^{-5}$	$6{,}4.10^{-7}$	0,13	0,027

EVALUATIE – Uit de berekening van de treffrequenties volgt dat de relatieve toename van de faalfrequenties van de weerhouden installaties minder dan 10% bedraagt. Het indirecte risico voor deze installaties is bijgevolg niet significant.

III.5.1.2. Milieurisicoanalyse

Binnen het effectgebied van het zwaartepunt van een blad in het geval van mastbreuk (de zogenaamde *high impact* zone) van de windturbine bevinden zich geen voor het milieurisico relevante installaties op het terrein van de inrichting.

III.5.1.3. Conclusie

Gelet op het resultaat van de frequentie- en de risicoanalyse is er geen relevante verhoging te verwachten van het externe mensrisico noch van het milieurisico dat uitgaat van de installaties en activiteiten op het terrein van Circular Carbon Hub (CCH) door de inplanting van de windturbine.

III.5.2. Ghent Renewables & Ghent Transport and Storage

De inrichting Ghent Renewables & Ghent Transport and Storage omvat o.a.:

- 2 tankparken H en I met telkens 8 opslagtanks met een individuele inhoud van 3.079 m^3,
- een productiegebouw met een tankpark met 9 tanks van 100 m^3 en 3 tanks van 50 m^3.

De inrichting is o.a. vergund voor de opslag van 2,55 ton diesel in 2 bovengrondse, dubbelwandige houders met een inhoud van 1.500 l elk, de opslag van 85,8 ton fosforzuur in een bovengrondse dubbelwandige houder met een inhoud van 50.000 l en de opslag van 1.000 l diverse gevaarlijke producten in kleine recipiënten.

De inrichting is geen klasse 1 inrichting voor wat betreft de aanwezigheid van Sevesostoffen en bevindt zich niet binnen de effectafstand voor mastbreuk van de windturbine. Bijgevolg is er geen nadere analyse vereist van het indirecte risico voor de inrichting. Het feit dat het indirecte risico voor deze inrichting niet significant is, volgt overigens ook onrechtstreeks uit de analyse van het indirecte risico voor Circular Carbon Hub (CCH) (zie § III.5.1). De installaties op het terrein zijn immers gelijkaardig aan deze op het terrein van CCH. Aangezien er voor CCH – op basis van de frequentieanalyse – geen relevante verhoging van het externe risico te verwachten is, geldt hetzelfde de inrichting.

III.5.3. Aether Renewable Chemicals

Aether Renewable Chemicals heeft een vergunning aangevraagd voor het exploiteren van een productie-eenheid om afvalstoffen om te zetten naar hernieuwbare brandstoffen en brandstofadditieven. De inrichting omvat:

- een tankpark met opslagtanks en een verlaadplaats voor tankwagens,
- een proceseenheid met procestanks en
- een operationeel gebouw.

Het tankpark bestaat uit 10 atmosferische tanks in een inkuiping en 2 laadplatformen voor tankwagens op een vloeistofdichte piste. De tanks hebben een diameter van 5,3 m en een hoogte van 14 m. De proceseenheid bevat o.a. een reactor waar methyl-tert-butyl-ether (MTBE) onder hoge druk en in aanwezigheid van een katalysator wordt omgezet in isobuteen en methanol.

De vergunning voorziet in de opslag van 438 ton ontvlambare vloeistoffen van categorie 1 en 2 en van 216 ton giftige vloeistoffen in bovengrondse houders. Het betreft de MTBE en de gerecycleerde MTBE.

Op basis van de beschrijving worden drie representatieve installaties gekozen, waarvoor de treffrequentie zal bepaald worden. Het betreft een tank in het tankpark, een tankwagen op de verlaadplaats en de flashkolom, één van de procestanks (zie tabel III.9 en figuur III.4).

III.5.3.1. Extern mensrisico - Frequentiebenadering

Hier zal de treffrequentie berekend worden van de representatieve installaties met Sevesostoffen (zie tabel III.9). Er wordt opgemerkt dat de installaties niet kunnen getroffen worden door het zwaartepunt van een afgeworpen blad van de vergunde windturbine KLZ-WT20 (zie ook figuur III.4).

TREFFREQUENTIES – De weerhouden installaties met Sevesostoffen worden opgesomd in tabel III.9, samen met hun afmetingen, de afstand tot de windturbine(s) en de berekende treffrequenties. De afmetingen van de installaties zijn geschat op basis van de plannen opgenomen in de vergunningsaanvraag.

Bij de bepaling van de treffrequenties wordt een onderscheid gemaakt tussen het treffen door de tip van een rotorblad enerzijds en het treffen door de mast, de gondel of de voet van een rotorblad anderzijds. In het eerste geval wordt aangenomen dat een dergelijk treffen resulteert in beperkte (“kleine”) schade aan de installatie (bijvoorbeeld een middelgroot lek in het geval van een druktank). In het tweede geval wordt aangenomen dat het treffen leidt tot ernstige (“grote”) schade aan de installatie (bijvoorbeeld catastrofaal falen in het geval van een druktank). Voor mastbreuk wordt “kleine” schade niet meegenomen in het geval “grote” schade mogelijk is overeenkomstig het *Handboek Windturbines*. Voor bladbreuk worden de treffrequenties berekend met de algemene aanpak uit het *Handboek Windturbines*. [2]

Tabel III.9 Treffrequenties weerhouden installaties Aether Renewable Chemicals

installatie		afmetingen [m]	WT	min. afstand tot WT [m]	faalwijze wind-turbine	treffrequentie (kleine schade) [/j]	treffrequentie (grote schade) [/j]
I11	opslagtank AE104	Ø 5,3 x 14	KLZ-WT21	529	bladbreuk overtoeren	$9{,}2.10^{-9}$	$2{,}4.10^{-10}$
I12	flashkolom	Ø 4 x 3	KLZ-WT21	523	bladbreuk overtoeren	$9{,}0.10^{-9}$	$6{,}1.10^{-11}$
			KLZ-WT20	583	bladbreuk overtoeren	$3{,}9.10^{-10}$	0
I13	tankwagen (verlaadplaats)	10 x 2 x 3	KLZ-WT21	546	bladbreuk overtoeren	$1{,}3.10^{-8}$	$1{,}2.10^{-10}$

INTRINSIEKE FAALFREQUENTIES – Tabel III.10 toont de intrinsieke faalfrequenties van de weerhouden installaties (zowel voor grote als kleine schade), evenals de relatieve toename van deze faalfrequenties door het treffen van de installaties door een onderdeel van de windturbine(s).

Tabel III.10 Relatieve toename faalfrequenties weerhouden installaties Aether Renewable Chemicals

installatie		totale treffrequentie [/j]		intrinsieke faalfrequentie [/j]		relatieve toename faalfrequentie [%]	
		kleine schade	grote schade	kleine schade	grote schade	kleine schade	grote schade
I11	opslagtank AE104	$9{,}2.10^{-9}$	$2{,}4.10^{-10}$	$2{,}8.10^{-4}$	$1{,}0.10^{-5}$	0,0033	0,0024
I12	flashkolom	$9{,}4.10^{-9}$	$6{,}1.10^{-11}$	$2{,}0.10^{-5}$	$6{,}4.10^{-6}$	0,047	0,00095
I13	tankwagen (verlaadplaats)	$1{,}3.10^{-8}$	$1{,}2.10^{-10}$	$1{,}0.10^{-5}$	$6{,}4.10^{-7}$	0,13	0,019

EVALUATIE – Uit de berekening van de treffrequenties volgt dat de relatieve toename van de faalfrequenties van de weerhouden installaties minder dan 10% bedraagt. Het indirecte risico voor deze installaties is bijgevolg niet significant.

III.5.3.2. Milieurisicoanalyse

Binnen het effectgebied van het zwaartepunt van een blad in het geval van mastbreuk (de zogenaamde *high impact* zone) van de windturbine bevinden zich geen voor het milieurisico relevante installaties op het terrein van de inrichting.

III.5.3.3. Conclusie

Gelet op het resultaat van de frequentie- en de risicoanalyse is er geen relevante verhoging te verwachten van het externe mensrisico noch van het milieurisico dat uitgaat van de installaties en activiteiten op het terrein van Aether Renewable Chemicals door de inplanting van de windturbine.

III.5.4. GTS Kluizendok Zuidwest

Ghent Transport & Storage (GTS) exploiteert een tankterminal voor de op- en overslag van o.a. brandbare vloeistoffen. De inrichting omvat o.a.:

- een tankpark J met 16 opslagtanks met een individuele inhoud van 6.500 m³ en de bijhorende productpompen en -leidingen,
- een steiger met laad- en losplaatsen waar de overslag gebeurt van en naar schepen.

Er zijn nog twee bijkomende tankparken K en L voorzien, maar nog niet gerealiseerd.

De inrichting is o.a. vergund voor hoeveelheden ontvlambare vloeistoffen categorie 3 (Seveso-categorie P5c) die de lage drempelwaarde, maar niet de hoge drempelwaarde overschrijden. Hierdoor is de inrichting een lagedrempel Seveso-inrichting.

III.5.4.1. Extern mensrisico – Kwalitatieve risicoanalyse

Sommige gevaarlijke stoffen bevatten geen enkele gevarenklasse waarvan het gevaar in de QRA moet beschouwd worden [5]. Dit is het geval voor stoffen die enkel behoren tot Seveso-categorieën E1 en/of E2 (voor het aquatisch milieu gevaarlijke stoffen). Dit is tevens het geval voor ontvlambare vloeistoffen cat. 3 die behoren tot Seveso-categorie P5c die zich onder hun vlampunt bevinden. De impact van een windturbine op een installatie die één van deze stoffen bevat en de daaropvolgende mogelijke vrijzetting van één van deze stoffen wordt niet relevant beschouwd voor het externe mensrisico van de inrichting.

Aangezien de op- en overslag van de ontvlambare vloeistoffen geschiedt bij atmosferische druk en temperaturen onder het vlampunt, is er geen relevant extern mensrisico verbonden aan de installaties en activiteiten van de inrichting.

III.5.4.2. Milieurisicoanalyse

Binnen het effectgebied van het zwaartepunt van een blad in het geval van mastbreuk (de zogenaamde *high impact* zone) van de windturbine bevinden zich geen voor het milieurisico relevante installaties op het terrein van de inrichting.

III.5.4.3. Conclusie

Op basis van de bovenstaande risicoanalyse is er geen relevante verhoging te verwachten van het externe mensrisico noch van het milieurisico dat uitgaat van de installaties en activiteiten op het terrein van GTS door de inplanting van de windturbine.

III.5.5. Spoorbundel ter hoogte van containerterminal ITG

Ten oostnoordoosten van de windturbine bevindt zich een spoorbundel ter hoogte van de containerterminal Interface Terminal Gent (zie figuur II.4). Hier kunnen zich spoorwagons met Sevesostoffen bevinden. Hieronder zal het indirecte risico ten gevolge van eventueel aanwezige spoorwagons met Sevesostoffen geanalyseerd worden.

Het transport van Sevesostoffen (waartoe de aanwezigheid van spoorwagons met Sevesostoffen op een spoorbundel buiten het terrein van Seveso-inrichtingen behoort) valt niet onder het toepassingsgebied van de Seveso III-richtlijn. Er zijn bijgevolg (heden) geen geijkte criteria om het risico van het transport van Sevesostoffen te evalueren. Dit verhindert het uitvoeren van een (volledig) kwantitatieve risicoanalyse. Vandaar dat een kwalitatieve analyse wordt uitgevoerd.

III.5.5.1. Risico van spoorwagons zonder bijdrage windturbine

Het risico dat uitgaat van een spoorwagon met Sevesostoffen aanwezig op een spoorbundel hangt af van de aanwezigheidsfractie, van de aard van de Sevesostoffen en van de aanwezige populatie in de nabijheid van de spoorbundel.

AANWEZIGHEIDSFRACTIE – Het valt te verwachten dat er slechts sporadisch spoorwagons met Sevesostoffen aanwezig zullen zijn op de spoorbundel.

Spoorlijn 55 (waar de spoorbundel via spoorlijn 219 op aansluit) maakt geen deel uit van het hoofdspoorwegennet voor goederenverkeer (volgens het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen). Bovendien ligt deze spoorlijn niet in het verlengde van de spoorlijnen die in Nederland gebruikt worden voor het vervoer van ammoniak[8], LPG of chloor over het spoor [7]. Belangrijke transporten van gevaarlijke stoffen zijn bijgevolg niet te verwachten over spoorlijn 55. Derhalve zijn er evenmin belangrijke aantallen spoorwagons met gevaarlijke stoffen ter hoogte van de spoorbundel te verwachten.

AARD VAN DE GEVAARLIJKE STOFFEN – Voor het externe mensrisico zijn voornamelijk volgende stoffen relevant (in volgorde van dalende effectafstanden): toxische gassen (bv. ammoniak en chloor), toxische vloeistoffen (bv. acrylonitril), ontvlambare gassen (bv. LPG) en ontvlambare vloeistoffen (bv. benzine en diesel). Ter hoogte van de spoorbundel zijn – gelet op het bovenstaande – voornamelijk ontvlambare vloeistoffen te verwachten. De effecten die gepaard gaan met een vrijzetting van bv. benzine uit een spoorwagon blijven evenwel beperkt tot enkele tientallen meters [8]. De omgeving van de spoorbundel is immers vrij van omvangrijke zones waar een vlamfront zou kunnen versnellen door interactie met de aanwezige obstakels. De kans op het optreden van een gaswolkexplosie is dan ook voldoende laag om deze te kunnen verwaarlozen.

AANWEZIGE POPULATIE – Volgens het Masterplan Kluizendok zijn de terreinen in de nabijheid van de spoorbundel bestemd voor ondernemingen met een eerder lage (gemiddelde) populatiedichtheid van 10 – 15 personen per hectare. In de onmiddellijke nabijheid van de spoorbundel bevinden zich verder waterwegen met een zeer lage populatiedichtheid.

Gezien de lage aanwezigheidsfractie van spoorwagons met Sevesostoffen, de aard van de te verwachten stoffen en de relatief lage populatiedichtheid in de onmiddellijke

[8] Het vervoer van ammoniak vanuit Yara Sluiskil (Nederland) vindt plaats langs het Kanaal Gent-Terneuzen.

omgeving, is het risico verbonden aan de aanwezigheid van dergelijke spoorwagons op de spoorbundel beperkt en kan dit bijgevolg als aanvaardbaar worden beoordeeld.

III.5.5.2. Risico van spoorwagons met bijdrage windturbine

De inplanting van de windturbine nabij de spoorbundel zal het risico dat uitgaat van spoorwagons met Sevesostoffen aanwezig op de spoorbundel verhogen. Hieronder wordt nagegaan in welke mate dit risico verhoogd wordt.

Hier zal de treffrequentie van een spoorwagon berekend worden voor drie mogelijke locaties (zie ook figuur III.4). Spoorwagons I14 en I15 bevinden zich ter hoogte van de spoorbundel, terwijl spoorwagon I16 zich ter hoogte van de spoorlijn bevindt. Tabel III.11 geeft de berekende treffrequenties, terwijl tabel III.12 de relatieve toename van de faalfrequentie van een spoorwagon geeft. Voor het overgrote deel van de locaties waar spoorwagons gedurende enige tijd gestationeerd kunnen zijn, is de toename van de faalfrequentie verwaarloosbaar klein. Enkel voor het uiterste westen van de spoorbundel is de toename van de faalfrequentie niet verwaarloosbaar klein, maar ook hier zorgt de inplanting van de windturbine niet voor een belangrijke toename van de faalfrequentie. De faalfrequenties en bijgevolg het externe mensrisico blijven van dezelfde grootteorde.

Tabel III.11 Treffrequenties spoorwagons

installatie		afmetingen [m]	WT	min. afstand tot WT [m]	faalwijze wind-turbine	treffrequentie (kleine schade) [/j]	treffrequentie (grote schade) [/j]
I14	spoorwagon	14 x 2,5 x 3,5	KLZ-WT21	373	bladbreuk overtoeren	$1{,}1.10^{-8}$	$1{,}1.10^{-10}$
I15	spoorwagon	14 x 2,5 x 3,5	KLZ-WT21	253	bladbreuk nominaal	$1{,}8.10^{-6}$	0
					bladbreuk overtoeren	$1{,}7.10^{-8}$	$2{,}1.10^{-10}$
I16	spoorwagon	14 x 2,5 x 3,5	KLZ-WT21	187	mastbreuk	-	$1{,}5.10^{-7}$
					bladbreuk nominaal	$1{,}1.10^{-5}$	$1{,}1.10^{-7}$
					bladbreuk overtoeren	$2{,}7.10^{-8}$	$2{,}8.10^{-10}$

Tabel III.12 Relatieve toename faalfrequenties spoorwagons

installatie		totale treffrequentie [/j]		intrinsieke faalfrequentie [/j]		relatieve toename faalfrequentie [%]	
		kleine schade	grote schade	kleine schade	grote schade	kleine schade	grote schade
I14	spoorwagon	$1{,}1.10^{-8}$	$1{,}1.10^{-10}$	$1{,}0.10^{-5}$	$6{,}4.10^{-7}$	0,11	0,017
I15	spoorwagon	$1{,}8.10^{-6}$	$2{,}1.10^{-10}$	$1{,}0.10^{-5}$	$6{,}4.10^{-7}$	18	0,033
I16	spoorwagon	$1{,}1.10^{-5}$	$2{,}6.10^{-7}$	$1{,}0.10^{-5}$	$6{,}4.10^{-7}$	110	41

III.5.5.3. Conclusie

Aangezien het externe mensrisico dat uitgaat van spoorwagons met Sevesostoffen ter hoogte van de spoorbundel van dezelfde grootteorde blijft, kan dit ook na de inplanting van de windturbine als aanvaardbaar worden beoordeeld.

III.5.6. LNG-bunkering

Aangezien het wateroppervlak van het Kluizendok zich binnen de maximale effectafstand van de windturbine bevindt, is het mogelijk dat er zich binnen het effectgebied van de windturbine een bunkerschip bevindt dat instaat voor de bunkering van (zee)schepen met LNG.

Hier zal de treffrequentie van een druktank aan boord van een LNG-bunkerschip berekend worden voor de locatie langs de kade van het Kluizendok die zich het dichtst bij de inplantingslocatie van de windturbine bevindt. Voor de afmetingen van de LNG-druktank is uitgegaan van een volume van 5.000 m^3 en van een tank die zich deels benedendeks bevindt. Tabel III.13 geeft de berekende treffrequenties, terwijl tabel III.14 de relatieve toename van de faalfrequentie van een LNG-druktank geeft. De toename van de faalfrequentie bedraagt minder dan 1% en is dan ook verwaarloosbaar klein.

Tabel III.13 Treffrequenties LNG-bunkerschip

installatie		afmetingen [m]	WT	min. afstand tot WT [m]	faalwijze wind-turbine	treffrequentie (kleine schade) [/j]	treffrequentie (grote schade) [/j]
I17	LNG-druktank	45 x 12,5 x 6,25	KLZ-WT21	325	bladbreuk overtoeren	$1{,}9.10^{-8}$	$2{,}2.10^{-9}$

Tabel III.14 Relatieve toename faalfrequenties LNG-bunkerschip

installatie		totale treffrequentie [/j]		intrinsieke faalfrequentie [/j]		relatieve toename faalfrequentie [%]	
		kleine schade	grote schade	kleine schade	grote schade	kleine schade	grote schade
I17	LNG-druktank	$1{,}9.10^{-8}$	$2{,}2.10^{-9}$	$1{,}0.10^{-5}$	$6{,}4.10^{-7}$	0,19	0,34

De inplanting van de windturbine leidt niet tot een significante toename van de faalfrequentie van een LNG-druktank aan boord van een bunkerschip dat zich binnen het effectgebied van de windturbine zou bevinden. Deze conclusie kan veralgemeend worden naar andere alternatieve brandstoffen, zoals ammoniak, methanol en waterstof.

III.6. Cumulatieve effecten

In de ruime omgeving van de projectlocatie bevinden zich meerdere operationele en/of vergunde windturbines. De inplantingslocaties en gegevens van de meest nabije windturbines worden gegeven in tabel III.15.

Tabel III.15 Lambert 72-coördinaten en gegevens overige windturbines

windturbine	X-coördinaat [m]	Y-coördinaat [m]	windturbinetype	rotordiameter [m]	ashoogte [m]	max. rotortoerental [tpm]	max. effectafstand [m] [1]
operationele windturbines							
KLZ-WT04	108 595	206 585	Enercon E70 E4	71	98,2	21	432
KLZ-WT05	108 233	206 502					
KLZ-WT06	107 898	206 322					
KLZ-WT08	107 596	204 270					
KLZ-WT10	108 320	204 485					
KLZ-WT11	108 672	204 558					
KLZ-WT12	107 283	206 313	Senvion 3.4M104	104	98	13,8	418
KLZ-WT13	106 963	205 983					
KLZ-WT15	106 447	204 659					
KLZ-WT16	106 409	204 106					
SAM-WT05	109 878	204 734	Senvion 3.6M140	140	130	9,6	415
SAM-WT06	109 720	205 956	Vestas V150	150	155	10,1	511
SAM-WT07	109 509	205 446					
vergunde windturbines							
KLZ-WT19	108 589	204 627	n.b.	168	162	10	602
KLZ-WT20	107 601	206 186	n.b.	162	166	10	573
geplande windturbines							
KLZ-WT22	107 120	204 429	n.b.	175	162,5	10	641
KLZ-WT23	108 781	205 627	n.b.	175	162,5	10	641
afgebroken windturbines							
KLZ-WT03	109 010	206 668					
KLZ-WT07	107 240	204 192					
KLZ-WT09	107 958	204 461					

[1] Er is aangenomen dat het zwaartepunt zich bevindt op een afstand tot het rotorcentrum gelijk aan 0,18 keer de rotordiameter [2].

De locaties en de effectgebieden van de overige windturbines worden weergegeven in figuur II.5.

Hieronder zullen de mogelijke cumulatieve effecten op het vlak van externe veiligheid nader geëvalueerd worden.

III.6.1. Plaatsgebonden mensrisico's

Het plaatsgebonden mensrisico wordt per windturbine berekend en beoordeeld. Dit impliceert dat er geen cumulatieve effecten beschouwd dienen te worden voor wat betreft de evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico.

III.6.2. Groepsrisico

In de bepaling van het groepsrisico van de windturbine is de relevante effectafstand deze van mastbreuk, aangezien er zich geen grote groepen personen met een hoge populatie-dichtheid in openlucht binnen de maximale effectafstand van de windturbine bevinden (zie ook § III.4). Aangezien het betrokken gebouw zich niet bevindt binnen de effectafstand voor mastbreuk van de overige windturbines (zie figuur II.5), zijn er geen cumulatieve effecten voor wat betreft de evaluatie van het groepsrisico.

III.6.3. Indirecte risico

In de analyse van het indirecte risico is rekening gehouden met de vergunde windturbine KLZ-WT20, meer bepaald in de berekening van de treffrequentie van installaties met Sevesostoffen die zowel door de windturbine KLZ-WT21 als door de windturbine KLZ-WT20 kunnen getroffen worden.

III.7. Samenvatting: Evaluatie van de externe risico's

III.7.1. 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:

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

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

III.7.2. Indirecte risico's

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

Uit de analyse volgt dat:

- er geen relevante verhoging te verwachten is van het externe mensrisico noch van het milieurisico dat uitgaat van de installaties en activiteiten op de terreinen van Circular Carbon Hub (CCH), Ghent Renewables & Ghent Storage and Transport, Aether Renewable Chemicals en GTS Kluizendok Zuidwest door de inplanting van de windturbine;
- het externe mensrisico (en bij uitbreiding het milieurisico) dat uitgaat van spoorwagons met Sevesostoffen ter hoogte van de spoorbundel na inplanting van de windturbine van dezelfde grootteorde blijft, zodat dit als aanvaardbaar kan worden beoordeeld;
- de inplanting van de windturbine niet leidt tot een significante toename van de faalfrequentie van een LNG-druktank aan boord van een bunkerschip dat zich binnen het effectgebied van de windturbine zou bevinden. Deze conclusie kan veralgemeend worden naar andere alternatieve brandstoffen, zoals ammoniak, methanol en waterstof.

III.8. Adviesvragen

III.8.1. 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.8.2. Hoogspanningsinfrastructuur

De adviesgrensafstand (i.e. 3.5 keer rotordiameter) bedraagt maximaal 612,5 m [9]. Er bevindt zich geen bovengrondse hoogspanningsinfrastructuur van Elia binnen deze afstand van de inplantingslocatie van de windturbine.

IV. BESLUIT

Projectontwikkelaar Luminus wenst één windturbine te realiseren op het terrein van het bedrijf Armasteel ter hoogte van het Kluizendok op het grondgebied van de stad Gent.

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 Sevesostoffen 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 (Signature)
Digitaal ondertekend door Filip Van den Schoor (Signature)
Datum: 2026.06.26 14:47:45 +02'00'

Filip Van den Schoor

erkend VR-deskundige [9]

[9] erkenning met nummer 2013/VR084, onbeperkt geldig.

V. REFERENTIES

[1] *Beoordelingskader Windturbines. Code van goede praktijken inzake risicocriteria voor windturbines* – versie 1.0 d.d. 01/10/2019, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2019.

[2] *Handboek Windturbines. Richtlijnen voor de risicoberekeningen van windturbines* – versie 3.0 d.d. 01/02/2025, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2025.

[3] *Veiligheidsstudies Windturbines. Praktische leidraad voor het opstellen van veiligheidsstudies voor windturbines* – versie 2.0 d.d. 01/12/2022, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2022.

[4] *Scheidingsafstanden tussen windturbines en ondergrondse pijpleidingen met betrekking tot externe veiligheid*, M-tech en SGS, september 2015.

[5] *Handboek risicoberekeningen. Richtlijn voor kwantitatieve risicoanalyse, indirecte risico's en milieurisicoanalyse* – versie 4.0 d.d. 01/02/2025, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2025.

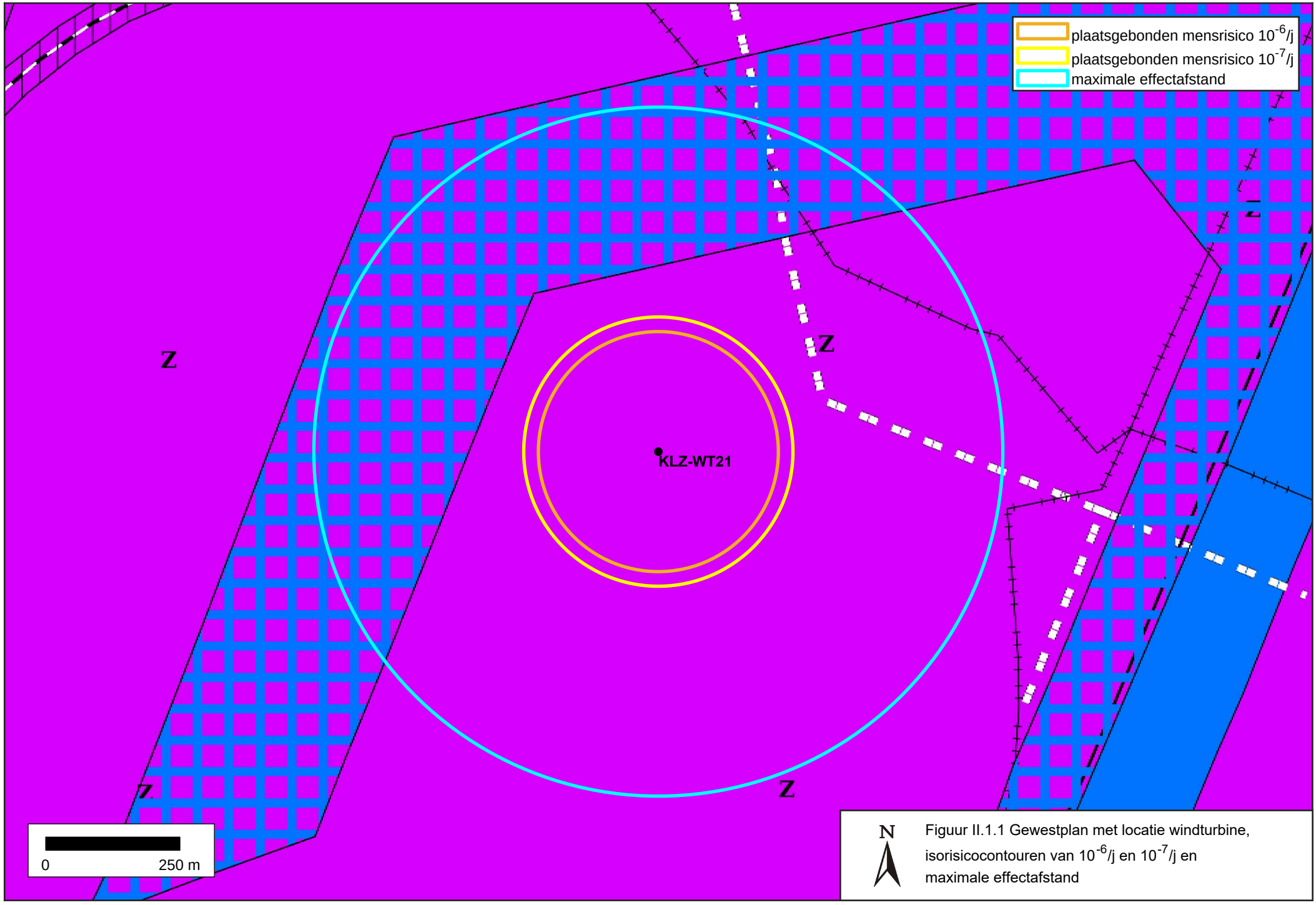
[6] *Effectmodellering windturbines. Externe veiligheid* – versie 2.0, Antea Group en Pondera, 2024.

[7] *Ketenstudie ammoniak, chloor en LPG*, VROM, 2004.

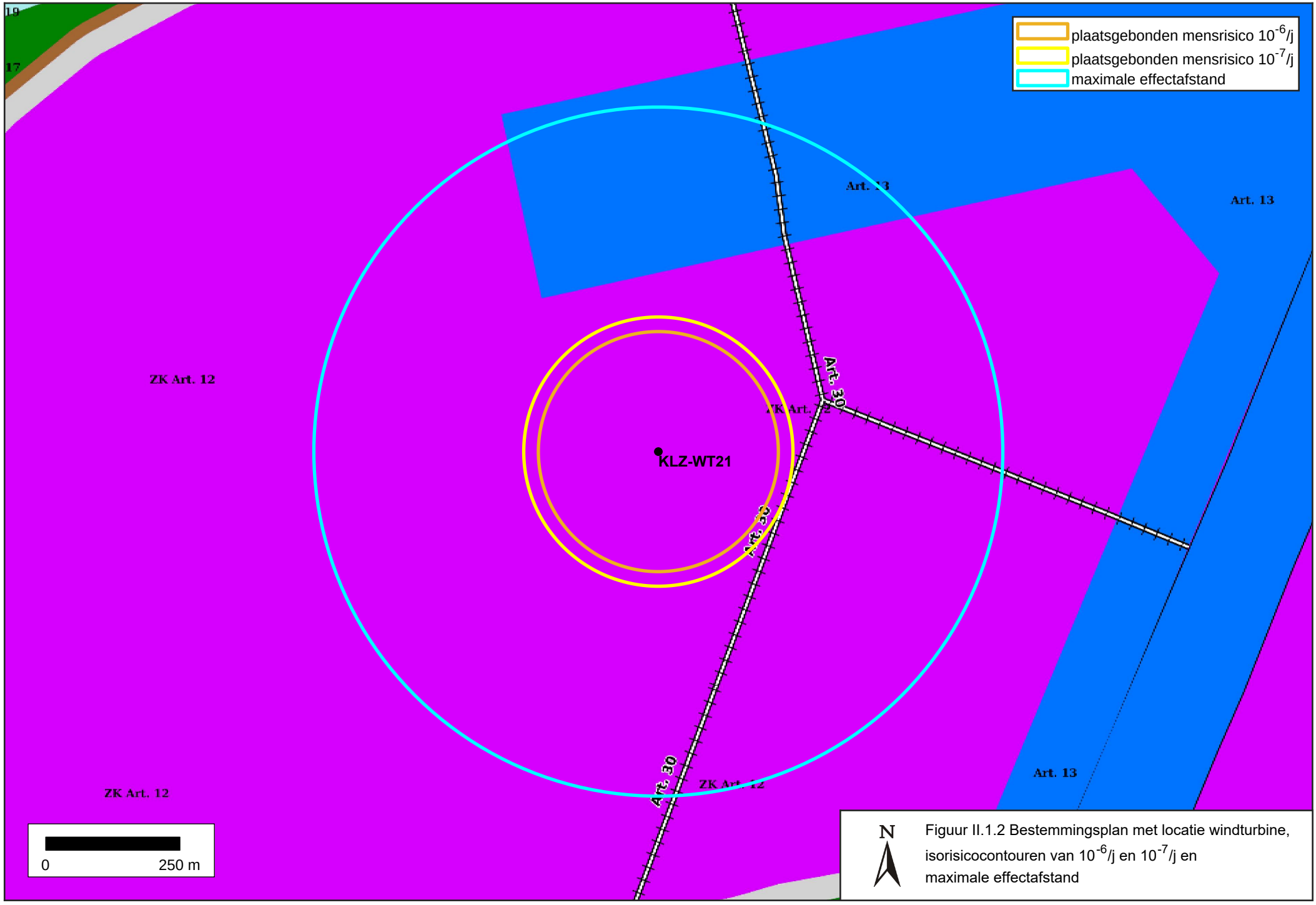
[8] *TWOL Risicoanalysesysteem voor transport van gevaarlijke stoffen*, LNE, 2014.

[9] *Advies van Elia bij het oprichten van windturbines in de nabijheid van hoogspanningsinstallaties*, Elia, februari 2024.

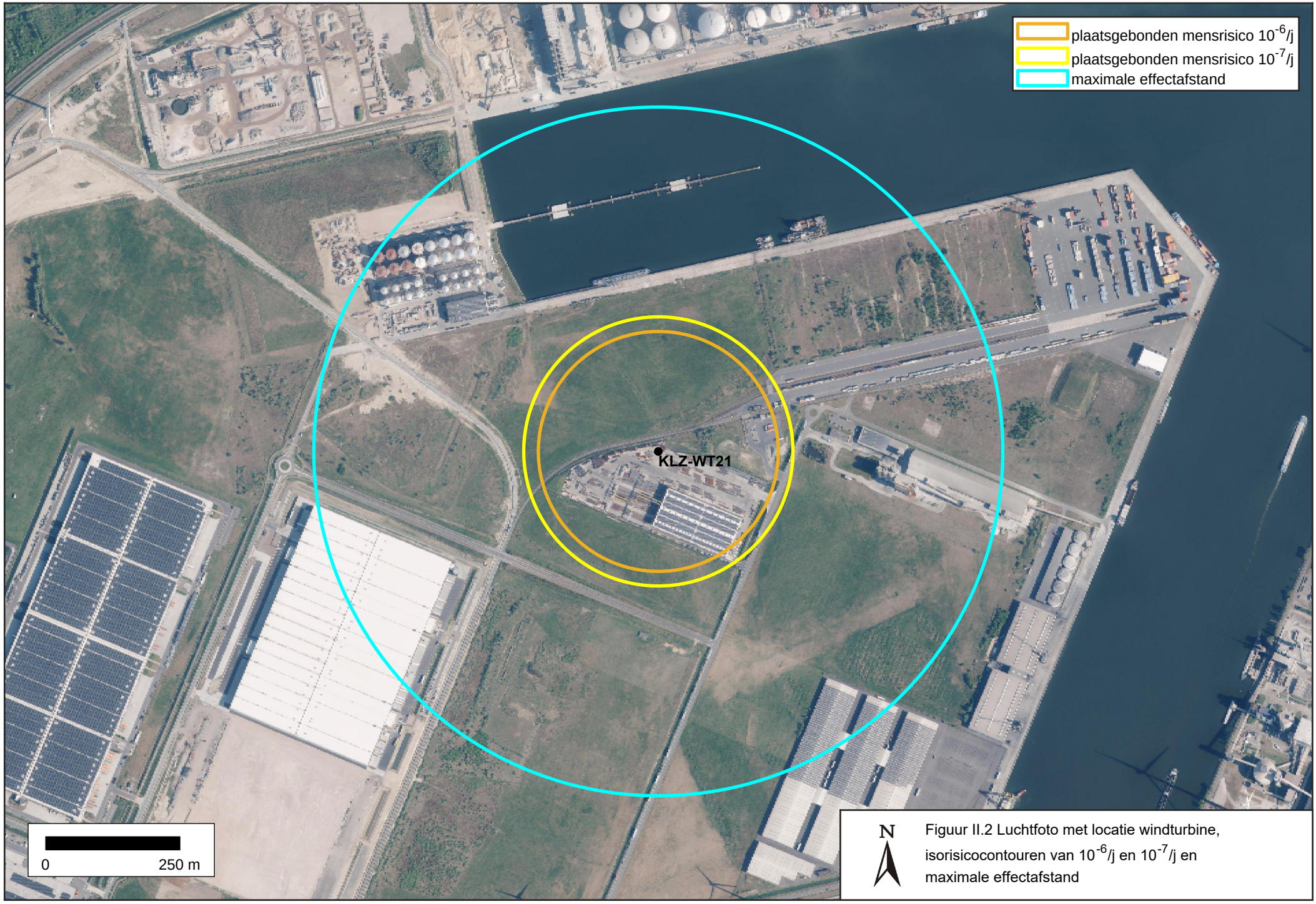
VI. FIGUREN



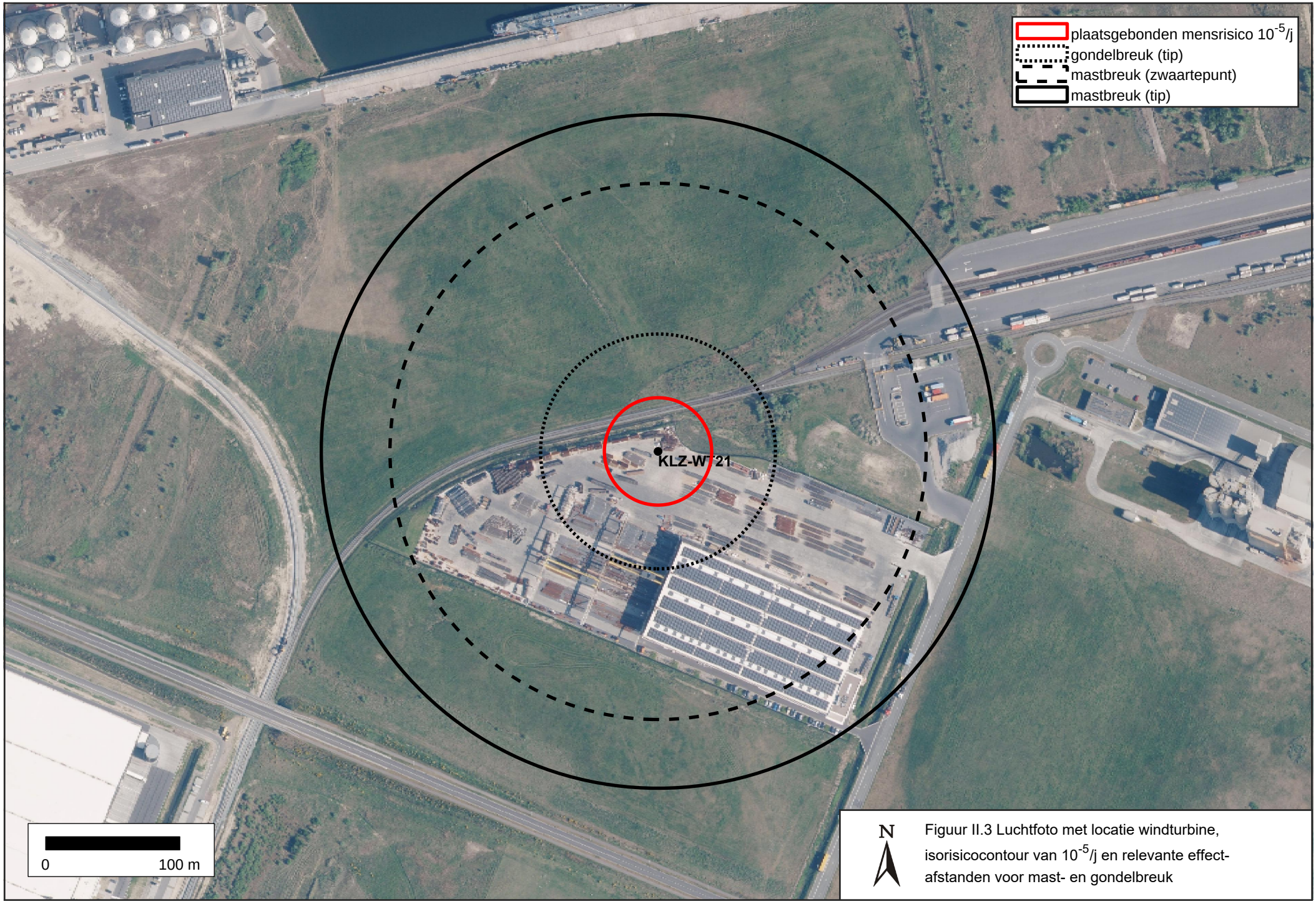
Figuur II.1.1 Gewestplan met locatie windturbine, isorisicocontouren van 10^{-6}/j en 10^{-7}/j en maximale effectafstand



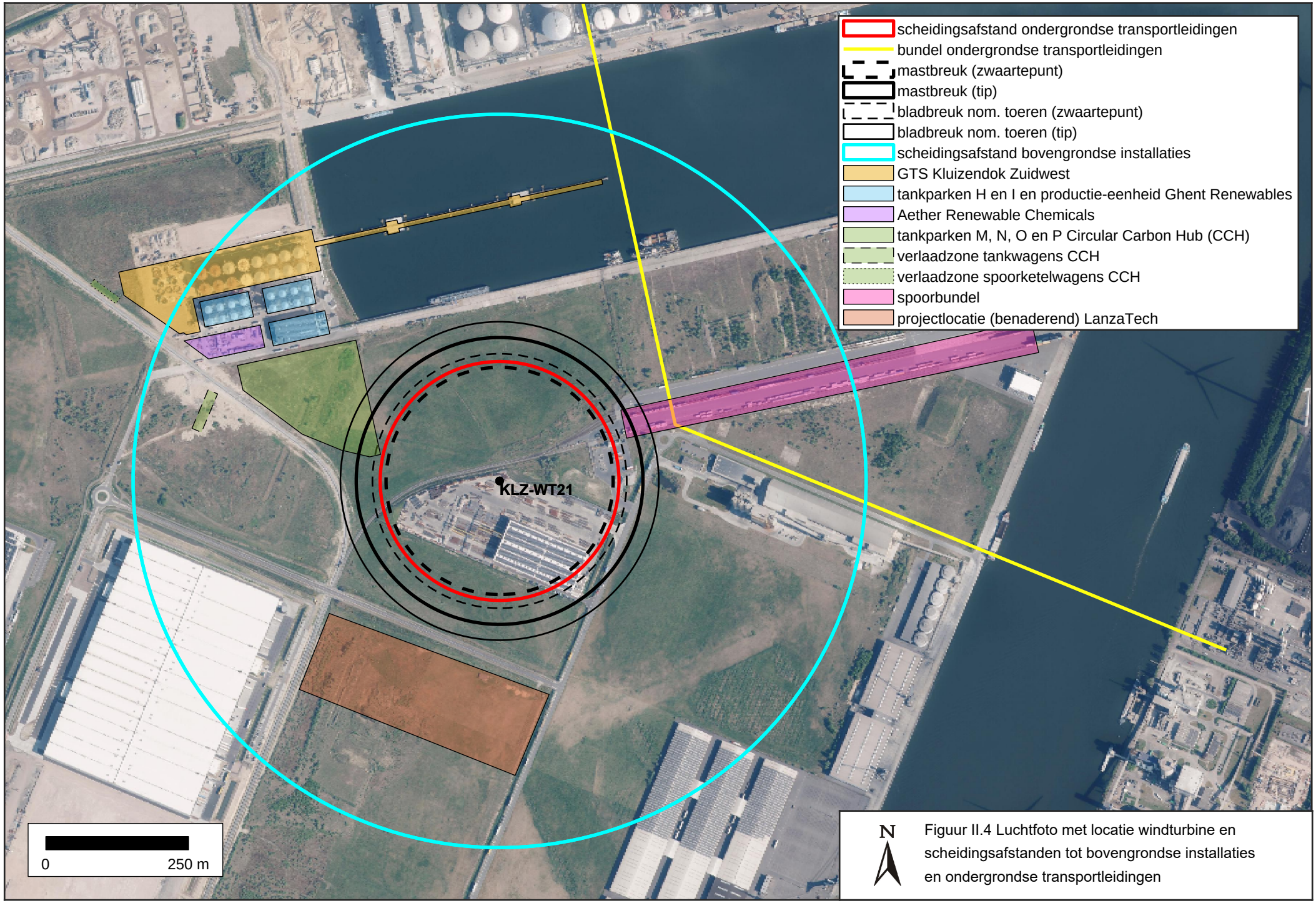
Figuur II.1.2 Bestemmingsplan met locatie windturbine, isorisicocontouren van 10^{-6}/j en 10^{-7}/j en maximale effectafstand



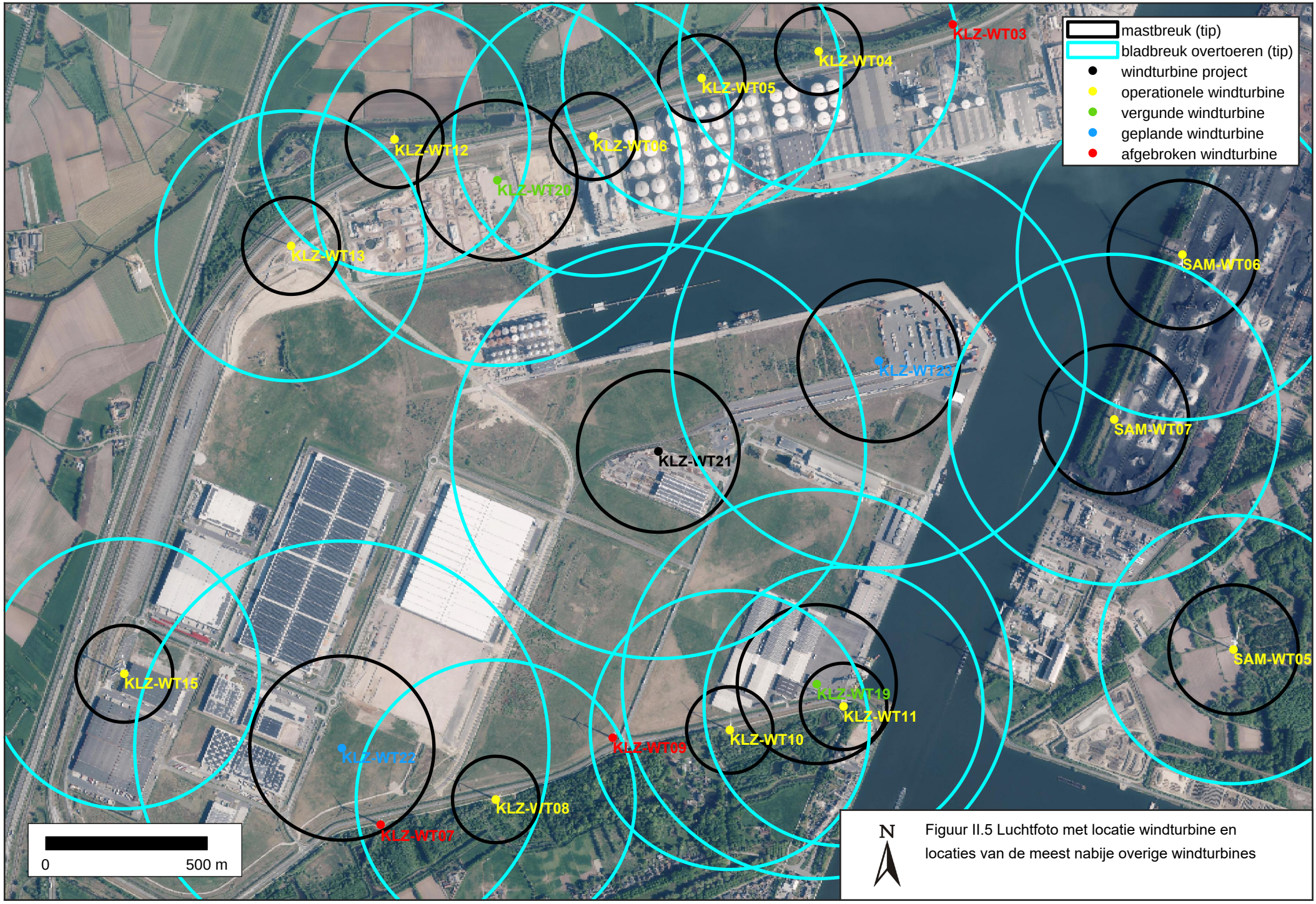
Figuur II.2 Luchtfoto met locatie windturbine, isorisicocontouren van 10^{-6}/j en 10^{-7}/j en maximale effectafstand



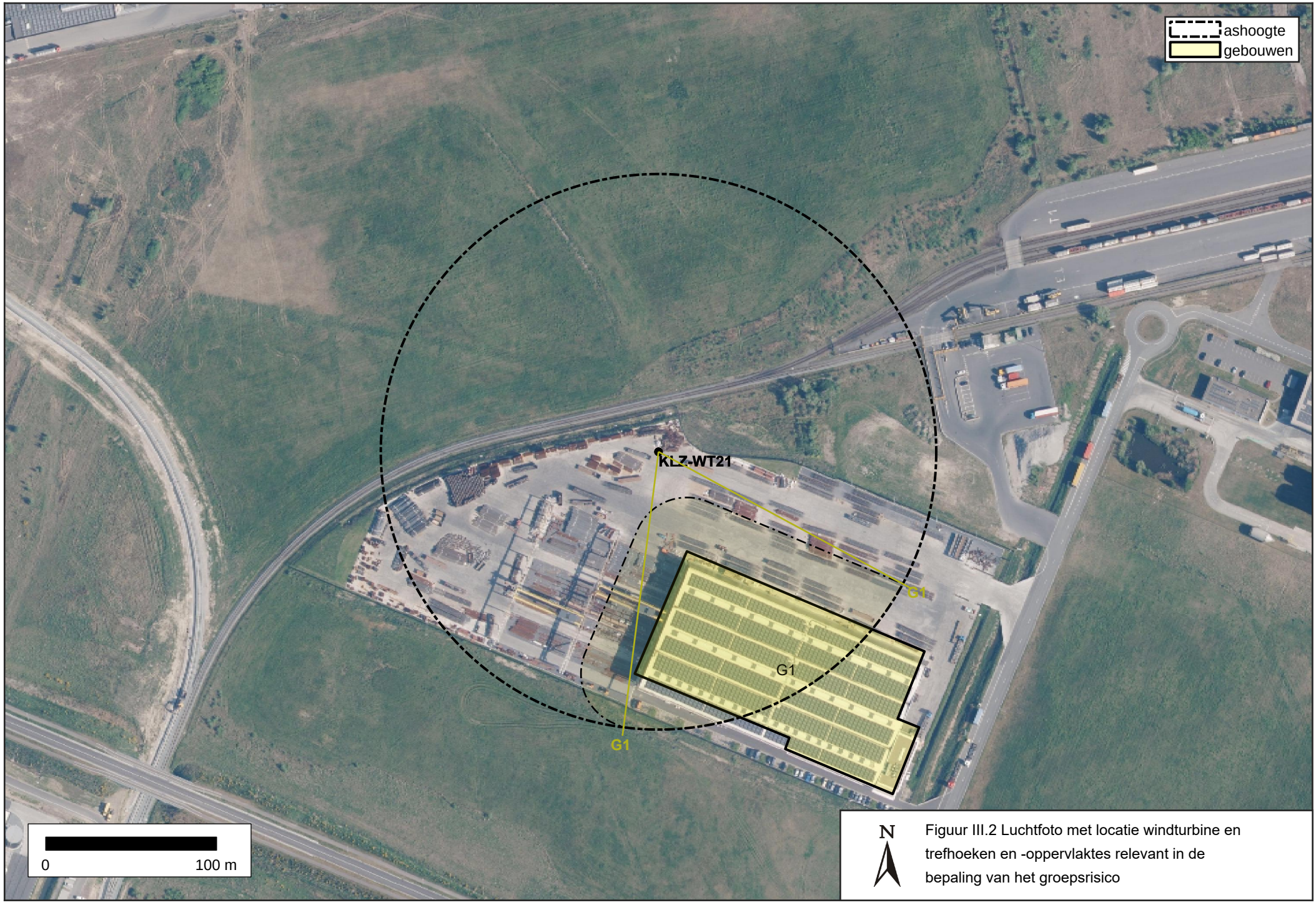
Figuur II.3 Luchtfoto met locatie windturbine, isorisicocontour van 10^{-5}/j en relevante effect-afstanden voor mast- en gondelbreuk



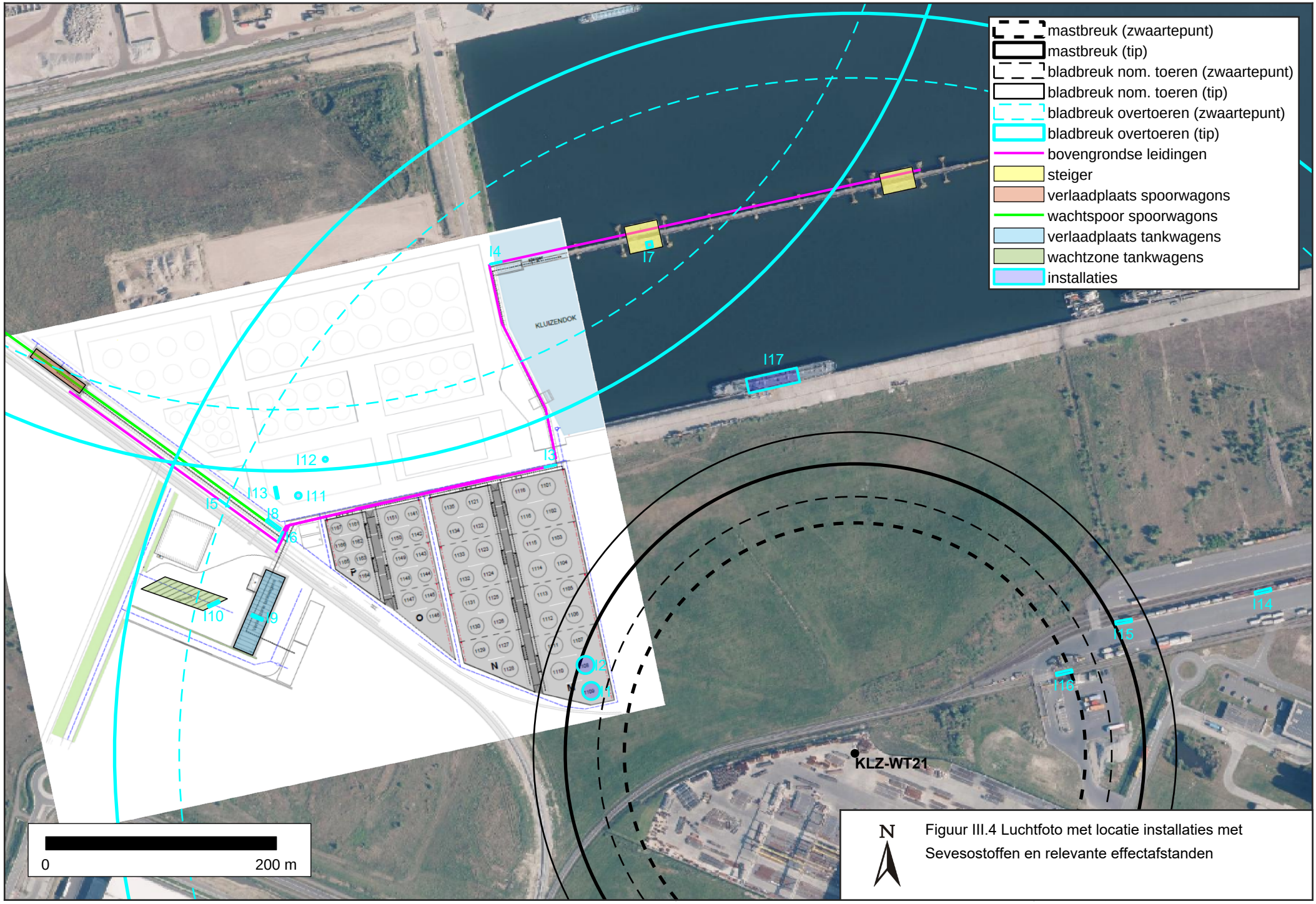
Figuur II.4 Luchtfoto met locatie windturbine en scheidingsafstanden tot bovengrondse installaties en ondergrondse transportleidingen



Figuur II.5 Luchtfoto met locatie windturbine en locaties van de meest nabije overige windturbines



Figuur III.2 Luchtfoto met locatie windturbine en trefhoeken en -oppervlaktes relevant in de bepaling van het groepsrisico



Figuur III.4 Luchtfoto met locatie installaties met Sevesostoffen en relevante effectafstanden