Luminus

Koning Albert II laan 7

B-1210 Brussel

Veiligheidsstudie

Windturbineproject Kluizendok Magellaanstraat

juli 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 ..... **iii**
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.11
III.5. Analyse van de indirecte risico's III.13
III.5.1. Analyse van het indirecte risico voor Distrilog Evergem III.14
III.5.2. Analyse van het indirecte risico voor H. Essers Logistics Services Company Evergem III.15
III.6. Cumulatieve effecten III.18
III.6.1. Plaatsgebonden mensrisico's III.19
III.6.2. Groepsrisico III.19
III.6.3. Indirecte risico III.19
III.7. Samenvatting: Evaluatie van de externe risico's III.20
III.7.1. Directe risico's III.20
III.7.2. Indirecte risico's III.20
III.8. Adviesvragen III.20
III.8.1. Nucleaire inrichtingen III.20
III.8.2. Hoogspanningsinfrastructuur III.20
IV. Besluit **IV.1**
V. Referenties **V.1**
VI. Figuren en tabellen **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.2

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 effectafstand van de windturbine III.10

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

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 Lambert 72-coördinaten en gegevens overige windturbines III.18

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 van de windturbine III.12

TERMINOLOGIE EN AFKORTINGEN

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

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.
H2	waterstof
Hoofdwegen	De wegen zoals dusdanig aangegeven in het Ruimtelijk structuurplan Vlaanderen, gecoördineerde versie 2011
IEC	International Electrotechnical Commission
IRC	isorisicocontour
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 langs de Ferdinand Magellaanstraat op het grondgebied van de gemeente Evergem.

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 langs de Ferdinand Magellaanstraat op het grondgebied van de gemeente Evergem op de locatie gegeven in de onderstaande tabel.

Tabel II.1 Lambert 72-coördinaten windturbine

windturbine	X-coördinaat	Y-coördinaat
KLZ-WT22	107 120	204 429

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. 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 de onderstaande tabel.

Tabel II.2 Windturbinetypes en belangrijkste gegevens

type	rotordiameter D [m]	ashoogte [m]	tiphoogte [m]	nominaal toerental [tpm] (1)
Enercon E175 EP5 E2	175	175	262,5	9,6
Nordex N175	175	179	266,5	9,025
Vestas V172	172	199	285	9,5

(1) De windturbine kan kortstondig sneller draaien bij windstoten.

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: 285 m;
- max. ashoogte: 205 m;
- 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.

Tabel II.3 Representatieve windturbines en belangrijkste gegevens

type	rotordiameter D [m]	ashoogte [m]	tiphoogte [m]	nom. toerental [tpm]
representatieve windturbine 1	175	197,5	285	10
representatieve windturbine 2	160	205	285	10

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

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	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).

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	175	206,5	262,5
Nordex N175	175	179	210,5	266,5
Vestas V172	172	199	230,0	**285**
representatieve windturbine 1	175	197,5	229,0	**285**
representatieve windturbine 2	160	205	**233,8**	**285**

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.

Tabel III.1.3 Effectafstanden bladbreuk

type	rotor-diameter [m]	ashoogte [m]	nom. toerental [tpm]	maximale werpafstand zwaartepunt [m]		max. effect-afstand tip van een blad [m]
				bladbreuk bij nominaal toerental	bladbreuk bij over-toeren	
Enercon E175 EP5 E2	175	175	9,6	217	558	614
Nordex N175	175	179	9,025	204	511	567
Vestas V172	172	199	9,5	221	552	607
representatieve windturbine 1	175	197,5	10	**239**	**611**	**667**
representatieve windturbine 2	160	205	10	218	539	590

De maximale effectafstand voor de tip van een blad (in het geval van bladbreuk) bedraagt max. 667 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 van de windturbine waar ijsval mogelijk is, bevindt zich een openbare weg waar personen in openlucht aanwezig kunnen zijn. Er zullen dan ook de nodige maatregelen voorzien dienen 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 plaatsen van waarschuwingsborden en/of oranje signaallampen om personen, in het bijzonder zij die zich onbeschermd nabij het rotorvlak begeven, tijdig te waarschuwen voor het risico van ijsval. Twee kanttekeningen hierbij zijn: (1) de stilstandpositie kan bij hoge windsnelheden niet altijd worden aangehouden, en (2) waarschuwingsborden zijn een passieve maatregel waarvan de effectiviteit afhangt van de mate waarin mensen de waarschuwing opvolgen. **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.

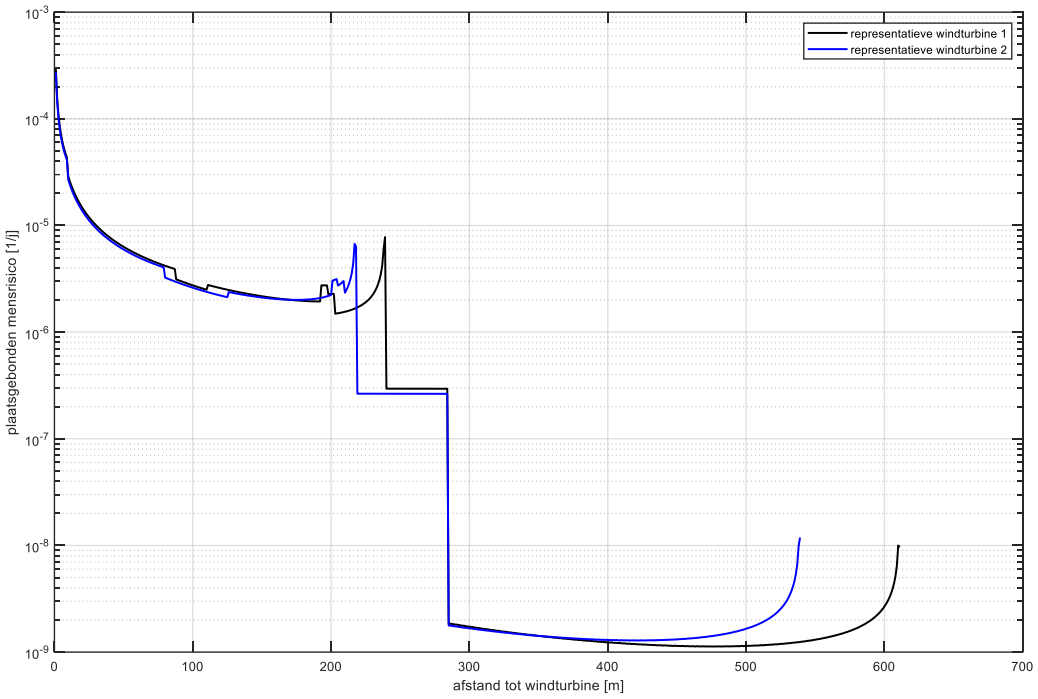
Tabel III.2 Berekende scheidingsafstanden

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	175	9,6	32	217	262,5
Nordex N175	175	179	9,025	33	204	266,5
Vestas V172	172	199	9,5	31	221	**285**
representatieve windturbine 1	175	197,5	10	30	239	**285**
representatieve windturbine 2	160	205	10	28	218	**285**
				≤ 40	**239**	**285**

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.**

GEBIEDEN MET WOONFUNCTIE – De scheidingsafstand voor gebieden met woonfunctie bedraagt max. 239 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. 285 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 lengte van 197,5 m en een gemiddelde[6] diameter van 8 m. Dit geeft een impactoppervlakte van ca. 1.580 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 x $D^{1,81}$. 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. 2.800 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 35 personen per hectare (of 1 persoon per 280 m²) vereist. Een dergelijke populatiedichtheid is in de regel niet aanwezig in openlucht ter hoogte van de bedrijfsterreinen en openbare wegen.

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 233,8 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 en de populatie aanwezig in deze gebouwen. De populatie in de gebouwen is evenwel niet steeds relevant voor de evaluatie van het groepsrisico. Er wordt immers aangenomen dat bij het instorten van (een deel van) een gebouw 50% van de aanwezige personen dodelijk getroffen wordt door de impact van brokstukken van het gebouw en/of delen van de windturbine [2]. Concreet betekent dit dat enkel wanneer er zich minstens 20 personen bevinden in (het deel van) het gebouw dat instort (of de gebouwen die gelijktijdig instorten), het potentieel aantal dodelijke slachtoffers 10 of meer bedraagt.

Uit tabel III.3 blijkt dat er zich in de gebouwen die gelegen zijn binnen de relevante scheidingsafstand rond de windturbine een voor het groepsrisico relevante populatie bevindt. **Het groepsrisico van de windturbine wordt geanalyseerd in § III.4.2.**

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

gebouw	sym-bool [1]	aantal aanwezige personen					
		werkweek 6u – 8u	werkweek 8u – 16u	werkweek 16u – 22u	werkweek 22u – 0u	werkweek 0u – 6u	weekend (maximaal)
MG Park Big Bear [2]	G1	30	30	30	30	30	30
Sligro [3]	G2	10	40	20	35	15	35
Distrilog [4]	G3	10	75	10	10	10	25

[1] De gebouwen worden aan de hand van hun symbool getoond op figuur II.3.

[2] Deze gegevens zijn bekomen van de ontwikkelaar MG Real Estate en betreft de aanwezigheid van personen in de compartimenten die zich binnen de relevante scheidingsafstand van de windturbine bevinden..

[3] Deze gegevens zijn bekomen van de exploitant van de inrichting.

[4] Deze gegevens zijn overgenomen uit het recentste omgevingsveiligheidsrapport OVR/24/20 van de inrichting.

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 285 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).

De kans wordt bepaald dat het gebouw getroffen wordt door de gondel, de mast of het onderste deel van het blad. Deze impactkans leidt tot conservatieve resultaten, aangezien ze de kans geeft dat het gebouw getroffen wordt en niet de kans dat het gebouw op een dusdanige wijze getroffen wordt dat het kan instorten. Voor het scenario van mastbreuk aan de voet wordt de kans bepaald door de hoek waarin de mast dient te vallen opdat het gebouw zou getroffen worden, terwijl voor het scenario van mastbreuk boven het maaiveld de kans bepaald wordt door de oppervlakte waarin de gondel dient te vallen opdat het gebouw zou getroffen worden.

De verschillende hoeken en oppervlaktes die van belang zijn in de bepaling van het groepsrisico van de windturbine worden getoond in figuur III.2.

De faalwijzen gondelbreuk en mastbreuk in de bovenste masthelft zijn niet relevant in de bepaling van het groepsrisico gelet op de afstand van de windturbine tot de gebouwen.

Er wordt rekening gehouden met het gelijktijdig treffen van gebouwen.

In de bepaling van het groepsrisico wordt rekening gehouden met de tijdsfractie waarin de personen aanwezig zijn in de gebouwen. Deze tijdsfractie wordt afgeleid uit de gegevens in tabel III.3.

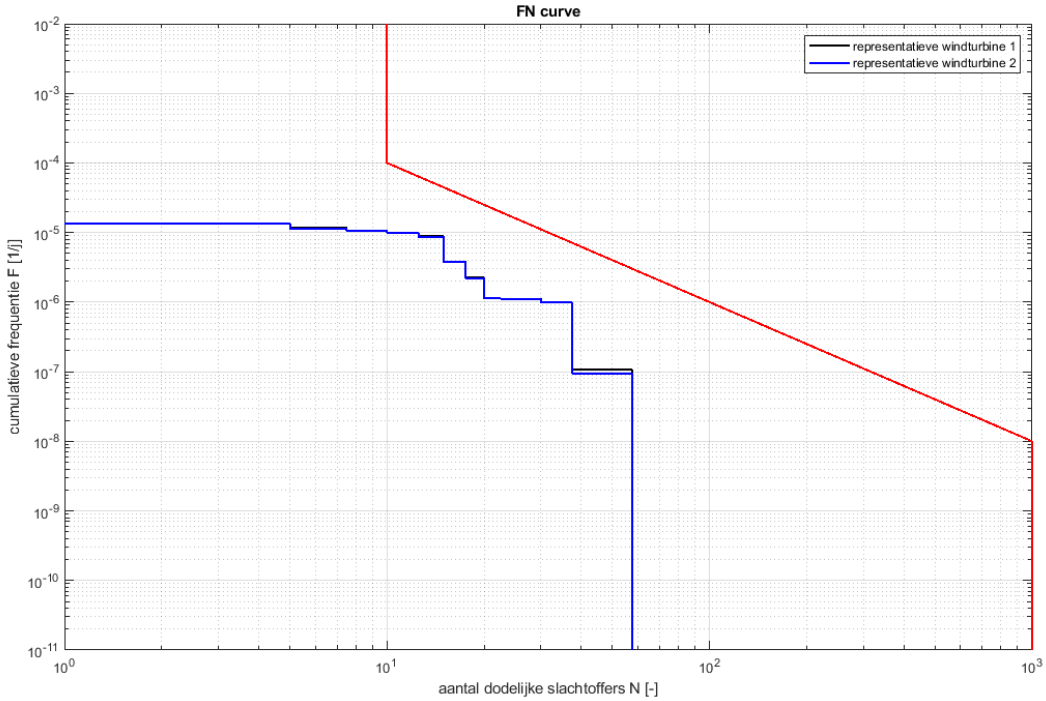
Er wordt aangenomen dat bij het instorten van (een deel van) een gebouw de helft van de aanwezige personen dodelijk getroffen wordt door de impact van brokstukken van het gebouw en/of delen van de windturbine.

De benodigde gegevens en tussenresultaten voor de berekening van het groepsrisico van de windturbine voor de representatieve windturbine 1 [7] worden getoond in tabel III.4. Deze tabel is opgenomen in § VI achteraan dit document.

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 voor de representatieve windturbines. Het criterium voor het groepsrisico wordt getoond in de figuur door middel van de rode lijn. Het berekende groepsrisico 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 verschillende representatieve windturbines quasi gelijk is. Vandaar dat slechts voor één windturbinetype de gedetailleerde gegevens en tussenresultaten zijn opgenomen in de voorliggende veiligheidsstudie.

Figuur III.3 Groepsrisicocurve 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, die zich binnen het effectgebied van de windturbine bevindt. Deze spoorlijn 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.

Ten noordoosten van de inplantingslocatie 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 projectMER ingediend. De projectlocatie bevindt zich buiten de effectafstand van de windturbine (zie figuur II.4). Bijgevolg is er geen indirect risico van deze windturbine voor de installaties ter hoogte van de projectlocatie.

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	667 m (max. effectafstand)	Distrilog Evergem	± 122 m
		H. Essers Logistics Services Company Evergem	± 472 m
publieke of bedrijfsinterne verdeelinstallaties voor ontvlambare gassen (i.e. LPG-, LNG-, CNG- en H2-tankstations)	667 m (max. effectafstand)	-	-
klasse 1 inrichtingen omwille van aanwezigheid Sevesostoffen	285 m (tiphoogte)	-	-
ondergrondse transportleidingen met Sevesostoffen	246 m (*)	-	-
bovengrondse installaties horende bij transportleidingen met Seveso-stoffen (bv. drukreduceerstations)	667 m (max. effectafstand)	-	-
transport van Sevesostoffen – uitzonderlijke situaties (rangeerstation, spoorbundel, vrachtwagenparking, bunkerlocatie)	667 m (max. effectafstand)	-	-

(*) 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. 205 m) 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. Analyse van het indirecte risico voor Distrilog Evergem

Uit het recente omgevingsveiligheidsrapport OVR/24/20 van de Seveso-inrichting Distrilog Evergem blijkt dat de activiteiten van de inrichting bestaan uit de op- en overslag van eenheidsverpakkingen in magazijnen.

Het externe mensrisico van de inrichting wordt veroorzaakt door de mogelijke gevolgen van de emissie van toxische rookgassen in het geval van een magazijnbrand. Er worden geen waterreactieve stoffen (Seveso-categorieën O1, O2 en O3) of ammoniumnitraat opgeslagen in de magazijnen.

III.5.1.1. Extern mensrisico – kwalitatieve benadering

III.5.1.1.1 Opslag van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen in een magazijn

De opslag van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen in magazijnen wordt niet weerhouden voor de analyse van het indirecte mensrisico [2]. De reden waarom de opslag van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen in een magazijn niet beschouwd dient te worden in de analyse van het indirecte mensrisico van een windturbine volgt uit het feit dat voor een magazijn enkel het scenario van een magazijnbrand meegenomen dient te worden in de risicoanalyse van de inrichting (bv. de risicoanalyse die opgenomen is in het veiligheidsrapport van de inrichting). Het risico van een magazijnbrand voor de

externe populatie komt voort uit de verspreiding van mogelijk toxische rookgassen. De horizontale verspreiding van rookgassen wordt mogelijk gemaakt door de afkoelende werking die het dak van een magazijn heeft op de rookgassen. Zodra het dak van het magazijn begeeft, zullen de rookgassen verticaal opstijgen eerder dan zich horizontaal te verspreiden. Men spreekt in dit verband van actieve pluimstijging. Aangezien de impact van een windturbine op een magazijn steeds aanleiding geeft tot de (gedeeltelijke) instorting van het dak van het magazijn, zal een magazijnbrand die veroorzaakt wordt door de impact van een windturbine steeds leiden tot actieve pluimstijging, waardoor het externe mensrisico beperkt blijft.

III.5.1.1.2 Behandeling van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen

De behandeling van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen ter hoogte van de verlaadkades buiten de magazijnen wordt evenmin weerhouden voor de analyse van het indirecte risico [2].

III.5.1.2. Milieurisico

Het magazijngebouw bevindt zich binnen de effectafstand van het zwaartepunt van een rotorblad in het geval van mastbreuk. Een impact van de windturbine op het gebouw kan aanleiding geven tot de beschadiging van meerdere eenheidsverpakkingen met milieugevaarlijke vloeistoffen, met een mogelijke emissie tot gevolg. Het magazijn is voorzien van een betonnen vloer, die in normale omstandigheden een bodemverontreiniging voorkomt. Deze vloer kan evenwel lokaal beschadigd worden door de impact van de gondel van de windturbine. Bovendien is niet het volledige omliggende terrein verhard. Een beperkt deel van de emissie kan dan ook de bodem bereiken, waardoor een bodemverontreiniging als gevolg van een impact van de windturbine niet volledig kan worden uitgesloten. De potentiële omvang van de verontreiniging zal echter eerder beperkt zijn, aangezien het gaat om opslag in eenheidsverpakkingen en niet om bulkopslag. Bovendien kan een snelle ingreep de verspreiding in de bodem beperken. Het magazijn is bovendien niet gelegen binnen een waterwingebied of beschermingszone, zodat er geen sprake is van een bijkomende kwetsbaarheid van het grondwater in functie van de drinkwaterwinning. Tenslotte bedraagt de relevante treffrequentie van het gebouw slechts ca. $4{,}2.10^{-6}$/j.

Rekening houdend met de beperkte emissieomvang, de mogelijkheid tot snelle interventie en de lage treffrequentie, blijft het milieurisico ook na de inplanting van de windturbine beheersbaar.

III.5.1.3. Conclusie

Gelet op het resultaat van 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 Distrilog Evergem door de inplanting van de windturbine.

III.5.2. Analyse van het indirecte risico voor H. Essers Logistics Services Company Evergem

Uit het recente veiligheidsrapport SWAVR/24/56 van de Seveso-inrichting H. Essers Logistics Services Evergem blijkt dat de activiteiten van de inrichting bestaan uit de op- en overslag van eenheidsverpakkingen in magazijnen.

Het externe mensrisico van de inrichting wordt veroorzaakt door de mogelijke gevolgen van de emissie van toxische rookgassen in het geval van een magazijnbrand.

De inrichting is vergund voor de opslag van waterreactieve stoffen (Seveso-categorieën O1, O2 en O3) en ammoniumnitraat in de magazijnen.

III.5.2.1. Extern mensrisico – kwalitatieve benadering

III.5.2.1.1 Opslag van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen in een magazijn

De opslag van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen in magazijnen wordt niet weerhouden voor de analyse van het indirecte mensrisico [2]. De reden waarom de opslag van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen in een magazijn niet beschouwd dient te worden in de analyse van het indirecte mensrisico van een windturbine volgt uit het feit dat voor een magazijn enkel het scenario van een magazijnbrand meegenomen dient te worden in de risicoanalyse van de inrichting (bv. de risicoanalyse die opgenomen is in het veiligheidsrapport van de inrichting). Het risico van een magazijnbrand voor de externe populatie komt voort uit de verspreiding van mogelijk toxische rookgassen. De horizontale verspreiding van rookgassen wordt mogelijk gemaakt door de afkoelende werking die het dak van een magazijn heeft op de rookgassen. Zodra het dak van het magazijn begeeft, zullen de rookgassen verticaal opstijgen eerder dan zich horizontaal te verspreiden. Men spreekt in dit verband van actieve pluimstijging. Aangezien de impact van een windturbine op een magazijn steeds aanleiding geeft tot de (gedeeltelijke) instorting van het dak van het magazijn, zal een magazijnbrand die veroorzaakt wordt door de impact van een windturbine steeds leiden tot actieve pluimstijging, waardoor het externe mensrisico beperkt blijft.

III.5.2.1.2 Behandeling van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen

De behandeling van gevaarlijke stoffen in eenheidsverpakkingen ter hoogte van de verlaadkades buiten de magazijnen wordt evenmin weerhouden voor de analyse van het indirecte risico [2].

III.5.2.1.3 Opslag van waterreactieve stoffen en ammoniumnitraat

In de magazijnen kunnen stoffen opgeslagen worden die in contact met water ontvlambare of toxische gassen ontwikkelen. Daarnaast kan ook ammoniumnitraat opgeslagen worden.

De magazijnen kunnen enkel getroffen worden door een afgeworpen blad in het geval van bladbreuk bij overtoeren. De trefkans van magazijn 1 door het zwaartepunt van een afgeworpen blad bedraagt ca. 4.10^{-8}/j. De (vervolg)kans dat de impact van een afgeworpen blad op een magazijn leidt tot een aanzienlijke emissie van waterreactieve stoffen én de vorming van ontvlambare of toxische gassen doordat deze stoffen vervolgens in contact komen met water of tot een emissie van ammoniumnitraat maakt dat de uiteindelijke scenariofrequentie wellicht nog enkele grootteordes lager is dan deze trefkans. Er wordt dan ook geen (voor de evaluatie van het externe mensrisico) relevante verhoging van het externe mensrisico van de inrichting verwacht.

III.5.2.2. Milieurisico

De inrichting bevindt zich buiten het effectgebied van het zwaartepunt van een rotorblad in het geval van mastbreuk (de zogenaamde *high impact* zone) van de windturbine (zie figuur II.3). Er wordt dan ook geen relevante verhoging van het milieurisico van de inrichting verwacht.

III.5.2.3. Conclusie

Gelet op het resultaat van 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 H. Essers Logistics Services Evergem door de inplanting van de windturbine.

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.6.

Tabel III.6 Lambert 72-coördinaten en gegevens overige windturbines

wind-turbine	X-coördi-naat [m]	Y-coördi-naat [m]	windturbinetype	rotor-diameter [m]	as-hoogte [m]	max. rotor-toerental [tpm]	max. effect-afstand [m] [1]
operationele windturbines							
KLZ-WT04	108 595	206 585	Enercon E70 E4 – 2MW	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-WT21	108 099	205 347	n.b.	175	162,5	10	641
KLZ-WT23	108 781	205 627	n.b.	175	197,5	10	667
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 de betrokken gebouwen zich niet bevinden 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 – waar en indien nodig – rekening gehouden met de operationele windturbines KLZ-WT15 en KLZ-WT16.

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 isorisico-contour 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 Distrilog Evergem en H. Essers Logistics Company Evergem door de inplanting van de windturbine.

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 langs de Ferdinand Magellaanstraat op het grondgebied van de gemeente Evergem.

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: 2026.07.06 14:08:22 +02'00'

Filip Van den Schoor

erkend VR-deskundige [8]

[8] 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.

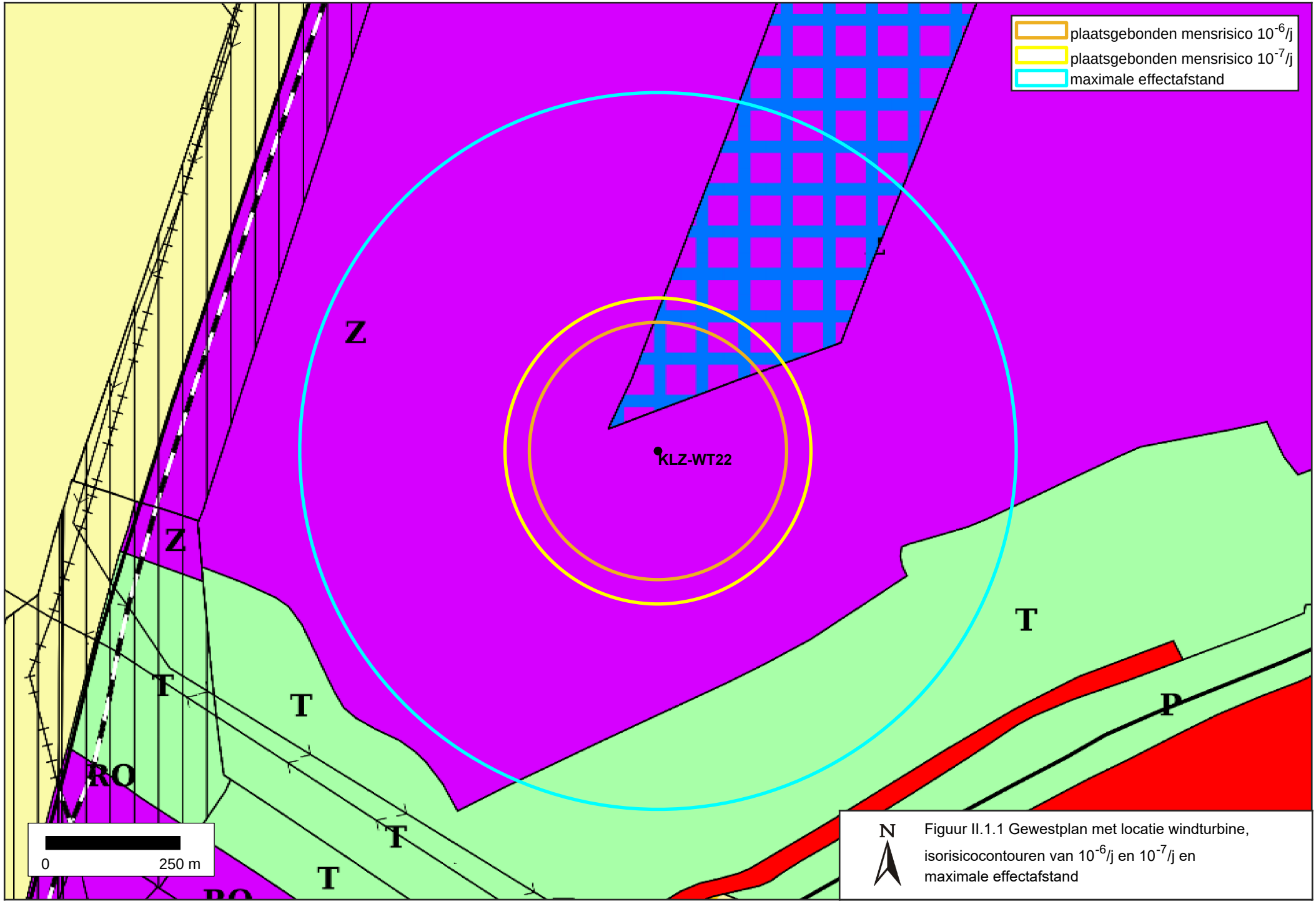
[6] *Effectmodellering windturbines. Externe veiligheid* – versie 2.0, Antea Group en Pondera, 2024.

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

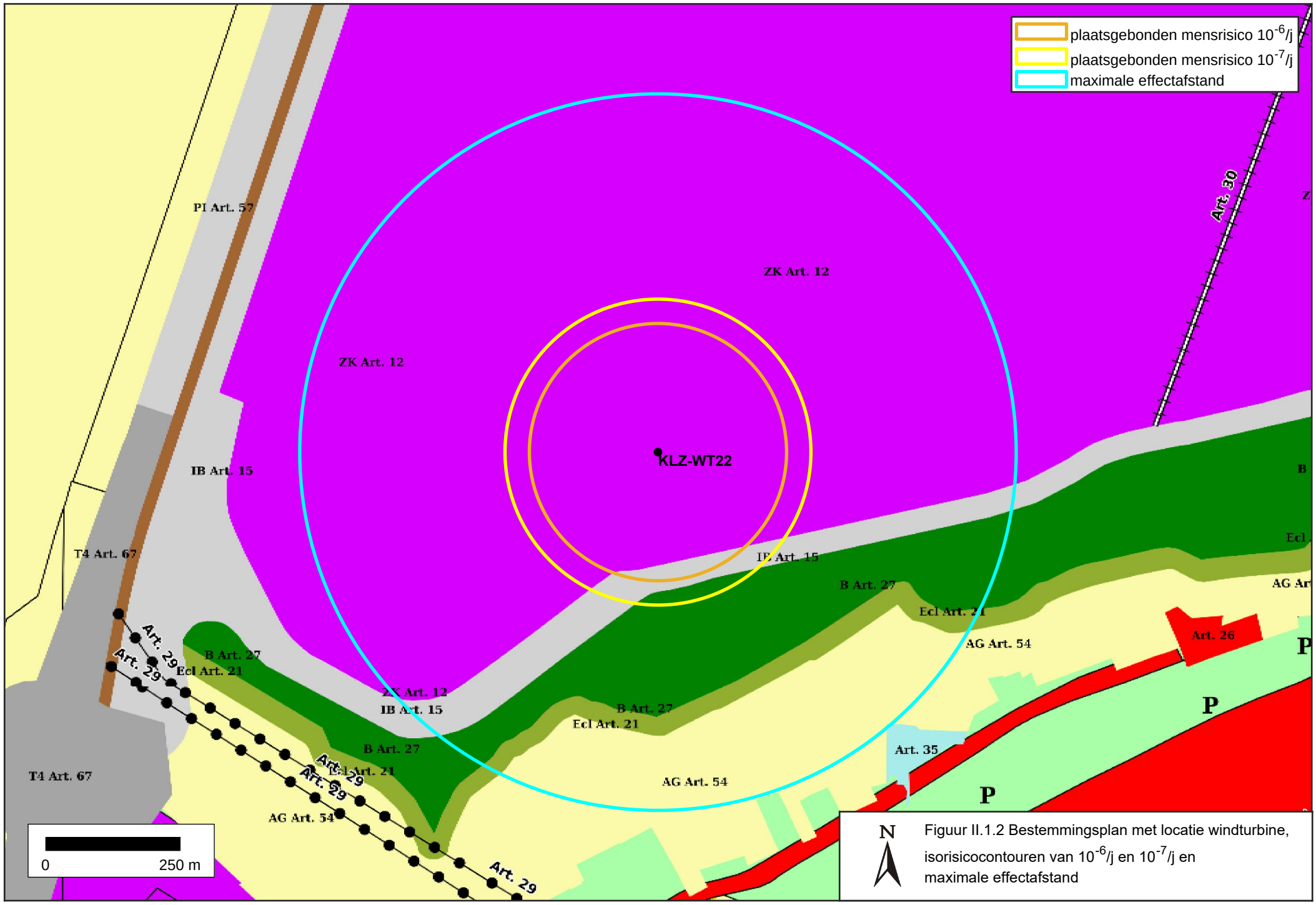
[8] *TWOL Risicoanalysesysteem voor transport van gevaarlijke stoffen*, LNE, 2014.

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

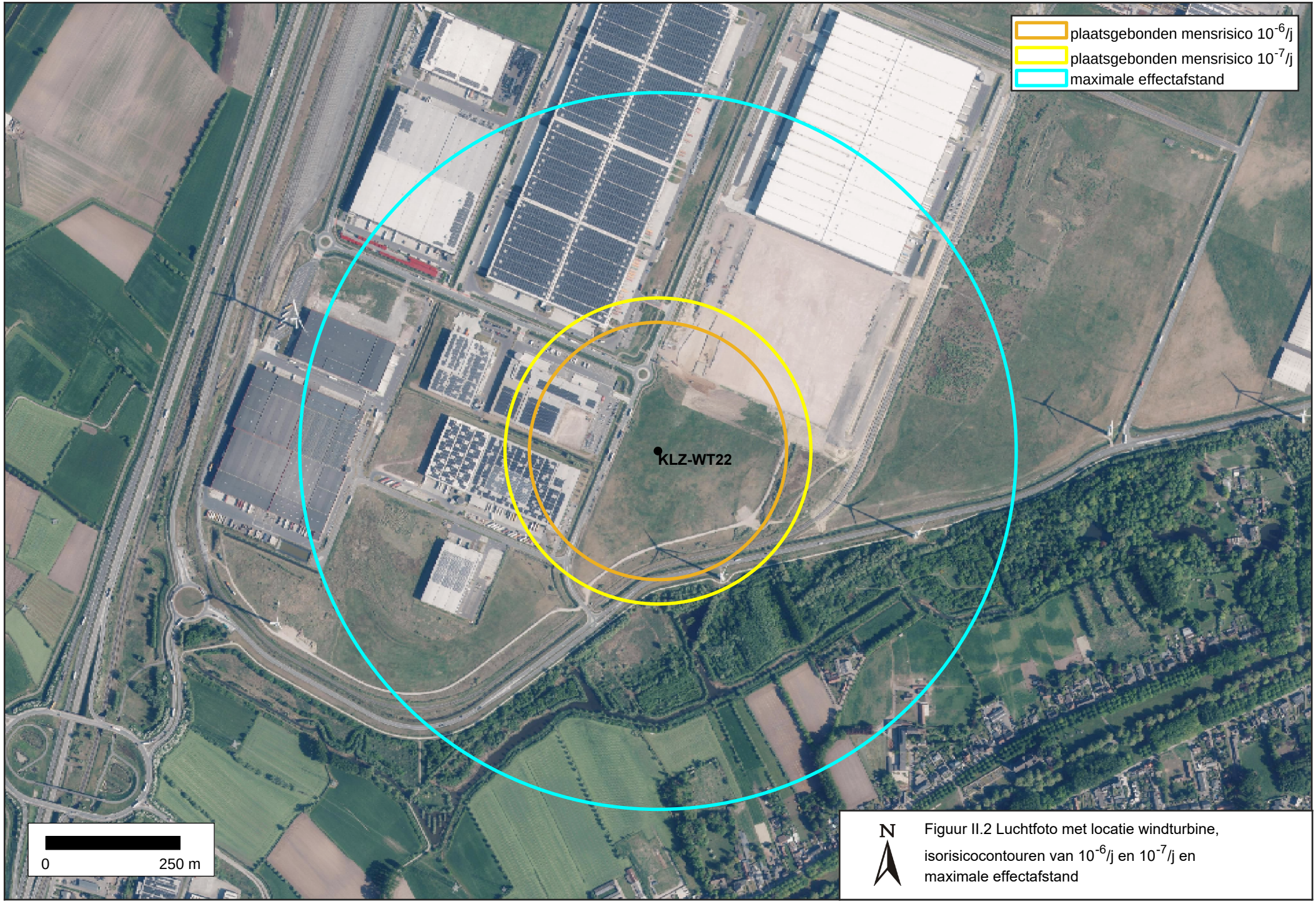
VI. FIGUREN EN TABELLEN



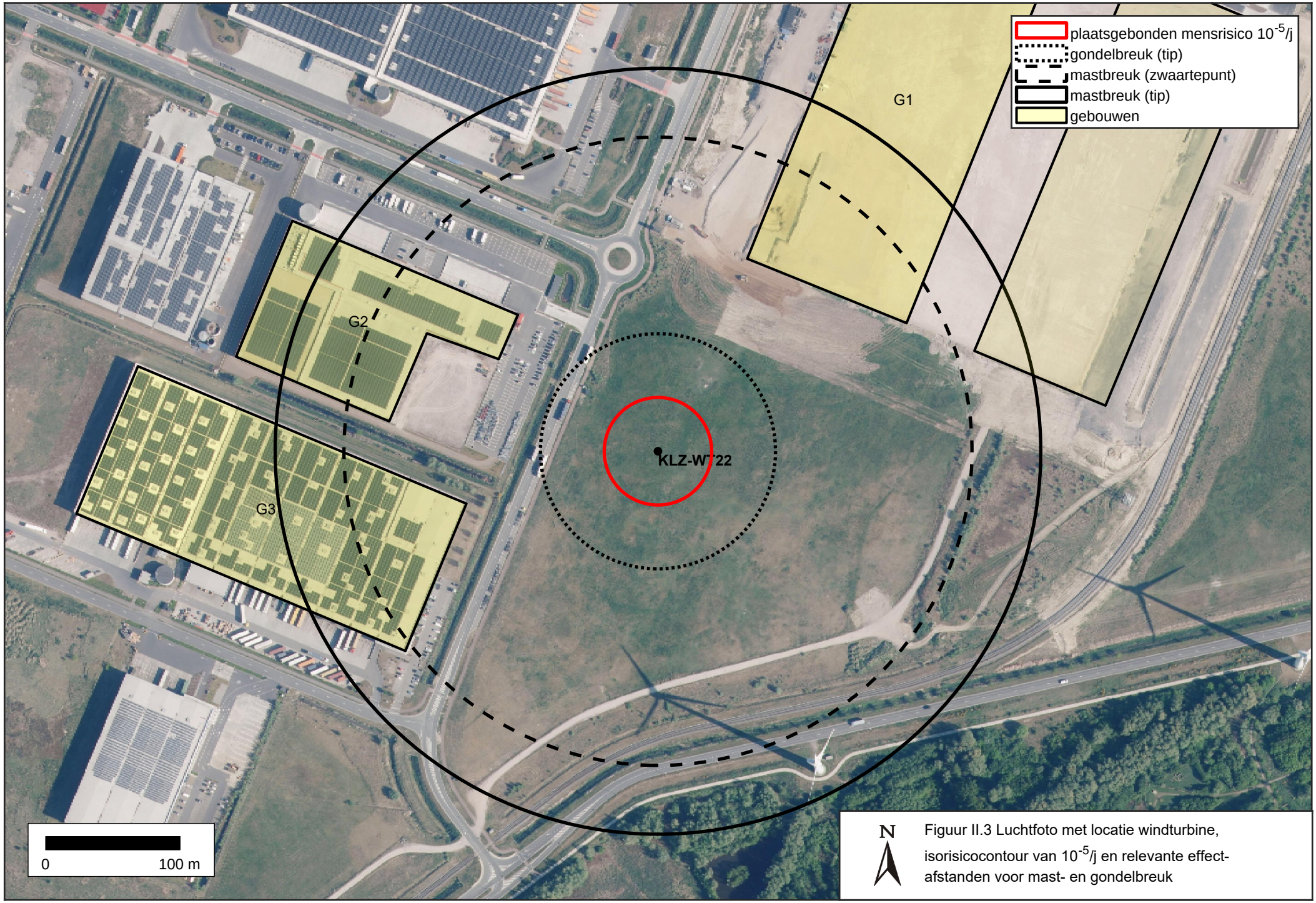
Figuur II.1.1 Gewestplan met locatie windturbine, isorisicocontouren van 10^{-6}/j en 10^{-7}/j en maximale effectafstand



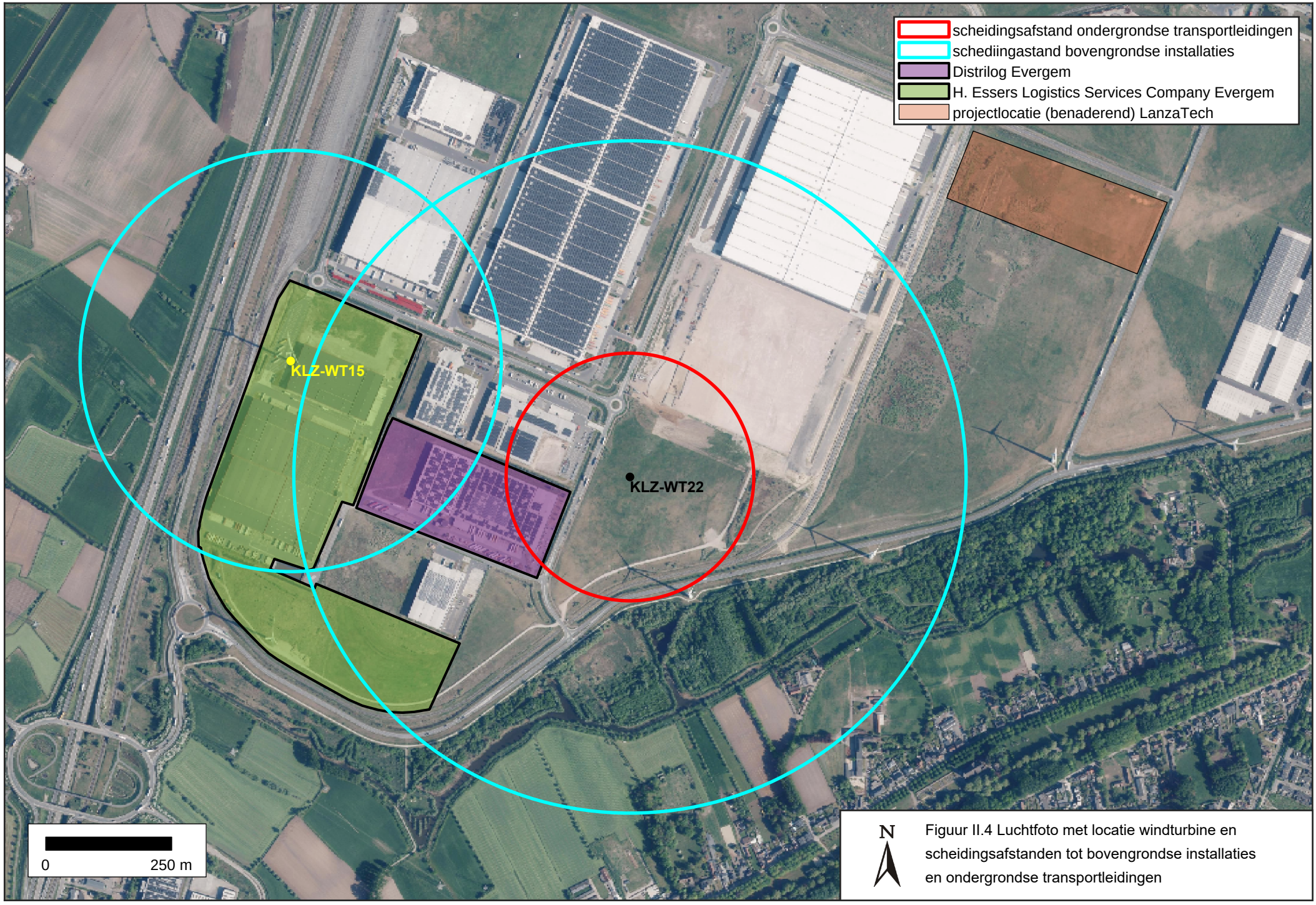
Figuur II.1.2 Bestemmingsplan met locatie windturbine, isorisicocontouren van 10^{-6}/j en 10^{-7}/j en maximale effectafstand



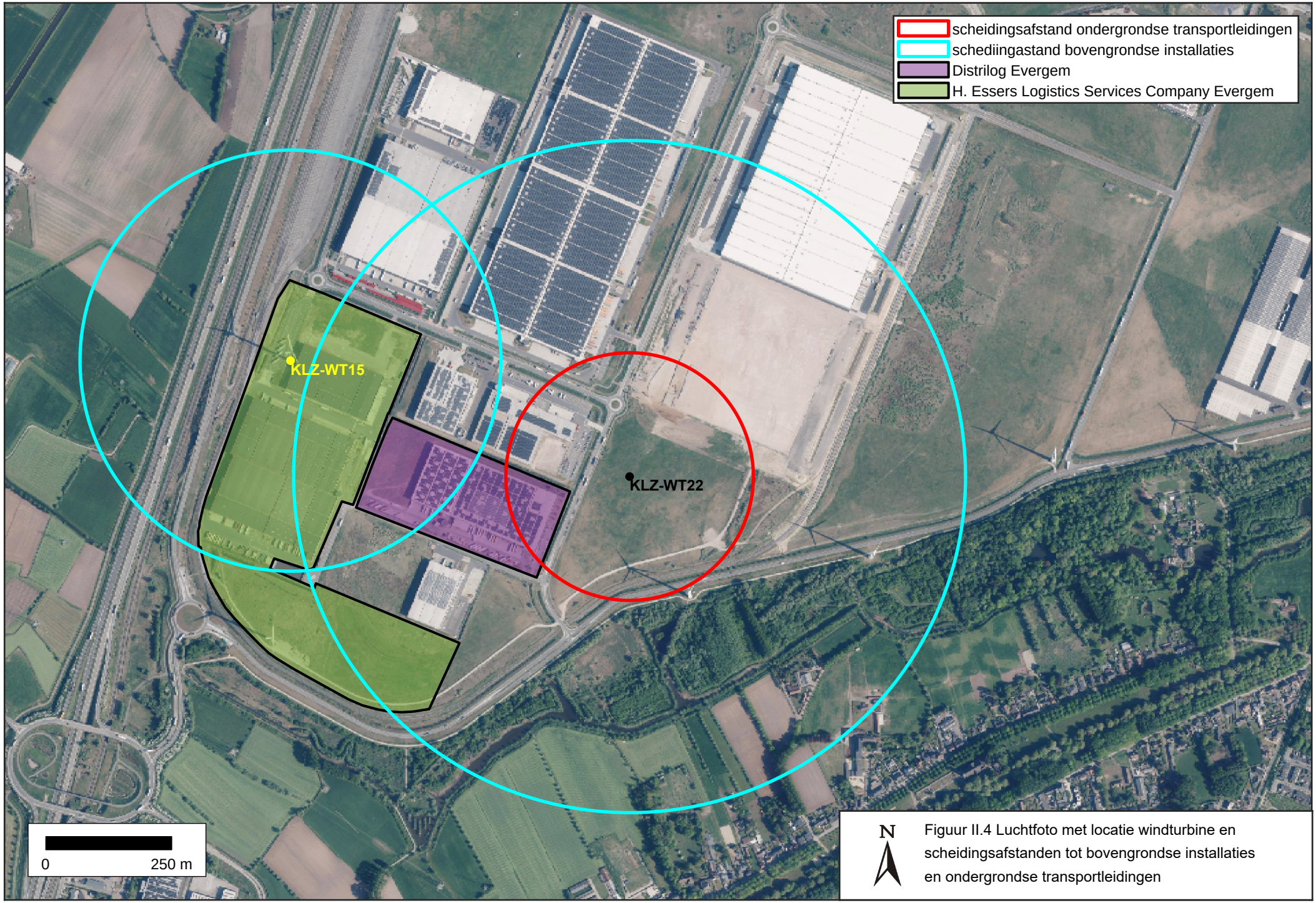
Figuur II.2 Luchtfoto met locatie windturbine, isorisicocontouren van 10^{-6}/j en 10^{-7}/j en maximale effectafstand



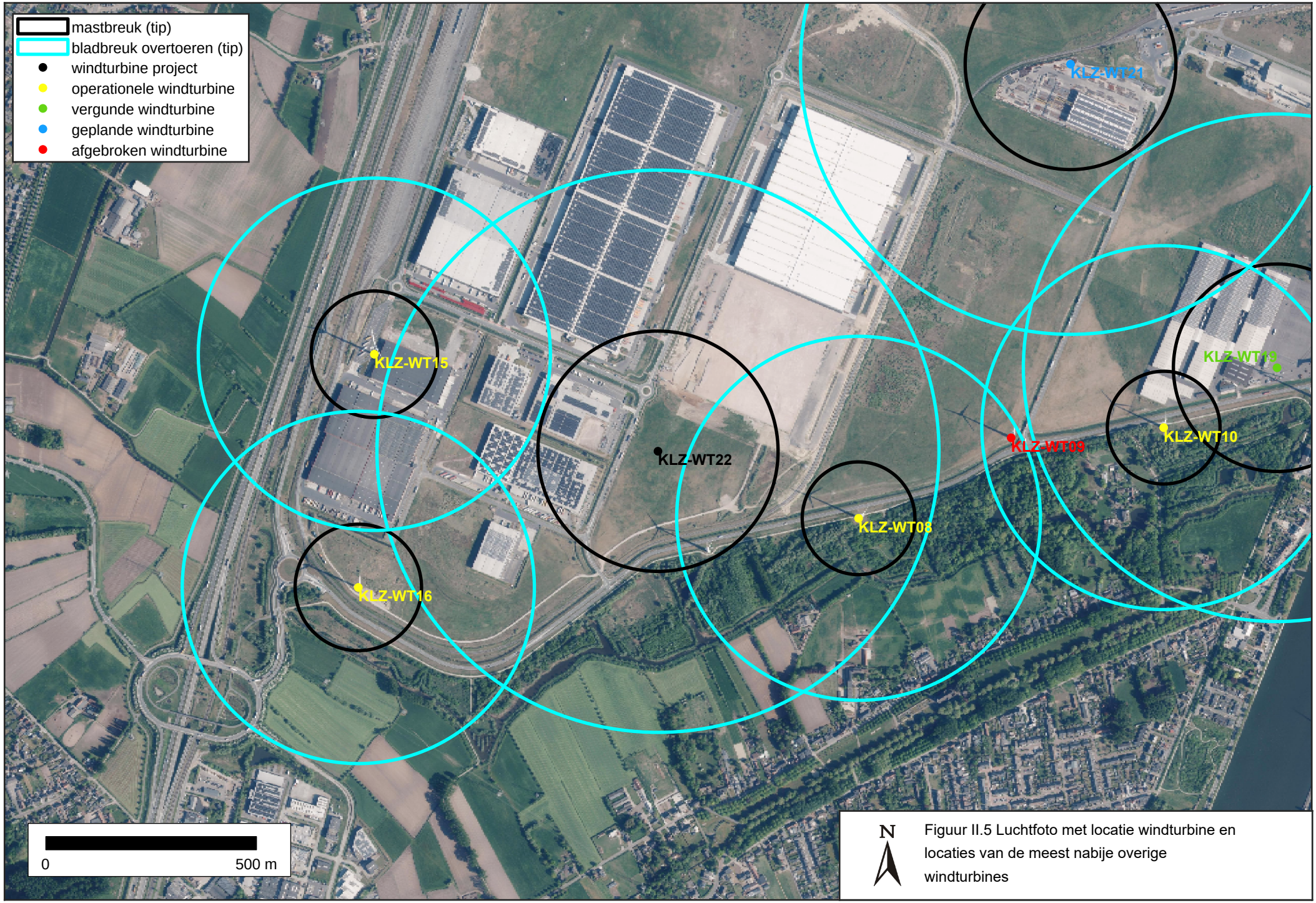
Figuur II.3 Luchtfoto met locatie windturbine, isorisicocontour van 10^{-5}/j en relevante effect-afstanden voor mast- en gondelbreuk



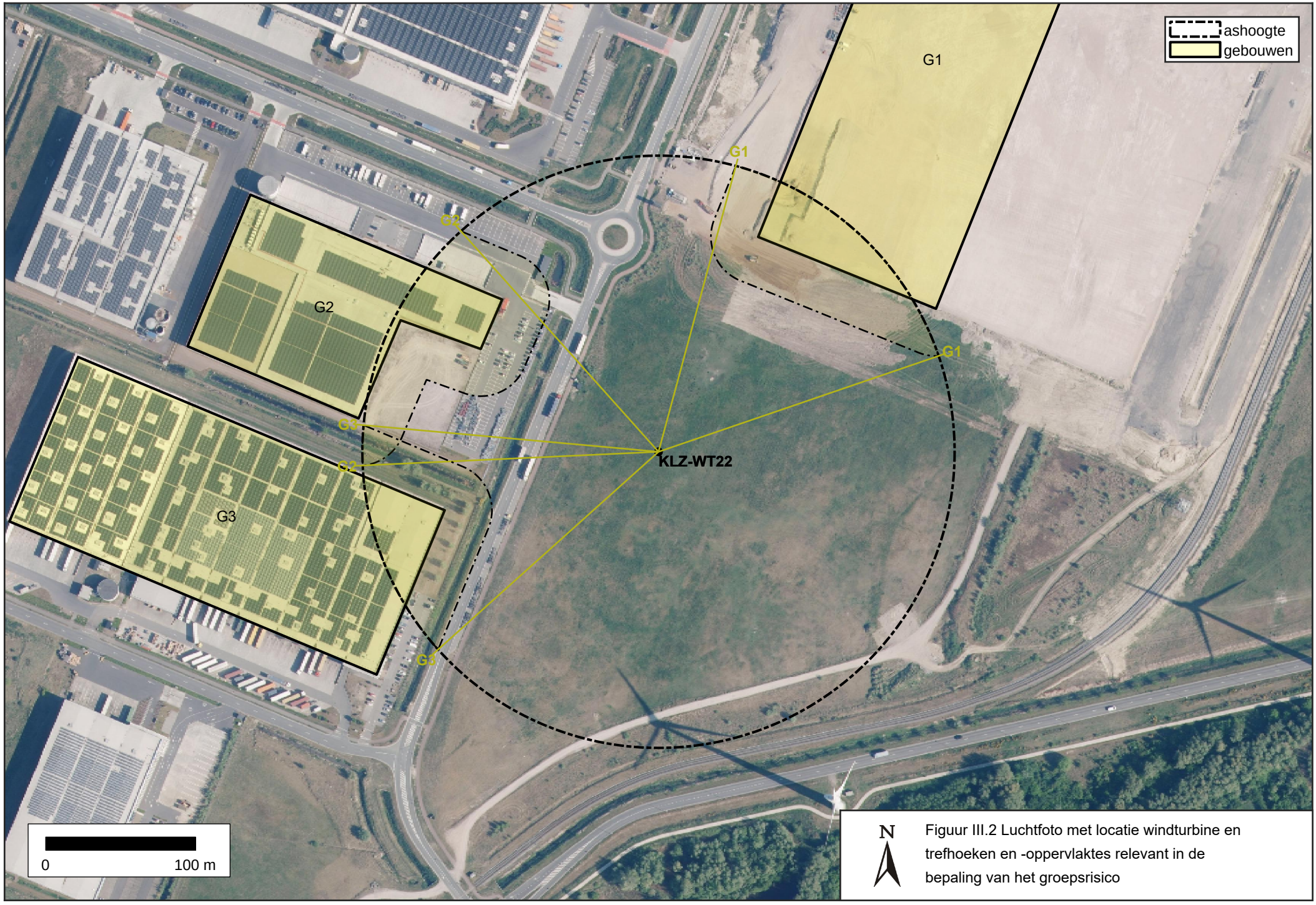
Figuur II.4 Luchtfoto met locatie windturbine en scheidingsafstanden tot bovengrondse installaties en ondergrondse transportleidingen



Figuur II.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

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

gebouw(en)	trefhoek [°]	trefoppervlakte [m²]	totale trefkans [1/j]	tijdssegment	overeenkomstige tijdsfractie [-]	bezetting gebouw(en)	f [1/j]	N [-]
G2, G3	7.8	420	4.45E-07	werkweek: 8 - 16 u	0.238	115	1.06E-07	57.5
G3	39.2	7250	3.7E-06	werkweek: 8 - 16 u	0.238	75	8.82E-07	37.5
G2, G3	7.8	420	4.45E-07	weekend	0.285	60	1.27E-07	30
G2, G3	7.8	420	4.45E-07	werkweek: 22 - 0 u	0.060	45	2.65E-08	22.5
G2	43	9750	4.57E-06	werkweek: 8 - 16 u	0.238	40	1.09E-06	20
G2	43	9750	4.57E-06	werkweek: 22 - 0 u	0.060	35	2.72E-07	17.5
G2	43	9750	4.57E-06	weekend	0.285	35	1.3E-06	17.5
G1	56	8960	4.89E-06	werkweek: 6 - 8 u	0.060	30	2.91E-07	15
G1	56	8960	4.89E-06	werkweek: 8 - 16 u	0.238	30	1.17E-06	15
G1	56	8960	4.89E-06	werkweek: 16 - 22 u	0.179	30	8.74E-07	15
G1	56	8960	4.89E-06	werkweek: 22 - 0 u	0.060	30	2.91E-07	15
G1	56	8960	4.89E-06	werkweek: 0 - 6 u	0.179	30	8.74E-07	15
G1	56	8960	4.89E-06	weekend	0.285	30	1.39E-06	15
G2, G3	7.8	420	4.45E-07	werkweek: 16 - 22 u	0.179	30	7.96E-08	15
G2, G3	7.8	420	4.45E-07	werkweek: 0 - 6 u	0.179	25	7.96E-08	12.5
G3	39.2	7250	3.7E-06	weekend	0.285	25	1.05E-06	12.5
G2	43	9750	4.57E-06	werkweek: 16 - 22 u	0.179	20	8.17E-07	10
G2, G3	7.8	420	4.45E-07	werkweek: 6 - 8 u	0.060	20	2.65E-08	10
G2	43	9750	4.57E-06	werkweek: 0 - 6 u	0.179	15	8.17E-07	7.5
G2	43	9750	4.57E-06	werkweek: 6 - 8 u	0.060	10	2.72E-07	5
G3	39.2	7250	3.7E-06	werkweek: 6 - 8 u	0.060	10	2.2E-07	5
G3	39.2	7250	3.7E-06	werkweek: 16 - 22 u	0.179	10	6.61E-07	5
G3	39.2	7250	3.7E-06	werkweek: 22 - 0 u	0.060	10	2.2E-07	5
G3	39.2	7250	3.7E-06	werkweek: 0 - 6 u	0.179	10	6.61E-07	5