

Slagschaduwstudie

**Windenergieproject Magellaanstraat
Luminus**

10 juli 2026

Contactpersoon

MONA FIERENS
Projectleider

E mona.fierens@arcadis.com

Arcadis Belgium nv
Post X
Borsbeeksebrug 22
2600 Antwerpen
België

ANN HIMPENS
MER-coördinator

E ann.himpens@arcadis.com

Arcadis Belgium nv
Koningin Fabiolalaan 190
9000 Gent
België

MARGOT SCHELDEMAN
Medewerker windenergie

E margot.scheldeman@arcadis.com

Arcadis Belgium nv
Koningin Fabiolalaan 190
9000 Gent
België

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Wat is slagschaduw en de hinder ervan?	9
3	Juridisch kader	11
4	Methodologie	12
4.1	Slagschaduwbepaling	12
4.1.1	Astronomisch maximum	12
4.1.2	Verwachte slagschaduwduur voor representatieve greenhouse objecten	13
4.2	Slagschaduwmodelleringen	14
5	Resultaten	17
5.1	Het project	22
5.2	Geplande situatie 1A	23
5.3	Geplande situatie 1B	25
5.4	Geplande situatie 2A	26
5.5	Geplande situatie 2B	26
5.6	Detailbespreking van enkele representatieve receptoren	27
5.7	Bespreking van slagschaduweffecten per windturbine	29
6	Automatische stilstandsmodule	31
7	Conclusies slagschaduwimpact	32
	Annex A: Automatische stilstandsmodule	33
	Annex B: Gedetailleerde modelleringen	35
	Colofon	36

1 Inleiding

Om het effect van de windturbine op vlak van slagschaduw te bepalen, wordt een slagschaduwmodellering uitgevoerd conform de voorwaarden opgenomen in het addendum R20.1.6.

Voorliggende slagschaduwstudie omvat een beschrijving van de te verwachten slagschaduweffecten van het windenergieproject op de site van Magellaanstraat in het Kluizendok. Gezien nog niet geweten is of dat vergunde windturbine KLZ-WT19 zal worden gerealiseerd en bijhorend KLZ-WT11 zal worden afgebroken, is er sprake van twee referentiesituaties A en B. Daarnaast zijn er nog twee windturbines (KLZ-WT21 en KLZ-WT23) in de omgeving in ontwikkeling die mogelijks zouden worden vergund en gerealiseerd, deze vormen het onderwerp van geplande situatie 2:

- Het **project**: de geplande windturbine KLZ-WT22
- **Referentiesituatie A**: relevante¹ bestaande, vergunde windturbines in de omgeving van het project (**incl.** KLZ-WT19 en **excl.** KLZ-WT11). In deze situatie wordt KLZ-WT19 gebouwd en KLZ-WT11 afgebroken;
- **Referentiesituatie B**: relevante bestaande, vergunde windturbines in de omgeving van het project (**excl.** KLZ-WT19 en **incl.** KLZ-WT11). In deze situatie wordt KLZ-WT19 niet gebouwd en KLZ-WT11 niet afgebroken;
- De **geplande situatie 1A**: cumulatief effect van referentiesituatie A met het project;
- De **geplande situatie 1B**: cumulatief effect van referentiesituatie B met het project;
- De **geplande situatie 2A**: cumulatief effect van referentiesituatie A met het project en de relevante windturbines in ontwikkeling;
- De **geplande situatie 2B**: cumulatief effect van referentiesituatie B met het project en de relevante windturbines in ontwikkeling;

In deze studie wordt gebruik gemaakt van verschillende benamingen om punten in de omgeving van de windturbine aan te duiden. 'Slagschaduwgevoelige objecten' verwijst naar alle gebouwen waarin gewoond of gewerkt wordt binnen de 0-uur slagschaduwcontour van een bepaald scenario. Bij deze gebouwen is de aanwezigheid slagschaduw dus mogelijk. 'Receptoren' verwijst op zijn beurt naar een selectie van gebouwen waarvoor er in deze studie berekeningen/modelleringsen gemaakt zijn. Er zijn bijgevolg meer slagschaduwgevoelige objecten dan receptoren en elke receptor is een object, maar het omgekeerde is niet geldig.

De gedetailleerde slagschaduwmodelleringsen zijn weergegeven in 'Annex B: Gedetailleerde modelleringsen' bij deze slagschaduwstudie.

¹ Conform de interpretatiegids m.e.r.-rubrieken

Tabel 1-1: : Relevante windturbines in de verschillende scenario's.

Naam	Lambert-72 x(m)	Lambert-72 y(m)	Project	Referentiesituatie A	Referentiesituatie B	Geplande Situatie 1A	Geplande Situatie 1B	Geplande Situatie 2A	Geplande Situatie 2B
Project									
KLZ-WT22	107120	204429	X			X	X	X	X
Bestaande en vergunde turbines									
KLZ-WT04	108595	206585		X	X	X	X	X	X
KLZ-WT05	108233	206502		X	X	X	X	X	X
KLZ-WT06	107898	206322		X	X	X	X	X	X
KLZ-WT08	107596	204270		X	X	X	X	X	X
KLZ-WT10	108320	204485		X	X	X	X	X	X
KLZ-WT11	108672	204558			X		X		X
KLZ-WT12	107283	206313		X	X	X	X	X	X
KLZ-WT13	106963	205983		X	X	X	X	X	X
KLZ-WT15	106447	204659		X	X	X	X	X	X
KLZ-WT16	106409	204106		X	X	X	X	X	X
KLZ-WT17	108845	206555		X	X	X	X	X	X
KLZ-WT19	108589	204627		X		X		X	

Naam	Lambert-72 x(m)	Lambert-72 y(m)	Project	Referentiesituatie A	Referentiesituatie B	Geplande Situatie 1A	Geplande Situatie 1B	Geplande Situatie 2A	Geplande Situatie 2B
KLZ-WT20	107601	206186		X	X	X	X	X	X
MXS_WT01	108810	203720		X	X	X	X	X	X
ALB_WT01	108129	203056		X	X	X	X	X	X
CBR_WT01	109199	204660		X	X	X	X	X	X
MOL_WT01	106963	201810		X	X	X	X	X	X
ATS_WT01	107438	201986		X	X	X	X	X	X
NES_WT01	106019	202761		X	X	X	X	X	X
SAM_WT03	111438	207038		X	X	X	X	X	X
SAM_WT04	110414	205130		X	X	X	X	X	X
SAM_WT05	109878	204734		X	X	X	X	X	X
SAM_WT06	109720	205956		X	X	X	X	X	X
SAM_WT07	109509	205446		X	X	X	X	X	X
SAM_WT08	111215	206006		X	X	X	X	X	X
SAM_WT11	110164	205375		X	X	X	X	X	X
MVZ_WT01	109715	202591		X	X	X	X	X	X

Naam	Lambert-72 x(m)	Lambert-72 y(m)	Project	Referentiesituatie A	Referentiesituatie B	Geplande Situatie 1A	Geplande Situatie 1B	Geplande Situatie 2A	Geplande Situatie 2B
MOVZ_WT02	110052	202627		X	X	X	X	X	X
EAM_WT01	110746	208330		X	X	X	X	X	X
EAM_WT02	111134	208423		X	X	X	X	X	X
EAM_WT03	111493	208509		X	X	X	X	X	X
EAM_WT04	111851	208595		X	X	X	X	X	X
EAM_WT05	112214	208658		X	X	X	X	X	X
RHR_WT01	109022	203110		X	X	X	X	X	X
RHR_WT03	108481	202945		X	X	X	X	X	X
RHR_WT02	109082	202694		X	X	X	X	X	X
MVN_WT01	110103	203099		X	X	X	X	X	X
EVE_WT01	106632	206417		X	X	X	X	X	X
EVE_WT02	106491	205925		X	X	X	X	X	X
TEN_WT01	109463	207750		X	X	X	X	X	X

Naam	Lambert-72 x(m)	Lambert-72 y(m)	Project	Referentiesituatie A	Referentiesituatie B	Geplande Situatie 1A	Geplande Situatie 1B	Geplande Situatie 2A	Geplande Situatie 2B
Windturbine in ontwikkeling									
KLZ-WT21	108099	205347						X	X
KLZ-WT23	108781	205627						X	X

2 Wat is slagschaduw en de hinder ervan?

Slagschaduw wordt waargenomen wanneer een draaiende windturbine tussen de zon en de waarnemer staat, zonder dat een obstakel (een boom, een ander huis, een garage, torenflats,...) de slagschaduw verhindert.

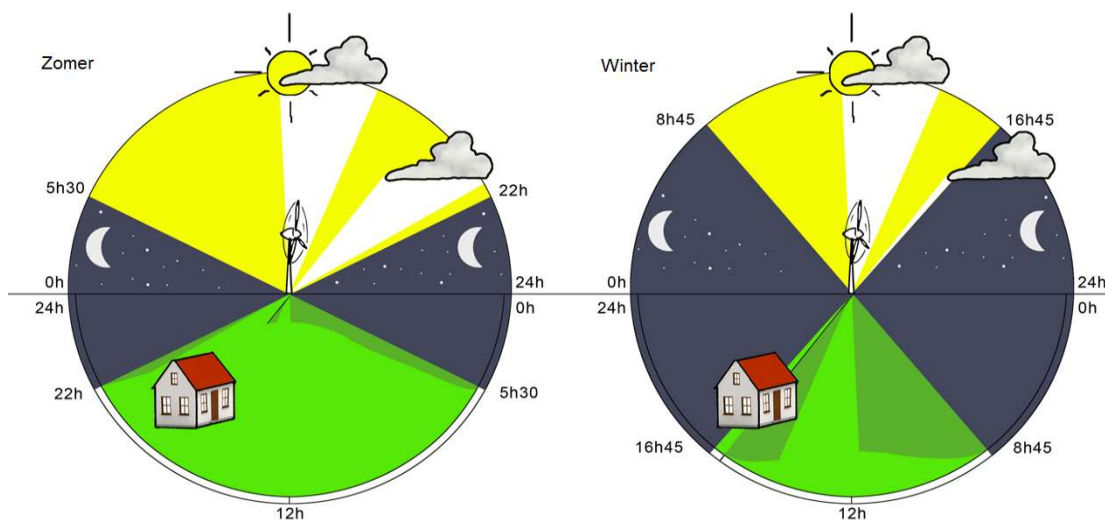
Een wiek van een windturbine zal bij helder en zonnig weer een schaduw werpen op de achterliggende grond. Op bepaalde plaatsen en onder bepaalde omstandigheden kan de slagschaduw op een raam van een gebouw vallen en in die binnenruimte een hinderlijke wisseling van lichtsterktes veroorzaken.

Een slagschaduwgevoelig object wordt door de milieuregelgeving gedefinieerd als een binnenruimte waar slagschaduw van windturbines hinder kan veroorzaken. Het betreft concreet een woning, een kantoorgebouw of elk ander gebouw waarin mensen wonen en/of werken. Als er, met andere woorden, geen hinder kan optreden kan men ook niet spreken van een slagschaduwgevoelig object (bv een magazijn zonder raam, kantoorgebouwen buiten de kantooruren, gesloten technische ruimtes, een woning zonder ramen aan de kant van de windturbine, ...).

De zone waar slagschaduw kan optreden is variabel en hangt af van het seizoen en het moment van de dag. De zone waar slagschaduw kan optreden is typisch groter tijdens de lente- en herfstmaanden en dit gedurende de ochtendperiode en de laatste uren van de dag wanneer de zon laag staat en de schaduwkegel langer wordt.

Sowieso kan geen slagschaduw optreden in een cirkelsegment (van in totaal circa 80°) ten zuiden van de windturbine, gezien de zon nooit in het noorden staat.

Op Figuur 2-1 is te zien dat in de zomer (links) de zon 's middags bijna loodrecht staat boven het aardoppervlak zodat de slagschaduwkegel klein is. Rechts wordt de grotere kegel weergegeven, die typisch is voor de winterperiode. Deze grotere kegel is het gevolg van de zon die dus onder een kleinere hoek staat ten opzichte van het aardoppervlak.



Figuur 2-1: Schaduwkegel in zomer- en winterperiode (resp. links en rechts).

Er zijn enkele componenten van belang om de hinder van slagschaduw te bepalen:

- De wisselfrequentie (ook wel de flimmerfrequentie genoemd). Uit onderzoek is gebleken dat het de hinder het grootst is bij flinkeringen met een frequentie van 2,5 tot 14 keer per seconde². Er kunnen verschijnselen als zeeziekte optreden en bij mensen die hiervoor gevoelig zijn, kan een epileptische aanval optreden. Deze frequentie wordt bij moderne windturbines niet gehaald, waardoor deze component niet van belang is bij het mogelijke hindereffect en waardoor ook voornoemde negatieve gezondheidseffecten niet worden verwacht. Het volle vermogen van een windturbine met een gemiddelde rotordiameter van 130 m, wordt gehaald bij een snelheid van ongeveer 10 omwentelingen per minuut⁴. Dit betekent voor een windturbine met drie bladen een flimmerfrequentie van 30 per minuut of 0,5 keer per seconde. De windturbine van het project heeft een grotere rotordiameter waardoor de frequentie hoogstwaarschijnlijk gelijk of nog lager zal zijn. De frequenties door rotatie van de windturbinebladen voor de zon liggen dus veel lager dan de frequentie die gezondheidshinder kan veroorzaken.
- de duur en het moment van de slagschaduw
- de afstand van de windturbines tot de gevoelige objecten, bij grotere afstanden is er minder hinder, doordat de wiek dan niet de hele zonneschijf kan verbergen.

² bron: www.gezondheid.be

3 Juridisch kader

De VLAREM regelgeving (VLAREM II, Afdeling 5.20.6.) vormt actueel het normenkader. In deze regelgeving worden volgende definities aangehouden:

- **Verwachte slagschaduw:** Het aantal uren slagschaduw dat aan de hand van de correcties met klimatologische maandnormalen verwacht mag worden.
- **Effectieve slagschaduw:** Het aantal uur slagschaduw dat effectief ter hoogte van een relevant slagschaduwgevoelig object opgetreden is, bepaald op basis van metingen of bepaald uit het logboek van de windturbines.
- **Slagschaduwgevoelig object:** een binnenruimte waar slagschaduw van windturbines hinder kan veroorzaken.

Als er, met andere woorden, geen hinder kan optreden kan men ook niet spreken van een slagschaduwgevoelig object (bv een magazijn, kantoorgebouwen buiten de kantooruren, gesloten technische ruimtes, een woning zonder ramen uitkijkend op de windturbines....).

De krachtlijnen van de VLAREM II-voorwaarden inzake slagschaduw zijn de volgende:

1. als een slagschaduwgevoelig object zich bevindt binnen de contour van vier uur verwachte slagschaduw per jaar van de windturbine, wordt de windturbine uitgerust met een automatische stilstand module.
2. de exploitant houdt een logboek bij per windturbine. Dat logboek vermeldt de nodige gegevens om de effectieve slagschaduw voor elk relevant slagschaduwgevoelig object binnen de contour van vier uur verwachte slagschaduw per jaar te bepalen. In het logboek worden voor elk relevant slagschaduwgevoelig object binnen de contour van vier uur verwachte slagschaduw per kalenderjaar volgende gegevens bijgehouden:
 1. de lijst van alle relevante slagschaduwgevoelige objecten met hun respectievelijke Lambertcoördinaten;
 2. een slagschaduwkalender voor elk relevant slagschaduwgevoelig object in tabelvorm waarin de astronomisch maximaal mogelijke slagschaduwduur voor elke windturbine wordt weergegeven.
3. de exploitant stelt minstens de eerste twee exploitatiejaren een controlerapport op, op basis van de gegevens vermeld in lid 1 en 2. Dat rapport vermeldt tenminste hoeveel effectieve slagschaduw elk relevant slagschaduwgevoelig object binnen de contour van vier uur verwachte slagschaduw per jaar heeft getroffen en welke remediërende maatregelen eventueel zijn genomen.
4. tenzij anders vermeld in de milieuvergunning, geldt voor elk relevant slagschaduwgevoelig object:
 - een maximum van 30 uur effectieve slagschaduw per jaar, met een maximum van dertig minuten effectieve slagschaduw per dag voor objecten in industriegebied (met uitz. van woningen)
 - een maximum van 8 uur effectieve slagschaduw per jaar, met een maximum van dertig minuten effectieve slagschaduw per dag voor objecten in andere gebieden en alle woningen.

4 Methodologie

Om het effect van de windturbine op vlak van slagschaduw te bepalen, wordt een slagschaduwmodellering uitgevoerd conform de voorwaarden opgenomen in het addendum R20.1.6 van het omgevingsvergunningsbesluit. Naast de locatie van de Windturbine zijn ook de afmetingen van de windturbine van belang voor de berekeningen.

De exacte afmetingen van de geplande windturbine is echter nog niet gekend. Daarom wordt in voorliggende nota telkens een worst-case windturbine gemodelleerd, met een maximale tiphoogte en rotordiameter. De maximale tiphoogte bedraagt 285m (geen bovengrondse sokkel). De maximale rotordiameter bedraagt 175 meter.

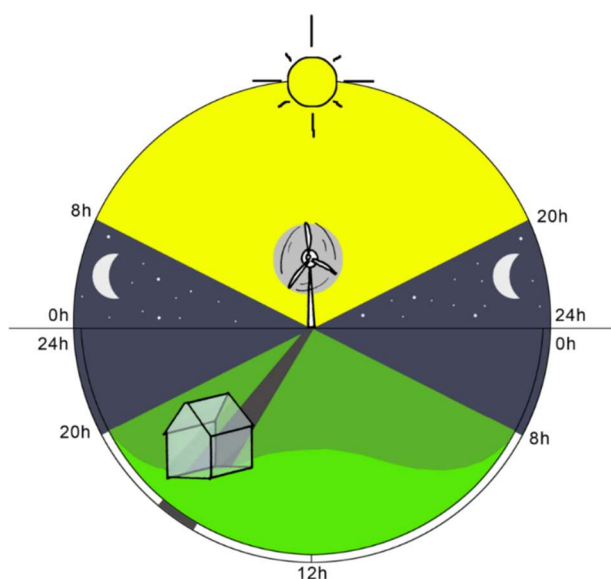
4.1 Slagschaduwbepaling

4.1.1 Astronomisch maximum

De berekening van het astronomisch maximum is nuttig om na te gaan op welke momenten en hoe lang slagschaduw zou kunnen optreden. Bij de bepaling van het astronomisch maximum van de slagschaduw worden volgende aannames gebruikt:

- **Zonneschijn:** De zon schijnt altijd van zodra ze op is en blijft schijnen tot ze onder is en wordt niet belemmerd door wolken.
- **Windsnelheid:** Er is steeds voldoende wind zodat de windturbine altijd draait. Ze stopt nooit wegens windstil, onderhoud of een andere reden.
- **Windrichting:** De wind komt steeds uit dezelfde richting als de zon (O->Z->W) waardoor de rotor steeds loodrecht op de zon staat. Dit resulteert in een maximale slagschaduw. Er wordt geen correctie doorgevoerd voor de werkelijke windrichting.
- **Locatie ramen van het object:** Het object wordt beschouwd als een serre met in elke gevel een raam op 1 m boven het maaiveld van 2 m hoog en 5 m breed. In de huidige milieuwetgeving wordt een huis dat als serre beschouwd wordt, omschreven als een "greenhouse". Dit begrip zal verder zo in dit document gebruikt worden.
- **Oriëntatie ramen van het object:** Elke glaspartij is steeds gericht naar de zon (object ontvangt licht uit alle richtingen).
- **Obstakels:** Er zijn geen obstakels (noch natuurelementen, noch andere gebouwen) die zorgen voor een permanente schaduw en op die manier slagschaduw verhinderen.

Figuur 4-1 illustreert de aannames voor de bepaling van het astronomisch maximum voor een dag (0h tot 24h).



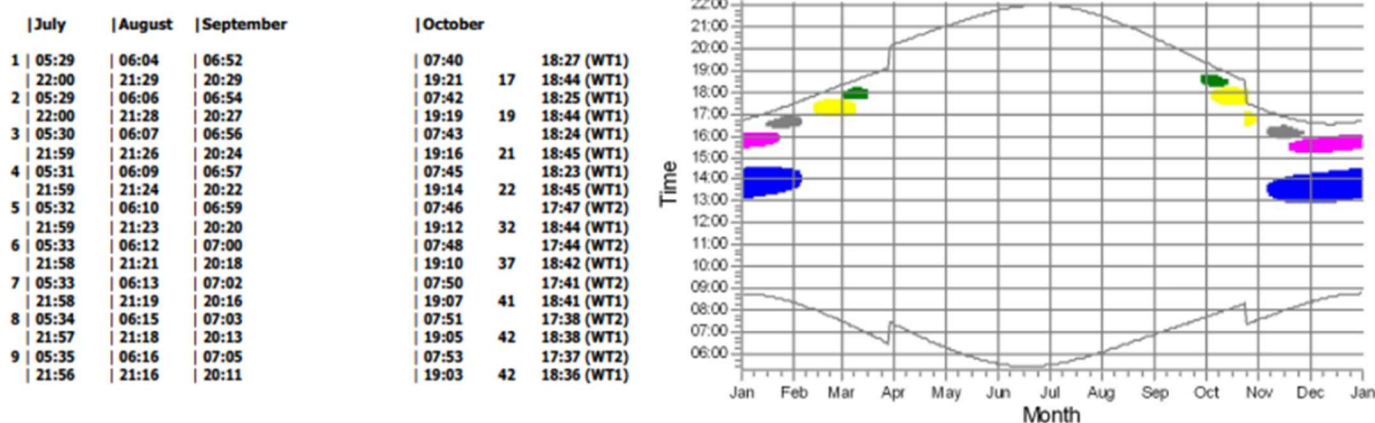
Figuur 4-1: Illustratie van het astronomisch maximum.

Deze aannames schetsen een **hypothetische worst-case situatie** zowel op meteorologisch vlak als op vlak van het object zelf. Het komt immers niet voor dat in elk huis of kantoorgebouw op elk moment van de dag een raam gericht is naar de windturbine.

De resultaten van de berekeningen worden weergegeven in een slagschaduwkalender (zie Figuur 4-2). Deze kalender geeft weer wanneer in het jaar en op welk moment tijdens de dag slagschaduw **in theorie** zou kunnen optreden ter hoogte van een bepaalde receptor. Op alle andere momenten kan sowieso geen slagschaduw optreden.

Er wordt een onderscheid gemaakt tussen slagschaduwkalenders van een (slagschaduwgevoelig) object en slagschaduwkalenders van een windturbine. Beide slagschaduwkalenders kunnen zowel numeriek als grafisch weergegeven worden.

- De **slagschaduwkalender van een object** geeft aan wanneer (datum en uur) er ter hoogte van het object in theorie slagschaduw zou kunnen optreden en van welke windturbine deze slagschaduw op dat ogenblik afkomstig is.
- De **slagschaduwkalender van een windturbine** geeft aan wanneer (datum en uur) deze windturbine in theorie slagschaduw kan veroorzaken op (minstens) één van de geselecteerde representatieve slagschaduwgevoelige objecten.



Figuur 4-2: Voorbeeld van een slagschaduwkalender van een receptor (Elk kleur stelt slagschaduw voor van een bepaalde windturbine op een gegeven moment).

In werkelijkheid treedt slagschaduw pas op tijdens die momenten waarop alle omstandigheden goed zitten. Dus wanneer bovenstaande aannames opgaan voor alle parameters (zonneshijn, windsnelheid, windrichting, locatie en oriëntatie van de ramen, obstakels). **Daarom zal het astronomisch maximum een overschatting zijn van de werkelijke verwachte slagschaduwduur.**

4.1.2 Verwachte slagschaduwduur voor representatieve greenhouse objecten

De bepaling van de te verwachten slagschaduw voor representatieve greenhouse objecten is een **conservatieve benadering van de realiteit**. Hierbij worden volgende aannames gebruikt:

- **Zonneshijn:** De zon wordt af en toe belemmerd door wolken en schijnt dus niet elke dag van zonsopgang tot zonsondergang.
- **Windsnelheid:** De windturbine draait vaak, maar niet bij windstille periodes.
- **Windrichting:** De windrichting is variabel en de rotor staat steeds loodrecht op de windrichting. Hierdoor staat de rotor niet steeds loodrecht op de zon.
- **Locatie ramen van het object:** Het object wordt nog steeds beschouwd als een serre ("greenhouse") met in elke gevel een raam op 1 m boven het maaiveld van 2 m hoog en 5 m breed.
- **Oriëntatie ramen van het object:** Elke glaspartij is nog steeds gericht naar de zon (object ontvangt licht uit alle richtingen).

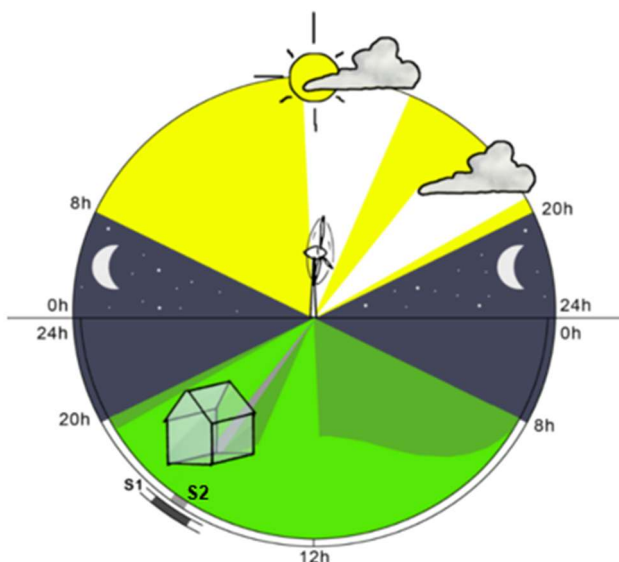
- **Obstakels:** Er zijn nog steeds geen obstakels (noch natuurelementen noch andere gebouwen) die zorgen voor permanente schaduw en op die manier slagschaduw verhinderen.

Deze methode is een conservatieve benadering van de realiteit. De normale gemiddelde meteorologische omstandigheden (bewolking, variabele windsnelheid en -richting) worden dus in rekening gebracht, maar het object is nog steeds theoretisch (locatie en oriëntatie van de ramen), net als de omgeving (vrij van obstakels zoals gebouwen of vegetatie).

Rekening houdend met normale omstandigheden voor zonneschijn, windsnelheid en windrichting, bedraagt de **verwachte slagschaduw voor een greenhouse slechts 10% tot 20% van de resultaten weergegeven in de slagschaduwkalenders** (het astronomisch maximum). Bovendien is dit nog steeds een overschatting van de werkelijkheid omwille van de conservatieve aannames voor het (onrealistische) object en de (lege) omgeving.

De resultaten van de berekening van de verwachte slagschaduwduur kunnen eveneens weergegeven worden op slagschaduwkalenders.

Figuur 4-3 illustreert dat de verwachte slagschaduw (aangeduid door S2 op de figuur) voor een greenhouse veel kleiner is dan het astronomisch maximum (aangeduid als S1 op de figuur) door het in rekening brengen van normale meteorologische omstandigheden (bewolking, variabele windsnelheid en -richting).



Figuur 4-3: Illustratie van de verwachte slagschaduw voor een greenhouse met een bewolkte hemel.

4.2 Slagschaduwmodelleringen

Het is gangbaar om slagschaduw slechts te beschouwen tot zonnehoeken groter dan 3° ten opzichte van de horizon³. Bij een lagere stand van de zon is het zonlicht immers te zwak en wordt er veel zonlicht afgeschermd door vegetatie en gebouwen. Rekening houdende met een maximale tiphoogte van 285 m voor de geplande windturbine in onderhavig project, kan het studiegebied bijgevolg bepaald worden door een circa 5,4 km straal rond het projectgebied te beschouwen.

³ Standaard instelling in WindPro.

De slagschaduwcontouren (slagschaduw per jaar in uur) zullen bepaald worden binnen dit studiegebied. Dit zal gebeuren ter hoogte van geselecteerde representatieve⁴ relevante schaduwgevoelige objecten (of receptoren). In voorliggende nota wordt een selectie van 18 relevante receptoren beschouwd, voor dewelke de slagschaduwberekeningen uitgevoerd worden en slagschaduwkalenders opgesteld worden. Deze receptoren zijn slechts een selectie van alle relevante slagschaduwgevoelige objecten in het studiegebied. Deze receptoren werden geïdentificeerd op basis van luchtfoto's en berekende slagschaduwcontouren (isocontour van 0 en 4 uren verwachte slagschaduw van de geplande windturbine). Deze selectie receptoren geeft reeds een goed beeld van de slagschaduwimpact van de geplande windturbine. De geselecteerde representatieve receptoren worden weergegeven in Tabel 4-1 (zie ook Figuur 4-4). Tevens wordt per receptor aangeduid of het gaat over een woning of een ander type van gebouw⁵, al dan niet gelegen in industriegebied.

Tabel 4-1: Gegevens van de geselecteerde representatieve receptoren in functie van de slagschaduwberekeningen.

Receptor ID	Lambert 72 coördinaten		Omschrijving	Functie
	X (m)	Y (m)		
1	105652	205146	Hof van Cluysen 7, 9940 Evergem	Woning
2	105956	205461	Hoogstraat 38, 9940 Evergem	Woning
3	106439	205375	Hoogstraat 54, 9940 Evergem	Woning
4	106832	205016	Pachtgoederen 2, 9940 Evergem	Bedrijf
5	107261	205250	Pachtgoederen 2, 9940 Evergem	Bedrijf
6	107778	205604	James Cookstraat 10, 9042 Gent	Bedrijf
7	107822	206713	Speidamstraat 58, 9940 Evergem	Woning
8	108356	204785	Vasco da Gamalaan 1, 9042	Bedrijf
9	108776	205017	Willem van Rubroeckstraat 26, 9042 Gent	Bedrijf
10	108680	204307	Terdonkkaai 8, 9042 Gent	Woning
11	108667	203582	Moervaartkaai 15, 9042	Bedrijf
12	107941	203993	Doornzele Dries 107, 9940 Evergem	Woning
13	106203	203636	Noorwegenstraat 39, 9940 Evergem	Bedrijf
14	105060	203214	Kramershoek 57, 9940 Evergem	Woning
15	105555	203706	Renaat de Rudderstraat 35, 9940 Evergem	Woning
16	105749	203857	Hageland 41, 9940 Evergem	Woning
17	105476	204082	Wippelgem Eindeken 16, 9940 Evergem	Woning
18	106749	204616	Pachtgoederen 1, 9940 Evergem	Bedrijf

⁴ Conform VLAREM-verplichtingen voor vergunningsaanvragen

⁵ Deze bepaling werd uitgevoerd op basis van luchtfoto's. Op basis van luchtfoto's kan niet gegarandeerd worden of de bepaling van het type gebouw volledig juist is. Een verfijning in een latere fase, kan hier meer duidelijkheid in brengen.

De isocontouren van de verwachte slagschaduw per jaar worden berekend met behulp van het rekenmodel WindPRO. De isocontourenkaart voor de verwachte slagschaduw wordt binnen dit rekenmodel opgemaakt via een berekening op een raster. In WindPRO is gekozen voor de resolutie 'Coarse'⁶. Het model berekent de verwachte slagschaduw naar de onmiddellijke omgeving waarbij met diverse invloeden rekening wordt gehouden:

- **Technische specificaties windturbines:** Het exacte type windturbine dat door de initiatienemer zal gebouwd worden, is momenteel nog niet gekend. Voor de berekening van de slagschaduwimpact wordt uitgegaan van een maximale tiphoogte van 285 m en een maximale rotordiameter van «MaximaleRotor»75 m. De ashoogte wordt uit deze waarden afgeleid⁷. De gegevens van de verschillende voor slagschaduw relevante windturbines zijn weergegeven in Tabel 2-5 in de lokalisatienota. Welke windturbine meegenomen is in welk scenario is weergegeven in tabel 1-1.
- **Zonneschijnstatistieken:** De zon schijnt van zodra ze op is en blijft schijnen tot ze onder is, maar er zijn ook bewolkte periodes. Er werd uitgegaan van data van het KMI over een periode van 1991 t.e.m. 2020 (NIS 44019) voor de gemeente Evergem.
- **Windstatistieken:** De windturbine draait vaak, maar er zijn ook windstille periodes. Daarnaast draait de gondel met de wind mee. Voor de bepaling van het aantal draaiuren van een windturbine per windrichtingsector is uitgegaan van de windstatistieken o.b.v. de data van KNMI over een periode van 1999 t.e.m. 2018 op Lambert-72(m) coördinaat x: 107.059 y: 205.173.
- **Receptoren:** Volgende assumpties zijn van toepassing:
 - Het object wordt beschouwd als een greenhouse;
 - Elke glaspartij is steeds gericht naar de zon;
 - Er zijn geen obstakels (noch natuurelementen, noch gebouwen of andere structuren) die zorgen voor permanente schaduw.

Door de meteorologische omstandigheden (zonneschijn, windsnelheid en windrichting) in rekening te brengen zoals hierboven opgelijst, wordt de te verwachten slagschaduw beperkt. Ook in realiteit wordt de zonneschijnduur immers beperkt door bewolking, is de windsnelheid niet steeds voldoende of soms te hoog om de windturbine te laten draaien, en veroorzaakt de specifieke stand van de rotor – als gevolg van de heersende windrichting – mogelijks geen slagschaduw op het bewuste object.

Deze methode is nog steeds een conservatieve benadering van de realiteit. De normale meteorologische omstandigheden (bewolking, variabele windsnelheid en -richting) worden weliswaar in rekening gebracht, maar het object blijft echter theoretisch (elk huis wordt immers als een serre beschouwd waarbij de glaspartij altijd gericht is naar de (bewegende) zon, net als de omgeving (die als volledig vrij van obstakels, zoals gebouwen of vegetatie, wordt beschouwd). Rekening houdend met normale omstandigheden voor zonneschijn, windsnelheid en windrichting zijn de aannames voor een serre (greenhouse object) en hun omgeving ('leeg') nog steeds zeer conservatief.

Naast de slagschaduwkaarten (met isocontouren van 4, 8, 16, ... uur verwachte slagschaduw per jaar) zullen ook gedetailleerde slagschaduwkalenders worden opgemaakt. Ter hoogte van representatieve relevante slagschaduwgevoelige woningen of gebouwen zal naast de slagschaduw per jaar (in uur) ook de maximale slagschaduw die zich zou kunnen voordoen op een bepaalde dag in een volledig jaar (in minuten) berekend worden.

De resultaten worden getoetst aan de vigerende VLAREM II-normen.

⁶ Er zijn 3 instellingen mogelijk in WindPRO: 'coarse' (grof), 'normal' en 'fine' (gedetailleerd). Bij de opmaak van het model werd er gerekend met de standaardinstelling "coarse".

⁷ In dit geval bedraagt de berekende ashoogte (voor de slagschaduwberekeningen): $285 - 175/2 = 197,5$ meter. De gebouwde windturbine kan een andere (hogere of lagere) ashoogte hebben, maar de hier gehanteerde waarden voor (de combinatie van) tiphoogte, rotordiameter en ashoogte vormt het worst-case scenario voor slagschaduw.

5 Resultaten

Voor de slagschaduwberekeningen voor het project, referentiesituatie A, referentiesituatie B, de geplande situatie 1A, geplande situatie 1B, geplande situatie 2A en geplande situatie 2B wordt uitgegaan van de aannames besproken in §4.2.

De resultaten van de slagschaduwberekening van de verwachte slagschaduw per dag voor het project, referentiesituatie A, geplande situatie 1A en de geplande situatie 2A wordt weergegeven in Tabel 5-1. Analooch is er Tabel 5-2 met de berekening voor het project, referentiesituatie B, geplande situatie 1B en geplande situatie 2B.

De verwachte slagschaduw per jaar is weergegeven in Tabel 5-3 en Tabel 5-4. Respectievelijk tonen ze de verwachte slagschaduwuren voor: Tabel 5-3: het project, referentiesituatie A, geplande situatie 1A, geplande situatie 2A; Tabel 5-4: het project, referentiesituatie B, geplande situatie 1B en geplande situatie 2B.

Een groene kleur geeft aan waar er geen overschrijding van de slagschaduwnorm zal zijn voor een bepaalde receptor. Een rode kleur geeft aan waar er mogelijk een overschrijding is van de slagschaduwnorm voor een bepaalde receptor. In dat geval zijn milderende maatregelen nodig. De gedetailleerde resultaten (incl. slagschaduwkalenders) zijn terug te vinden in Annex B: Gedetailleerde modelleringen.

De referentiesituatie A en B wordt niet in detail beschreven maar afgaande op onderstaande tabellen (Tabel 5-1, Tabel 5-2, Tabel 5-3, Tabel 5-4) kan opgemaakt worden dat er reeds slagschaduw waarneembaar is. Deze bestaande en vergunde windturbines zijn ook operationeel conform de VLAREM-wetgeving waardoor de werkelijke slagschaduwduur per receptor beperkt blijft.

Tabel 5-1: Berekende slagschaduwduur (**dagelijks maximum in uren**) voor het project, referentiesituatie A en geplande situatie 1A en 2A..

Maximum slagschaduw (uren per dag)									
ID	Lambert 72 coördinaten		Adres	Functie	Project	Referentie A	Geplande situatie 1 A	Geplande situatie 2 A	Cumulatief effect na maatregelen
	X (m)	Y (m)							
1	105652	205146	Hof van Cluysen 7, 9940 Evergem	Woning	0:26	0:28	0:43	0:43	0:30
2	105956	205461	Hoogstraat 38, 9940 Evergem	Woning	0:28	0:30	0:34	0:34	0:30
3	106439	205375	Hoogstraat 54, 9940 Evergem	Woning	0:38	0:18	0:50	0:50	0:30
4	106832	205016	Pachtgoederen 2, 9940 Evergem	Bedrijf	1:04	0:54	1:56	1:56	0:30
5	107261	205250	Pachtgoederen 2, 9940 Evergem	Bedrijf	0:51	0:40	0:55	1:19	0:30
6	107778	205604	James Cookstraat 10, 9042 Gent	Bedrijf	0:26	0:34	1:00	1:41	0:30
7	107822	206713	Speidamstraat 58, 9940 Evergem	Woning	0:00	2:07	2:07	2:35	0:30
8	108356	204785	Vasco da Gamalaan 1, 9042	Bedrijf	0:32	3:03	3:03	3:03	0:30
9	108776	205017	Willem van Rubroeckstraat 26, 9042 Gent	Bedrijf	0:23	2:25	2:31	2:31	0:30
10	108680	204307	Terdonkkaai 8, 9042 Gent	Woning	0:26	0:43	0:43	0:43	0:30
11	108667	203582	Moervaartkaai 15, 9042	Bedrijf	0:26	2:07	2:07	2:07	0:30
12	107941	203993	Doornzele Dries 107, 9940 Evergem	Woning	0:40	0:42	1:16	1:16	0:30
13	106203	203636	Noorwegenstraat 39, 9940 Evergem	Bedrijf	0:00	0:17	0:17	0:17	0:17
14	105060	203214	Kramershoek 57, 9940 Evergem	Woning	0:19	0:28	0:28	0:28	0:28
15	105555	203706	Renaat de Rudderstraat 35, 9940 Evergem	Woning	0:26	0:29	0:30	0:36	0:30
16	105749	203857	Hageland 41, 9940 Evergem	Woning	0:30	0:38	0:40	0:45	0:30
17	105476	204082	Wippelgem Eindeken 16, 9940 Evergem	Woning	0:25	0:30	0:30	0:30	0:30
18	106749	204616	Pachtgoederen 1, 9940 Evergem	Bedrijf	1:29	1:28	1:55	1:55	0:30

Tabel 5-2: Berekende slagschaduwduur (**dagelijks maximum in uren**) voor het project, referentiesituatie B en geplande situatie 1B en 2B.

Maximum slagschaduw (uren per dag)									
ID	Lambert 72 coördinaten		Adres	Functie	Project	Referentie B	Geplande situatie 1 B	Geplande situatie 2 B	Cumulatief effect na maatregelen
	X (m)	Y (m)							
1	105652	205146	Hof van Cluysen 7, 9940 Evergem	Woning	0:26	0:28	0:43	0:43	0:30
2	105956	205461	Hoogstraat 38, 9940 Evergem	Woning	0:28	0:30	0:34	0:34	0:30
3	106439	205375	Hoogstraat 54, 9940 Evergem	Woning	0:38	0:15	0:50	0:50	0:30
4	106832	205016	Pachtgoederen 2, 9940 Evergem	Bedrijf	1:04	0:54	1:56	1:56	0:30
5	107261	205250	Pachtgoederen 2, 9940 Evergem	Bedrijf	0:51	0:40	0:55	1:19	0:30
6	107778	205604	James Cookstraat 10, 9042 Gent	Bedrijf	0:26	0:34	0:34	1:41	0:30
7	107822	206713	Speidamstraat 58, 9940 Evergem	Woning	0:00	2:07	2:07	2:35	0:30
8	108356	204785	Vasco da Gamalaan 1, 9042	Bedrijf	0:32	1:21	1:21	1:21	0:30
9	108776	205017	Willem van Rubroeckstraat 26, 9042 Gent	Bedrijf	0:23	1:15	1:35	1:35	0:30
10	108680	204307	Terdonkkaai 8, 9042 Gent	Woning	0:26	0:43	0:43	0:43	0:30
11	108667	203582	Moervaartkaai 15, 9042	Bedrijf	0:26	2:07	2:07	2:07	0:30
12	107941	203993	Doornzele Dries 107, 9940 Evergem	Woning	0:40	0:42	1:16	1:16	0:30
13	106203	203636	Noorwegenstraat 39, 9940 Evergem	Bedrijf	0:00	0:14	0:14	0:14	0:14
14	105060	203214	Kramershoek 57, 9940 Evergem	Woning	0:19	0:28	0:28	0:28	0:28
15	105555	203706	Renaat de Rudderstraat 35, 9940 Evergem	Woning	0:26	0:29	0:30	0:36	0:30
16	105749	203857	Hageland 41, 9940 Evergem	Woning	0:30	0:38	0:40	0:45	0:30
17	105476	204082	Wippelgem Eindeken 16, 9940 Evergem	Woning	0:25	0:30	0:30	0:30	0:30
18	106749	204616	Pachtgoederen 1, 9940 Evergem	Bedrijf	1:29	1:28	1:55	1:55	0:30

Tabel 5-3: Berekende slagschaduwduur (**verwacht jaartotaal in uren**) voor het project, referentiesituatie A en geplande situatie 1A en 2A.

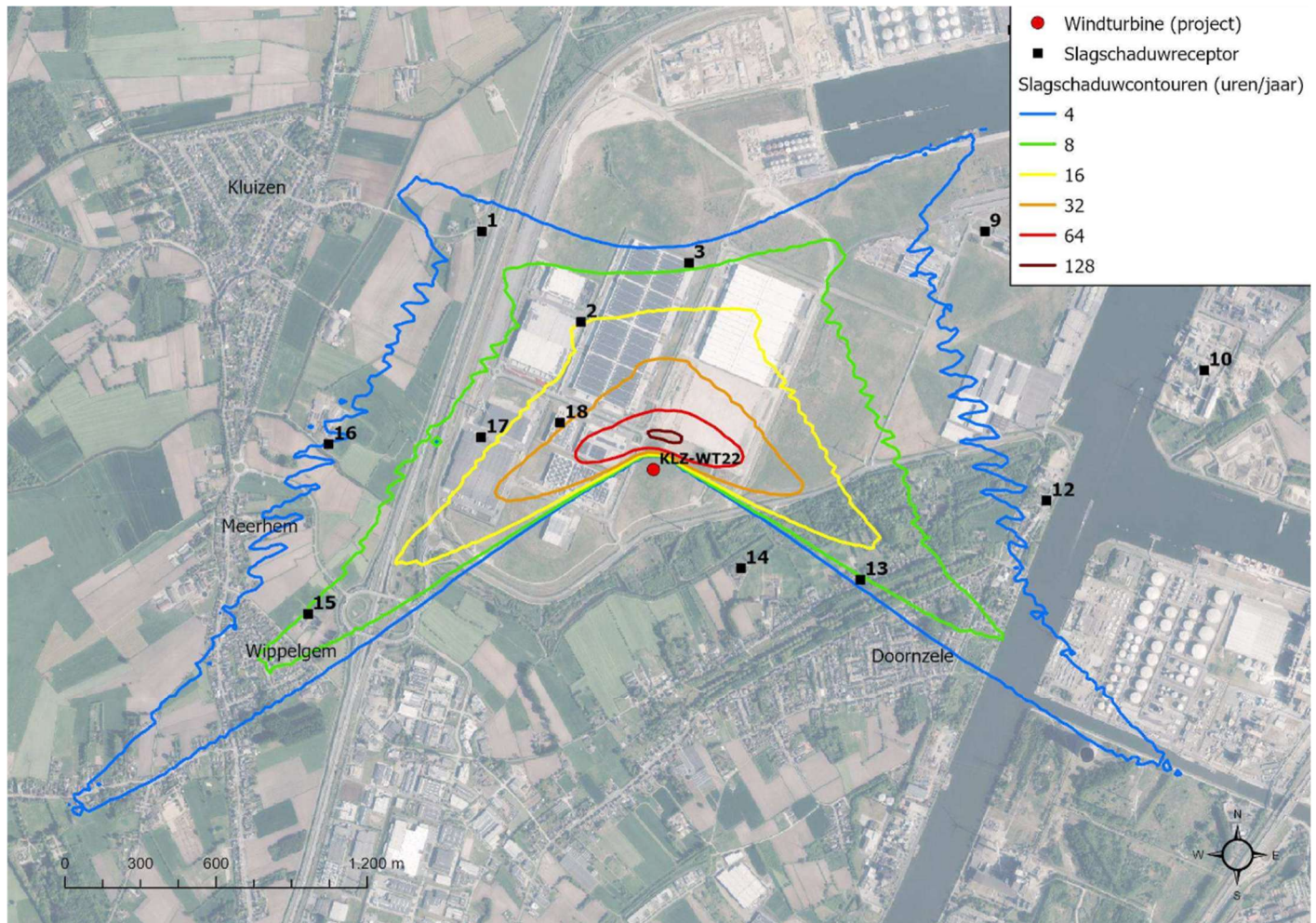
Verwachte slagschaduw (uren per jaar)									
ID	Lambert 72 coördinaten		Adres	Functie	Project	Referentie A	Geplande situatie 1 A	Geplande situatie 2 A	Cumulatief effect na maatregelen
	X (m)	Y (m)							
1	105652	205146	Hof van Cluysen 7, 9940 Evergem	Woning	2,10	7,95	9,85	11,50	8,00
2	105956	205461	Hoogstraat 38, 9940 Evergem	Woning	2,62	12,98	15,57	17,70	8,00
3	106439	205375	Hoogstraat 54, 9940 Evergem	Woning	6,02	4,85	10,77	14,68	8,00
4	106832	205016	Pachtgoederen 2, 9940 Evergem	Bedrijf	16,32	15,75	31,80	39,03	30,00
5	107261	205250	Pachtgoederen 2, 9940 Evergem	Bedrijf	7,08	8,93	15,92	33,20	30,00
6	107778	205604	James Cookstraat 10, 9042 Gent	Bedrijf	2,23	21,05	23,27	59,67	30,00
7	107822	206713	Speidamstraat 58, 9940 Evergem	Woning	0,00	47,83	47,87	52,23	8,00
8	108356	204785	Vasco da Gamalaan 1, 9042	Bedrijf	4,17	92,05	96,22	96,30	30,00
9	108776	205017	Willem van Rubroeckstraat 26, 9042 Gent	Bedrijf	2,20	68,67	70,88	84,82	30,00
10	108680	204307	Terdonkkaai 8, 9042 Gent	Woning	3,33	17,08	20,38	20,40	8,00
11	108667	203582	Moervaartkaai 15, 9042	Bedrijf	6,32	35,28	41,45	41,48	30,00
12	107941	203993	Doornzele Dries 107, 9940 Evergem	Woning	7,15	21,68	28,73	28,77	8,00
13	106203	203636	Noorwegenstraat 39, 9940 Evergem	Bedrijf	0,00	3,18	3,18	3,18	3,18
14	105060	203214	Kramershoek 57, 9940 Evergem	Woning	4,83	5,40	9,42	9,43	8,00
15	105555	203706	Renaat de Rudderstraat 35, 9940 Evergem	Woning	8,03	10,97	11,58	14,25	8,00
16	105749	203857	Hageland 41, 9940 Evergem	Woning	9,62	14,75	16,87	20,30	8,00
17	105476	204082	Wippelgem Eindeken 16, 9940 Evergem	Woning	3,60	10,43	13,93	15,12	8,00
18	106749	204616	Pachtgoederen 1, 9940 Evergem	Bedrijf	30,53	55,73	85,85	96,15	30,00

Tabel 5-4: Berekende slagschaduwduur (verwacht jaartotaal in uren) voor het project, referentiesituatie B en geplande situatie 1B en 2B.

Verwachte slagschaduw (uren per jaar)									
ID	Lambert 72 coördinaten		Adres	Functie	Project	Referentie B	Geplande situatie 1 B	Geplande situatie 2 B	Cumulatief effect na maatregelen
	X (m)	Y (m)							
1	105652	205146	Hof van Cluysen 7, 9940 Evergem	Woning	2,10	7,62	9,52	11,17	8,00
2	105956	205461	Hoogstraat 38, 9940 Evergem	Woning	2,62	12,55	15,13	17,27	8,00
3	106439	205375	Hoogstraat 54, 9940 Evergem	Woning	6,02	4,07	9,98	13,90	8,00
4	106832	205016	Pachtgoederen 2, 9940 Evergem	Bedrijf	16,32	14,32	30,38	37,62	30,00
5	107261	205250	Pachtgoederen 2, 9940 Evergem	Bedrijf	7,08	6,82	13,80	31,10	30,00
6	107778	205604	James Cookstraat 10, 9042 Gent	Bedrijf	2,23	16,50	18,72	55,13	30,00
7	107822	206713	Speidamstraat 58, 9940 Evergem	Woning	0,00	47,87	47,88	52,25	8,00
8	108356	204785	Vasco da Gamalaan 1, 9042	Bedrijf	4,17	43,90	48,03	48,08	30,00
9	108776	205017	Willem van Rubroekstraat 26, 9042 Gent	Bedrijf	2,20	35,32	37,50	51,42	30,00
10	108680	204307	Terdonkkaai 8, 9042 Gent	Woning	3,33	17,08	20,38	20,40	8,00
11	108667	203582	Moervaartkaai 15, 9042	Bedrijf	6,32	35,32	41,47	41,52	30,00
12	107941	203993	Doornzele Dries 107, 9940 Evergem	Woning	7,15	21,68	28,75	28,77	8,00
13	106203	203636	Noorwegenstraat 39, 9940 Evergem	Bedrijf	0,00	2,30	2,30	2,30	2,30
14	105060	203214	Kramershoek 57, 9940 Evergem	Woning	4,83	5,22	9,25	9,25	8,00
15	105555	203706	Renaat de Rudderstraat 35, 9940 Evergem	Woning	8,03	10,58	11,18	13,85	8,00
16	105749	203857	Hageland 41, 9940 Evergem	Woning	9,62	14,18	16,32	19,75	8,00
17	105476	204082	Wippelgem Eindeken 16, 9940 Evergem	Woning	3,60	10,12	13,67	14,83	8,00
18	106749	204616	Pachtgoederen 1, 9940 Evergem	Bedrijf	30,53	54,65	84,73	95,05	30,00

5.1 Het project

Figuur 5- 1 geeft de isocontouren weer voor de verwachte slagschaduwduur van het project (indien er geen afregeling zou zijn van de windturbine).



Figuur 5- 1 : Isocontouren voor de verwachte slagschaduw (uren per jaar) van het project, vóór het nemen van milderende maatregelen.

Om een duidelijk zicht te hebben van de verwachte slagschaduw van het project wordt het project eerst los gezien van de context. Er wordt dus nog niet gekeken naar de verwachte slagschaduw die afkomstig is van bestaande, vergunde noch in ontwikkeling zijnde windturbines.

Enkele van de geselecteerde receptoren zullen geen slagschaduw ondervinden van het project. Receptor 7 is gelegen aan de rand van het woongebied Rieme. De woningen in dit woongebied liggen voldoende noordelijk om geen slagschaduw van het project te kunnen ondervinden. In het zuiden staat de zon immers op haar hoogste punt waardoor slagschaduw minder ver reikt. Receptor 13 is gelegen aan de rand van het bedrijventpark ten westen van Doornzele. Het industriegebied is op zijn beurt voldoende ten zuiden van het project gelegen zodat het geen slagschaduw van het project kan ontvangen. De zon staat namelijk nooit in het noorden.

Zonder toepassing van een automatische stilstandsmodule is er mogelijk een overschrijding van de jaarnorm (maximaal 8u voor woningen en 30 u voor gebouwen in industriegebied uitgezonderd woningen) ter hoogte van enkele receptoren:

- Receptor 15: de woningen in het noordoosten van het woongebied Wippelgem;
- Receptor 18: het bedrijfsgebouw ten noordwesten van de turbine van het project.

De dagnorm (maximaal 30 min) voor slagschaduw kan ter hoogte van 6 geselecteerde receptoren overschreden worden:

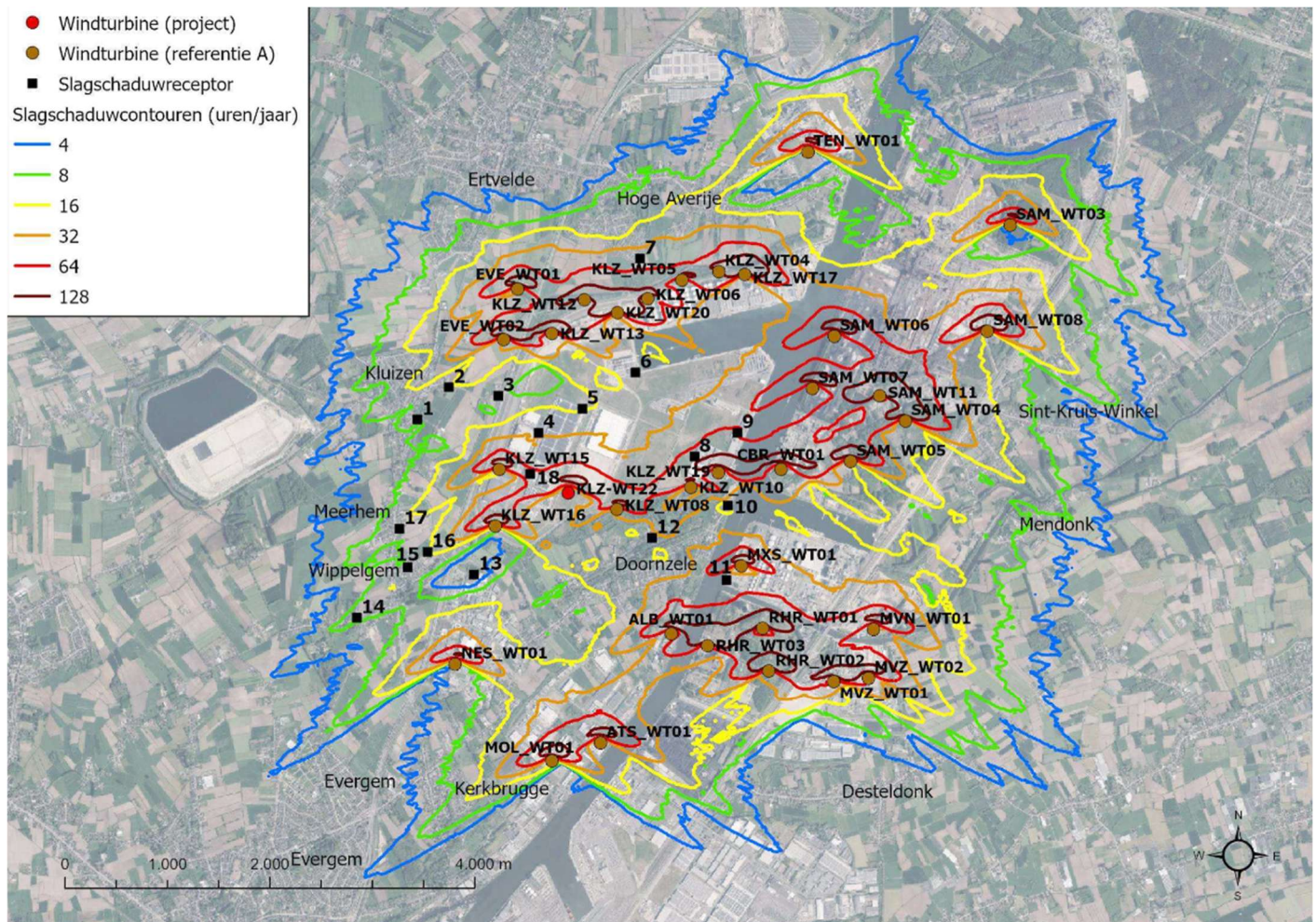
- Receptor 3: de woningen in het oostelijke gedeelte van de Hoogstraat in Kluizen;
- Receptor 4, 5, 18: de bedrijfsgebouwen in het centrum en westen van het industriegebied Kluizendok;
- Receptor 8: het bedrijfsgebouw in het oosten van het industriegebied langs de Vasco Da Gamalaan;
- Receptor 12: de woningen in het oostelijke deel van de straat Doornzele Dries.
- Receptor 18: het bedrijfsgebouw ten noordwesten van de turbine van het project.

Gelet de berekening vertrekt van conservatieve aannames zoals besproken in §4.1.2, zal de werkelijke slagschaduwduur voor de meeste receptoren beduidend minder zijn.

Door toepassing van een automatische stilstandsmodule kan de toepasselijke VLAREM II norm te allen tijde gerespecteerd worden. Hierdoor zal de hinder tijdens de exploitatie ter hoogte van de vermelde receptoren beperkt worden tot de Vlare II-normen en zodus tot een aanvaardbaar niveau.

5.2 Geplande situatie 1A

Fig geeft de isocontouren weer voor de verwachte slagschaduwduur per jaar voor de geplande situatie 1A (indien er geen afregeling zou zijn van de geplande windturbine).



Figuur 5-1: Isocontouren voor de verwachte slagschaduw (uren per jaar) van de geplande situatie 1, vóór het nemen van milderende maatregelen.

In geplande situatie 1A (project + referentiesituatie A) blijken de meeste geselecteerde receptoren binnen de isocontour van 8 u (voor woningen) en 30 u (voor gebouwen in industriegebied, uitgezonderd woningen) verwachte potentiële slagschaduw gelegen te zijn wanneer geen milderende maatregelen in rekening gebracht worden. Merk daarbij op dat de verwachte slagschaduwuren per jaar hoofdzakelijk bepaald wordt door de bestaande windturbines, zie daarbij referentiesituatie A in Tabel 5-3. Zonder maatregelen zal de jaarnorm voor slechts 3 geselecteerde receptoren bijkomend overschreden worden in de geplande situatie 1A vergelijking met de referentiesituatie A:

- Receptor 1: de woningen in het zuidoosten van Kluizen;
- Receptor 3: de woningen in het oostelijke gedeelte van de Hoogstraat in Kluizen;
- Receptor 4: het bedrijf in Kluizendok ten noordwesten van het project.

De daglimiet heeft een gelijkaardig patroon. De norm zal voor 3 geselecteerde receptoren bijkomend overschreden worden in de geplande situatie 1A in vergelijking met de referentiesituatie A:

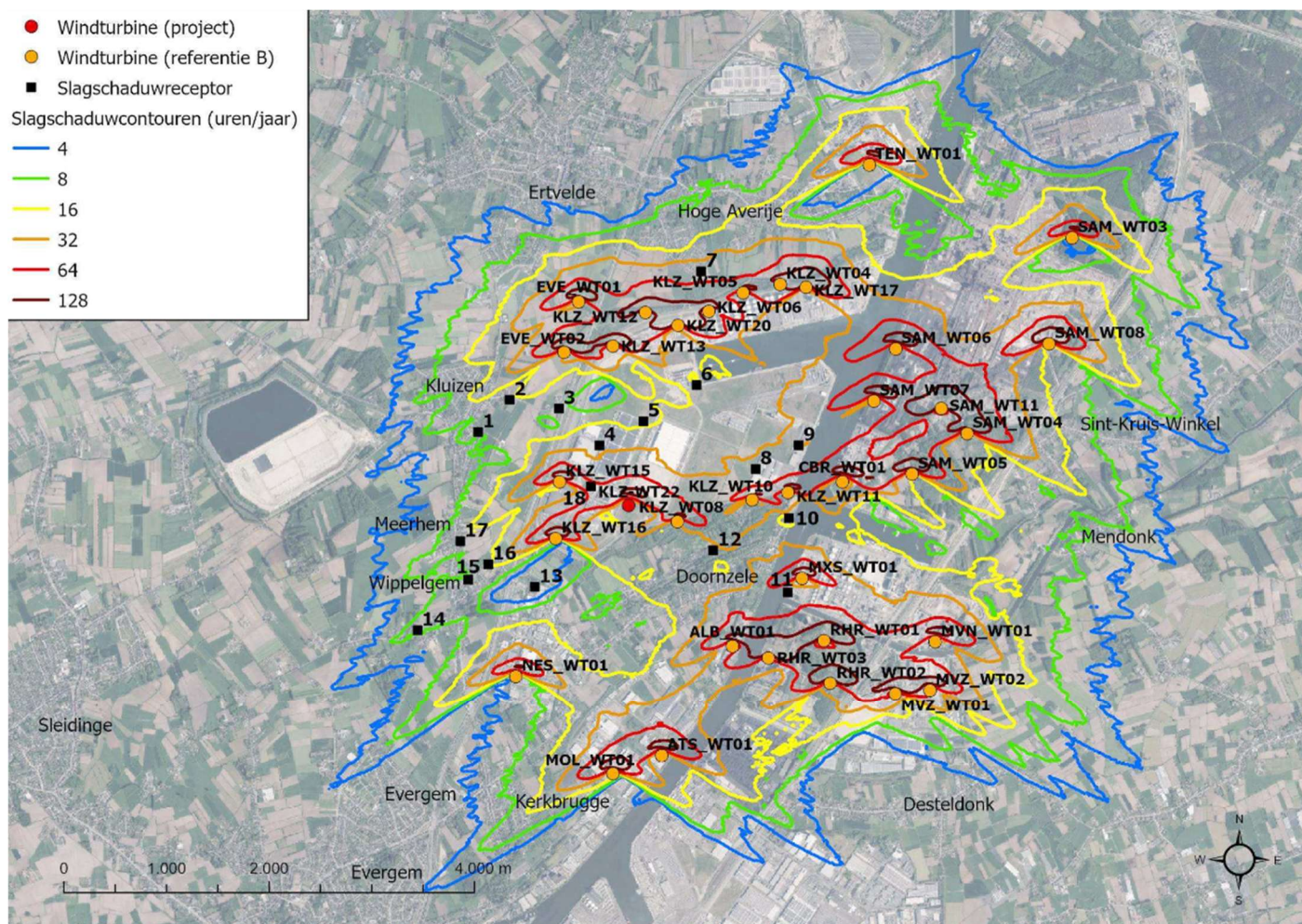
- Receptor 1 en 2: de woningen in het oosten van Kluizen;
- Receptor 3: de woningen in het oostelijke gedeelte van de Hoogstraat in Kluizen.

Gelet de berekening vertrekt van conservatieve aannames zoals besproken in §4.1.2, zal de werkelijke slagschaduwduur voor de meeste receptoren beduidend minder zijn.

Door toepassing van een automatische stilstandsmodule kan de toepasselijke VLAREM II norm te allen tijde gerespecteerd worden. Hierdoor zal de hinder tijdens de exploitatie ter hoogte van de vermelde receptoren beperkt worden tot de VlareM II-normen en zodus tot een aanvaardbaar niveau.

5.3 Geplande situatie 1B

Figuur 5- 2 geeft de isocontouren weer voor de verwachte slagschaduwduur per jaar voor de geplande situatie 1B (indien er geen afregeling zou zijn van de geplande windturbine).



Figuur 5- 2: Isocontouren voor de verwachte slagschaduw (uren per jaar) van de geplande situatie 1B (voor het nemen van milderende maatregelen).

Geplande situatie 1A en 1B zijn quasi hetzelfde op de situatie van KLZ-WT19 en KLZ-WT11 na. Het is dan ook evident dat de verwachte slagschaduw dezelfde zal zijn behalve op plaatsen die beïnvloed worden door de twee windturbines. Vandaar dat hier enkel gekeken wordt naar de verwachte slagschaduw binnen die context.

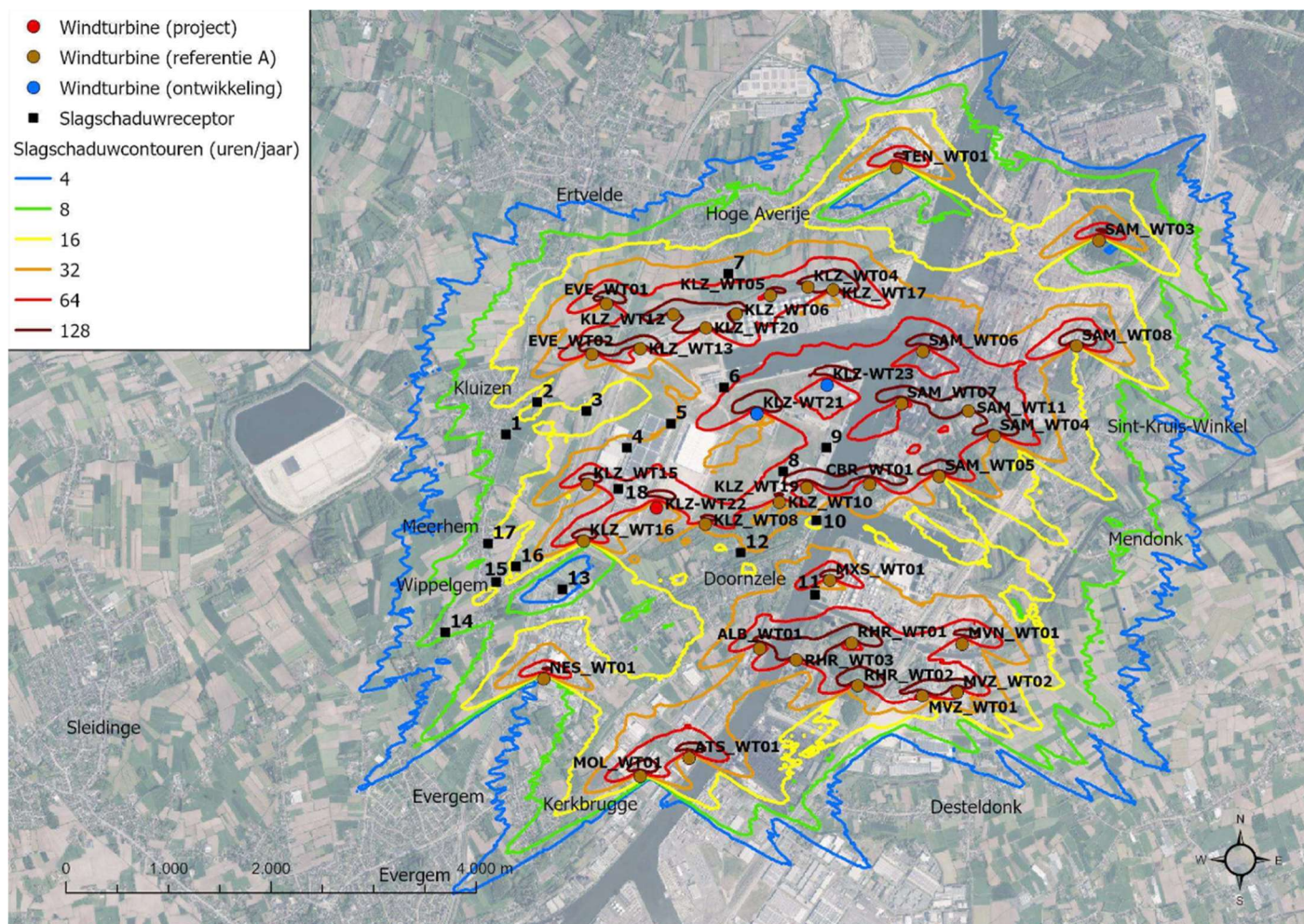
Deze nagenoeg identieke situatie vertaalt zich dan ook in zeer gelijkaardige verwachte slagschaduwuren per dag en per jaar. Behalve de precieze waarden zijn het ook telkens dezelfde receptoren die (niet gemilderd) voldoen en niet voldoen aan de normen.

In geplande situatie 1B wordt KLZ-WT19 niet gebouwd en blijft KLZ-WT11 operationeel wat betekent dat er slagschaduw is van de relatief kleine windturbine KLZ-WT11 (rotor 72 m tiphoogte 92 m) in plaats van die van de voorziene vergunde windturbine KLZ-WT19 met rotor 168 m en tiphoogte 250 m. Dit vertaalt zich dan ook naar een kleiner invloedsgebied met een beperkter cumulatief effect op de slagschaduwuren. Een vergelijking tussen Tabel 5-3 en Tabel 5-4 en tussen Tabel 5-1 en Tabel 5-2 toont dan ook aan dat verschillende receptoren in geplande situatie 1B minder verwachte slagschaduwuren hebben en dat zowel per dag als per jaar alhoewel dit op jaarbasis zich logischerwijs cumulatief meer uit.

Door toepassing van een automatische stilstandsmodule kan de toepasselijke VLAREM II norm te allen tijde gerespecteerd worden. Hierdoor zal de hinder tijdens de exploitatie ter hoogte van de vermelde receptoren beperkt worden tot de Vlareem II-normen en zodus tot een aanvaardbaar niveau.

5.4 Geplande situatie 2A

Figuur 5-2 geeft de isocontouren weer voor de verwachte slagschaduwduur per jaar voor de geplande situatie 1B (indien er geen afregeling zou zijn van de geplande windturbine).

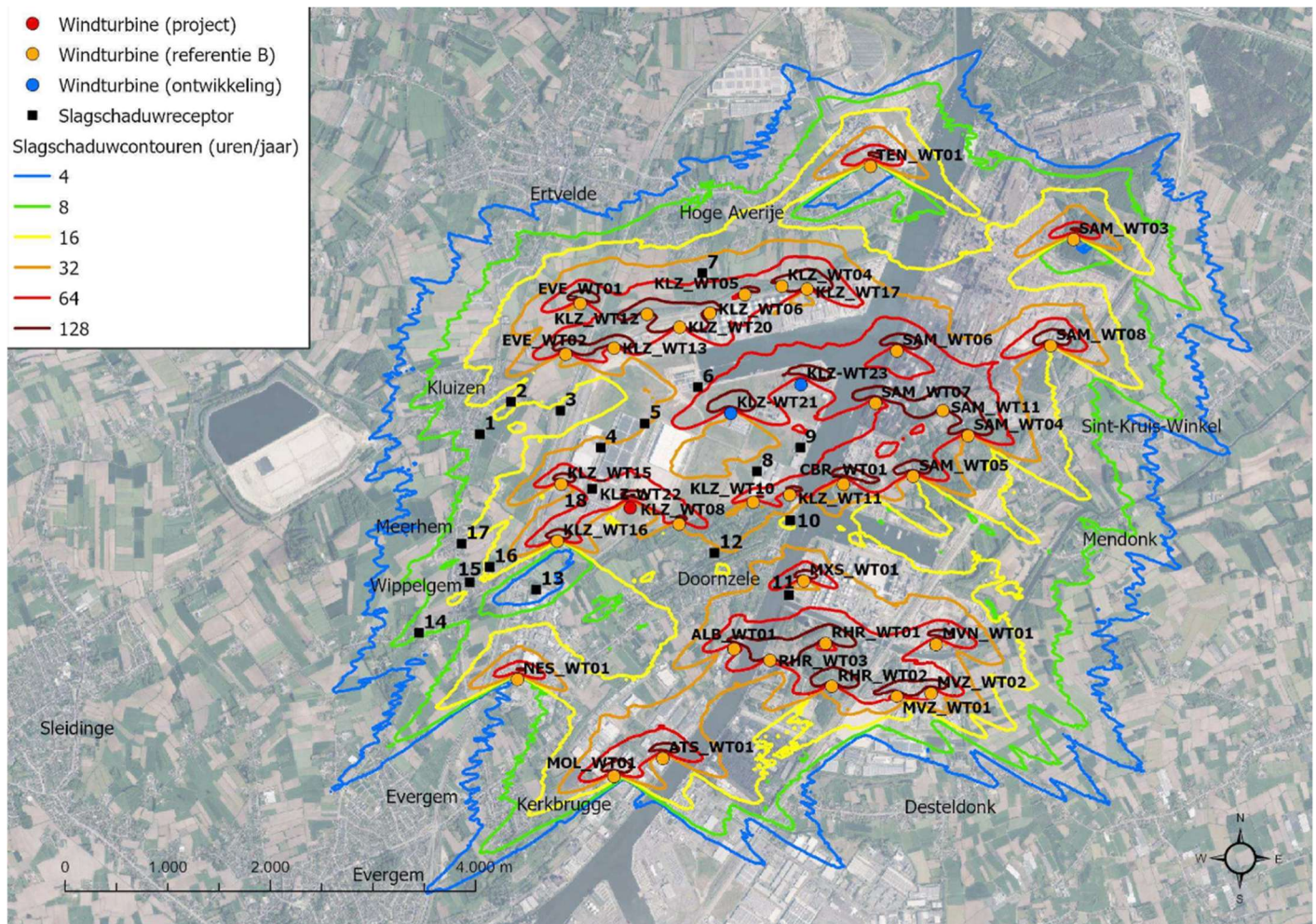


Figuur 5-2 geeft de isocontouren weer voor de verwachte slagschaduwduur voor de geplande situatie 2A (voor het nemen van milderende maatregelen).

De geplande situatie 2A betreft het project, referentiesituatie A en de relevante windturbines in ontwikkeling (KLZ-WT21 en KLZ-WT23). In geplande situatie 2A is te zien dat de jaarlijkse norm overschreden wordt bij bijna elke geselecteerde receptor (uitgezonderd receptor 13). De ontwikkeling van twee andere windturbines in Kluizendok zullen zorgen voor bijkomende slagschaduw. Ze zullen echter rekening moeten houden met de windturbine KLZ-WT22 en zullen conform de wetgeving ook voorzien moeten zijn van een automatische stilstandsmodule zodat te allen tijde voldaan wordt aan de VLAREM II normen.

5.5 Geplande situatie 2B

Figuur 5-3 geeft de isocontouren weer voor de verwachte slagschaduwduur per jaar voor de geplande situatie 1B (indien er geen afregeling zou zijn van de geplande windturbine).



Figuur 5-3: Isocontouren voor de verwachte slagschaduw (uren per jaar) van de geplande situatie 2B, vóór het nemen van milderende maatregelen.

Geplande situatie 2B betreft het project, referentiesituatie B en de relevante windturbines in ontwikkeling. Dit maakt dat het in se dezelfde cumulatieve slagschaduw effecten heeft als in 2A afgezien de lokale impact van KLZ-WT11 en KLZ-WT19. Om de lokale impact qua verwachte slagschaduw van het niet realiseren van KLZ-WT19 en dus behouden van KLZ-WT11 te begrijpen, kan teruggegrepen worden naar §5.3.

5.6 Detailbespreking van enkele representatieve receptoren

Gezien niet geweten is of dat de windturbines in ontwikkeling effectief zullen worden gerealiseerd, wordt er gewerkt met geplande situatie 1A voor het bespreken van enkele representatieve receptoren met name receptor 12 en receptor 18.

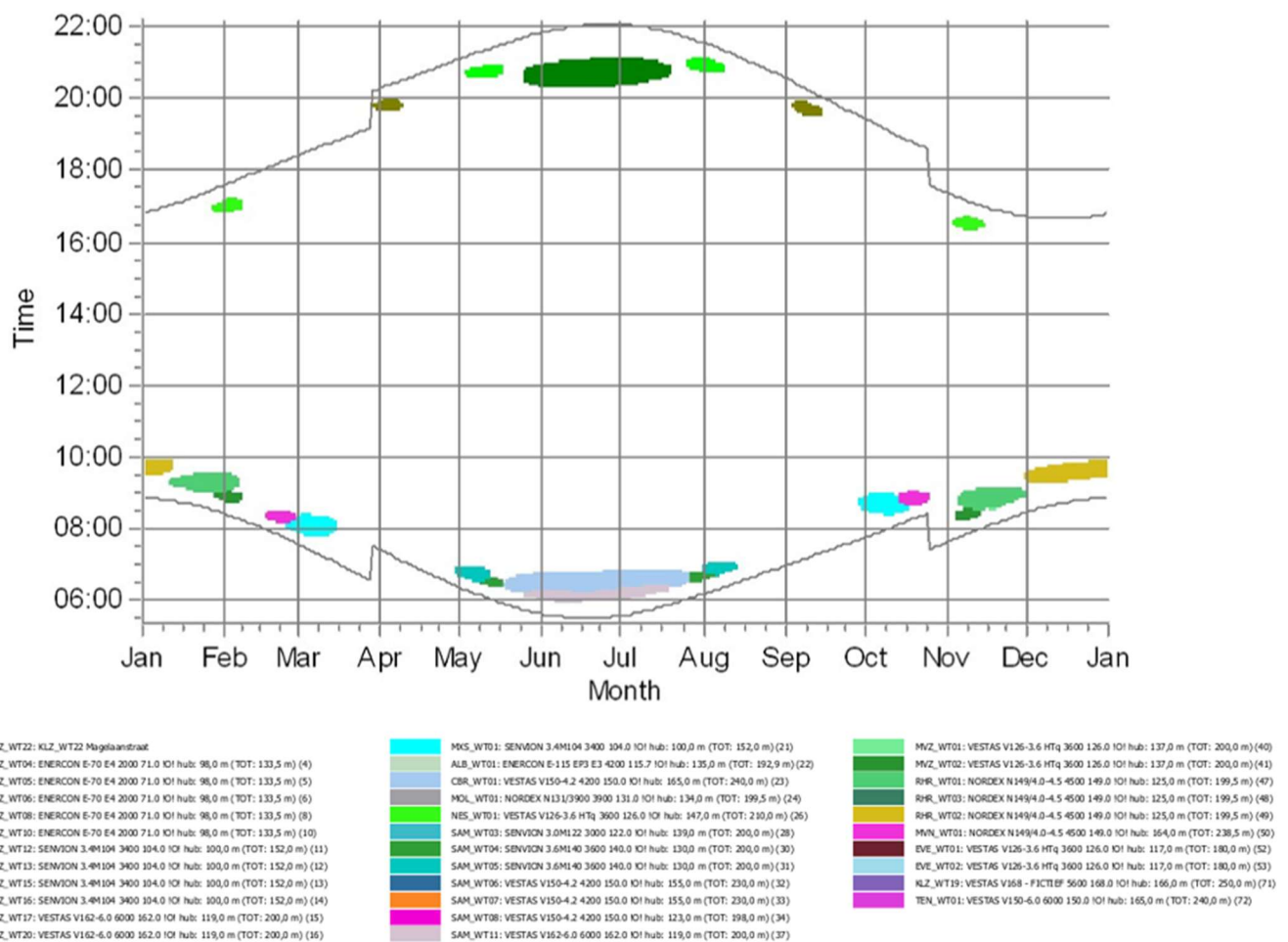
Receptor 12 – woning ter hoogte van Doornzele Dries 107 (Evergem)

Receptor 12 is gelegen ten noorden van KLZ-WT22. De slagschaduwkalender is weergegeven in Figuur 5-4. De resultaten voor deze receptor worden in onderstaande Tabel 5-5 samengevat.

Tabel 5-5: Resultaten slagschaduwmodellering voor receptor 12.

Aspect	Resultaat
Maanden met slagschaduw	Het volledige jaar

Aspect	Resultaat
Momenten van de dag	Voormiddag (ca. 6:00 – 10:00) en namiddag/avond (ca. 16:00-21:00)
Door welke windturbine (hoofdzakelijk)	KLZ-WT22, CBR-WT01, SAM-WT11
VLAREM jaarnorm gerespecteerd?	Neen (ca.28u44min/jaar bij geplande situatie 1A; ca. 28u45min/jaar bij geplande situatie 1B)
VLAREM dagnorm gerespecteerd?	Neen (max. 1u16min/dag bij geplande situatie 1A; max. 1u16min/dag bij geplande situatie 1B)
Nood aan milderende maatregelen?	Ja



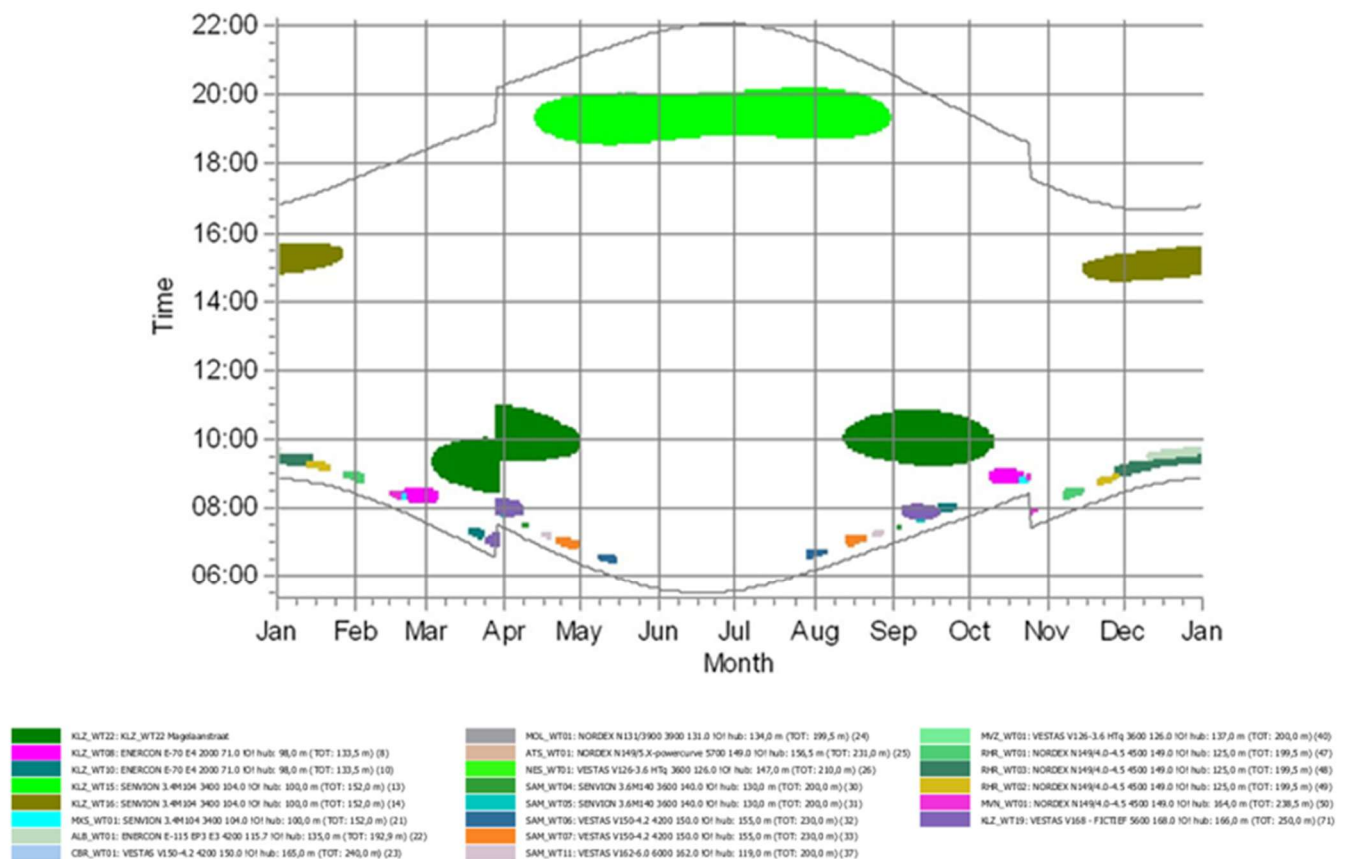
Figuur 5-4: Slagschaduwkalender vóór het nemen van milderende maatregelen, ter hoogte van receptor 12, gelegen ten zuidoosten van het project.

Receptor 18 – bedrijf ter hoogte van Pachtgoederen 1 (Evergem)

Receptor 18 is gelegen ten noordwesten van KLZ-WT22. De slagschaduwkalender is weergegeven in Figuur 5-5. De resultaten voor deze receptor worden in onderstaande Tabel 5-6 samengevat. Een groot deel van de slagschaduw zal

Tabel 5-6: Resultaten slagschaduwmodellering voor receptor 18.

Aspect	Resultaat
Maanden met slagschaduw	Het volledige jaar
Momenten van de dag	Voormiddag (ca. 6:00-11:00), namiddag (ca. 14:30-16:00) en avond (ca. 18:30-20:00)
Door welke windturbine (hoofdzakelijk)	KLZ-WT15, KLZ-WT16, KLZ-WT22
VLAREM jaarnorm gerespecteerd?	Neen (ca. 85u51min/jaar voor geplande situatie 1A; 84u44min/jaar voor geplande situatie 1B)
Vlarem dagnorm gerespecteerd?	Neen (ca. 1u55min/dag voor geplande situatie 1A; idem voor geplande situatie 1B)
Nood aan milderende maatregelen?	ja



Figuur 5-5: Slagschaduwkalender vóór het nemen van milderende maatregelen, ter hoogte van receptor 18, gelegen ten noordwesten van het project.

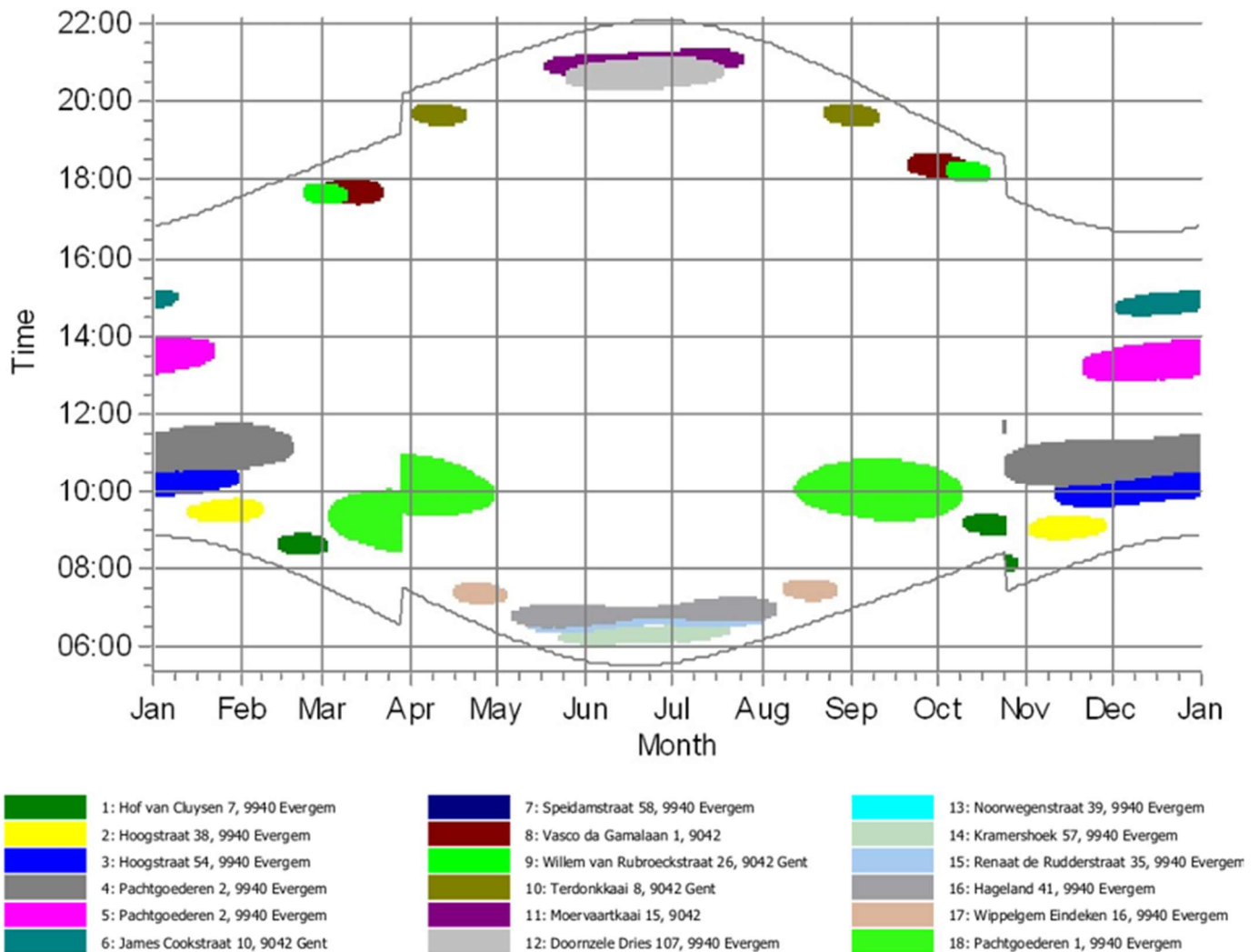
5.7 Bespreking van slagschaduweffecten per windturbine

De mogelijke slagschaduw die door een individuele windturbine kan veroorzakt worden ter hoogte van verschillende receptoren, kan eveneens grafisch voorgesteld worden aan de hand van een slagschaduwkalender. De verschillende kleurvakken geven aan wanneer slagschaduw kan op treden ter hoogte van de verschillende geselecteerde receptoren. Dergelijke slagschaduwkalenders geven een eerste beeld van de stilstanden (slagschaduwmodule) op de energieproductie.

In Annex B: Gedetailleerde modelleringen, bij deze studie zijn de slagschaduwkalenders opgenomen van alle geplande en bestaande/vergunde windturbines.

Windturbine KLZ-WT22

In Figuur 5-6 wordt de slagschaduwkalender voor de geplande windturbine KLZ-WT22 van voorliggend project getoond. Er dient benadrukt te worden dat deze figuur voor elke receptor het theoretisch maximaal aantal uren slagschaduw in een gemiddeld jaar voor afregeling van de windturbine toont. Dit is dus een **worst-case weergave**. Anderzijds zijn niet alle slagschaduwgevoelige objecten opgenomen in de figuur maar slechts een selectie van representatieve receptoren. Toch kan deze figuur reeds een idee geven van de grootte van de impact inzake slagschaduw van de geplande windturbine.



Figuur 5-6: Grafische voorstelling van de slagschaduwkalender voor de geplande windturbine KLZ-WT22 voor afregeling van de windturbine.

6 Automatische stilstandsmodule

Op basis van voorliggende slagschaduwstudie zijn milderende maatregelen noodzakelijk. Gezien er verschillende receptoren gelegen zijn binnen de 4-uur slagschaduwcontour van het project, dienen de windturbines conform artikel 5.20.6.2.1. van VLAREM uitgerust te worden met een automatische stilstandsmodule. Door het toepassen van deze module zullen de VLAREM-slagschaduwnormen (zie paragraaf §3) ter hoogte van alle slagschaduwgevoelige objecten ten alle tijden gerespecteerd worden. Alle relevante slagschaduwgevoelige objecten binnen de isocontour van 4 uur, zullen opgenomen worden in het systeem van de logboeken.

De slagschaduwmodule is in staat om de aanwezigheid van slagschaduw en zijn locatie (de projectie van de slagschaduw op slagschaduwgevoelige objecten) vast te stellen alsook rekening te houden met eventuele andere windturbines in de omgeving (cumulatieve effecten). Bovendien bevat de slagschaduwmodule ook de nodige gegevens om te bepalen wanneer de slagschaduwnorm dreigt overschreden te worden voor een bepaald slagschaduwgevoelig object. Hiertoe worden de locaties van alle relevante slagschaduwgevoelige objecten geprogrammeerd in de slagschaduwmodule. De slagschaduwmodule 'kent' op deze manier alle relevante slagschaduwgevoelige objecten. Wanneer de slagschaduwnorm dreigt overschreden te worden voor één van deze objecten, wordt de windturbine automatisch tot stilstand gebracht. De slagschaduwmodule registreert automatisch de slagschaduwduur en de duur van de stilstand voor elk relevant object. Zie ook 'Annex A: Automatische stilstandsmodule' voor meer informatie over deze module.

Door toepassing van het slagschaduwdetectiesysteem met automatische stilstand module zal de slagschaduwduur beperkt worden tot een maximum van 8 uur effectieve slagschaduw per jaar en een maximum van dertig minuten effectieve slagschaduw per dag voor woningen en tot een maximum van 30 uur effectieve slagschaduw per jaar en een maximum van dertig minuten effectieve slagschaduw per dag voor slagschaduwgevoelige objecten in industriegebied (uitz. woningen). Voor het overige dringen er zich geen milderende maatregelen op.

Na het verkrijgen van de vergunningen en ter voorbereiding van de operationele fase kunnen de noodzakelijke maatregelen⁸ verfijnd worden.

⁸ Andere voorbeelden van milderende maatregelen, zijn het stilleggen van de windturbine (s) bij bepaalde omstandigheden en fysieke afscherming. Fysieke afscherming omvat bijvoorbeeld het plaatsen van zonnewering, maar ook het aanleggen van een permanente afscherming zoals een groenscherm, beplanting, etc. Fysieke afscherming wordt zelden toegepast en slechts in specifieke omstandigheden en in samenspraak met de potentieel gehinderde

7 Conclusies slagschaduwimpact

In deze slagschaduwstudie werd de verwachte slagschaduw ingeschat ter hoogte van een aantal geselecteerde slagschaduwgevoelige receptoren in de omgeving van de geplande windturbine van Luminus.

Voor **het project** (KLZ-WT22) kan besloten worden dat de VLAREM II jaarnormen voor enkele receptoren overschreden wordt. De overschrijdingen van de normen situeert zich vooral ter hoogte van het noordoosten van het woongebied Wippelgem (ten ZW van de windturbine) en bij de bedrijfsgebouwen in Kluizendok die dicht bij de windturbine gelegen zijn.

De windturbines in **referentiesituatie A en B** zorgen echter ook reeds voor slagschaduw en, indien er geen milderende maatregelen zouden worden toegepast, zelfs voor een overschrijding van de jaar- en/of dagnorm ter hoogte van een aantal beschouwde receptoren.

Ook in de **geplande situatie 1A en 1B** wordt bijgevolg verwacht dat, indien er geen milderende maatregelen zouden worden toegepast, de jaarlimiet voor het aantal uren verwachte slagschaduw en/of de dagnorm van maximaal 30 minuten verwachte slagschaduw per dag overschreden kunnen worden ter hoogte van een deel van de beschouwde representatieve receptoren.

Tenslotte in de **geplande situatie 2A en 2B** wordt ook verwacht dat er zonder milderende maatregelen de jaarnorm en de dagnorm ter hoogte van de receptoren overschreden wordt.

De toepasselijke VLAREM II-normen ter hoogte van alle receptoren zullen te allen tijde gerespecteerd worden door toepassing van een automatische stilstandsmodule. Hierdoor blijft eventuele hinder door slagschaduw beperkt tot een aanvaardbaar niveau.

Luminus verbindt er zich derhalve toe de geplande windturbine uit te rusten met een automatische stilstandsmodule, zoals ook wordt vereist overeenkomstig de bepalingen van VLAREM II. **Hierdoor kunnen de toepasselijke jaarnormen en dagnormen uit VLAREM II ter hoogte van alle receptoren te allen tijde gerespecteerd worden.**

Annex A: Automatische stilstandsmodule

Doelstelling

Via een automatisch controlesysteem dat aanwezig is op de geplande windturbines, kan gegarandeerd worden dat de VLAREM-norm van 8 u/jaar (of 30 u/jaar) en 30 min/dag wordt gerespecteerd. De initiatiefnemer verbindt zich ertoe om voor de relevante gebouwen, gelegen binnen de 4h-contour van de geplande windturbines, de nodige mitigerende maatregelen te nemen opdat het aantal uren effectieve slagschaduw de VLAREM-norm niet zal overschrijden. De situatie wordt steeds cumulatief bekeken waardoor voor elke woning in de omgeving voldaan kan worden aan de van toepassing zijnde VLAREM-normen. De omgeving zal bijgevolg geen extra hinder ondervinden dan de van toepassing zijnde norm. Beschrijving automatisch managementsysteem voor slagschaduw (NorthTec systeem)

Input

Zowel de eventueel bestaande als de geplande windturbines worden opgeladen in het systeem op basis van GPSposities. Conform de VLAREM-regelgeving worden alle relevante slagschaduwgevoelige objecten gelegen binnen de 4u-slagschaduwcontour gedefinieerd en geprogrammeerd in het systeem. Elk slagschaduwgevoelig object wordt in detail gedefinieerd op basis van de oriëntatie en afmetingen van de ramen. De reden waarom in de VLAREM-normering wordt vertrokken van de 4u-slagschaduwcontour voor het bepalen van de slagschaduwgevoelige objecten (en niet de 8u-slagschaduwcontour) en de bepaling of er al dan niet een stilstandsmodule dient aanwezig te zijn op de windturbines, is op aangeven van de weerstatistieken.

Werking

Het systeem controleert continu, op basis van datum en tijd, welk slagschaduwgevoelig object op dat ogenblik slagschaduw kan ondervinden en door welke windturbine(s) deze kan worden veroorzaakt. Dit gebeurt in detail als volgt:

- Aan de hand van vier verticaal opgestelde lichtsensoren, die telkens op een andere zijde van een kubus geplaatst worden, wordt continu het verschil in lichtintensiteit berekend voor die sensoren. Indien er direct zonlicht is, zal er ook schaduw zijn op minstens één van de sensoren. Op basis van het verschil in lichtintensiteit tussen de sensoren wordt bepaald of er al dan niet direct zonlicht, en dus kans op slagschaduw is.
- Het automatisch controlesysteem bepaalt op basis van de werkelijke stand van de zon welke gedefinieerde slagschaduwgevoelige objecten door de rotor van de windturbine(s) slagschaduw kunnen ontvangen. Indien er reeds bestaande windturbines aanwezig zijn in de omgeving, zullen deze in het systeem geprogrammeerd worden als steeds draaiende op momenten dat er slagschaduw kan optreden zoals hiervoor beschreven. De hoeveelheid slagschaduw die door deze bestaande windturbines op de gedefinieerde slagschaduwgevoelige objecten wordt geworpen, wordt door het systeem bepaald en dit voor alle gedefinieerde slagschaduwgevoelige objecten gelegen binnen de 4u-contour. Het controlesysteem van de geplande windturbines houdt hiermee rekening bij de bepaling van de hoeveelheid slagschaduw die deze geplande windturbines nog bijkomend op een slagschaduwgevoelig object mogen geven, zonder de norm te overschrijden. Vooraf wordt aan de hand van de slagschaduwkalenders van de bestaande en vergunde windturbines nagegaan tijdens welke periode van het jaar de slagschaduw van deze bestaande windturbines zal optreden waardoor er kan bepaald waar de geplande windturbines dienen rekening mee te houden. Het managementsysteem kan bij dergelijke situaties ingesteld worden met een 'preload' van aantal uren slagschaduw. Per slagschaduwgevoelig object wordt een niet te overschrijden norm ingesteld in het systeem. Deze voorafgaandelijke programmatie laat een optimale werking toe.

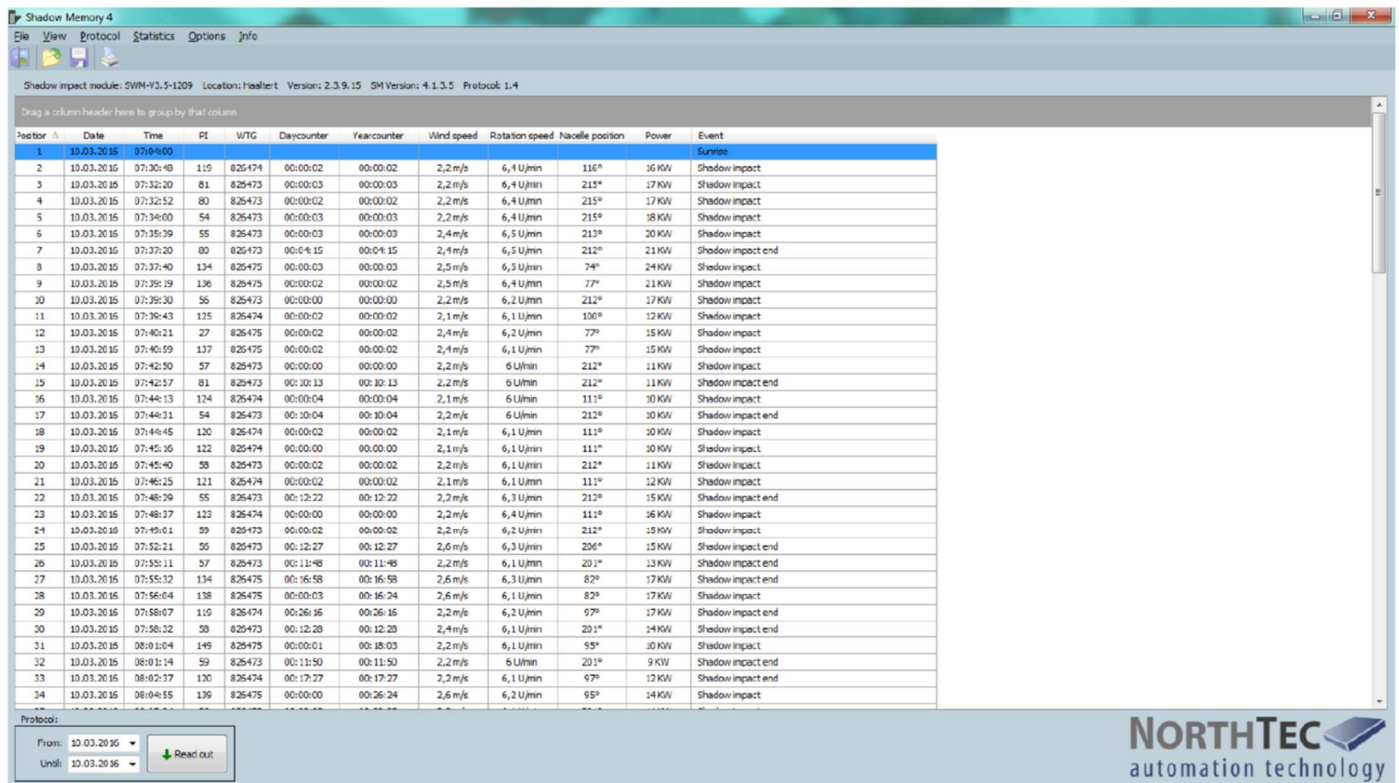
Een voorbeeld van een slagschaduwmanagementsysteem is het NorthTec systeem. Dit is een geavanceerd en betrouwbaar slagschaduwmanagementsysteem dat reeds in vele windenergieprojecten in België wordt toegepast. Dit systeem biedt garantie voor het respecteren van de VLAREM-slagschaduwnormen en maakt bovendien rapportering mogelijk. Het opleggen van een voorwaarde in de vergunning voor het implementeren van een slagschaduwmanagementsysteem waarbij rekening gehouden wordt met de nabijgelegen bestaande windturbines, zorgt voor de nodige garantie ten aanzien van het naleven van de normen.

Conclusie

Op basis van dit automatisch managementsysteem voor slagschaduw garandeert de initiatiefnemer dat de slagschaduweffecten zullen worden gemonitord en op basis hiervan mitigatie zal worden toegepast op de geplande windturbines om te voldoen aan de VLAREM-slagschaduwnormen.

Rapportering

De opvolging van de naleving van de geldende normen kan conform de sectorale VLAREM-normen gebeuren door de toezichthoudende instanties. Het gevraagde logboek zoals opgenomen in de sectorale VLAREM-voorwaarden kan uitgelezen worden uit dit automatische slagschaduwmanagementsysteem. Reeds bij vele bestaande windparken wordt dit op vandaag gebruikt en goedgekeurd door de toezichthoudende instanties. In de afbeelding hieronder volgt een voorbeeld van uitlezing (PI staat voor Point of Immission (of dus slagschaduwgevoelig object))



Shadow impact module: SWIN-V3.5-1209 Location: Healerit Version: 2.3.9.15 SM Version: 4.1.3.5 Protocol: 1.4

Drag a column header here to group by that column

Factor	Date	Time	PI	WTG	Daycounter	Yearcounter	Wind speed	Rotation speed	Nacelle position	Power	Event
1	10.03.2016	07:09:00									Sunrise
2	10.03.2016	07:30:48	119	825474	00:00:02	00:00:02	2,2 m/s	6,4 U/min	116°	16 KW	Shadow impact
3	10.03.2016	07:32:20	81	825473	00:00:03	00:00:03	2,2 m/s	6,4 U/min	215°	17 KW	Shadow impact
4	10.03.2016	07:32:52	80	825473	00:00:02	00:00:02	2,2 m/s	6,4 U/min	215°	17 KW	Shadow impact
5	10.03.2016	07:34:00	54	825473	00:00:03	00:00:03	2,2 m/s	6,4 U/min	215°	18 KW	Shadow impact
6	10.03.2016	07:35:39	55	825473	00:00:03	00:00:03	2,4 m/s	6,5 U/min	213°	20 KW	Shadow impact
7	10.03.2016	07:37:20	80	825473	00:04:15	00:04:15	2,4 m/s	6,5 U/min	212°	21 KW	Shadow impact end
8	10.03.2016	07:37:40	134	825475	00:00:03	00:00:03	2,5 m/s	6,5 U/min	74°	24 KW	Shadow impact
9	10.03.2016	07:39:39	136	825475	00:00:02	00:00:02	2,5 m/s	6,4 U/min	77°	21 KW	Shadow impact
10	10.03.2016	07:39:30	56	825473	00:00:00	00:00:00	2,2 m/s	6,2 U/min	212°	17 KW	Shadow impact
11	10.03.2016	07:39:43	125	825474	00:00:02	00:00:02	2,1 m/s	6,1 U/min	100°	12 KW	Shadow impact
12	10.03.2016	07:40:21	27	825475	00:00:02	00:00:02	2,4 m/s	6,2 U/min	77°	15 KW	Shadow impact
13	10.03.2016	07:40:59	117	825475	00:00:02	00:00:02	2,4 m/s	6,1 U/min	77°	15 KW	Shadow impact
14	10.03.2016	07:42:50	57	825473	00:00:00	00:00:00	2,2 m/s	6 U/min	212°	11 KW	Shadow impact
15	10.03.2016	07:42:57	81	825473	00:10:13	00:10:13	2,2 m/s	6 U/min	212°	11 KW	Shadow impact end
16	10.03.2016	07:44:13	124	825474	00:00:04	00:00:04	2,1 m/s	6 U/min	111°	10 KW	Shadow impact
17	10.03.2016	07:44:31	54	825473	00:10:04	00:10:04	2,2 m/s	6 U/min	212°	10 KW	Shadow impact end
18	10.03.2016	07:44:45	120	825474	00:00:02	00:00:02	2,1 m/s	6,1 U/min	111°	10 KW	Shadow impact
19	10.03.2016	07:45:36	122	825474	00:00:00	00:00:00	2,1 m/s	6,1 U/min	111°	10 KW	Shadow impact
20	10.03.2016	07:45:40	58	825473	00:00:02	00:00:02	2,2 m/s	6,1 U/min	212°	11 KW	Shadow impact
21	10.03.2016	07:46:25	121	825474	00:00:02	00:00:02	2,1 m/s	6,1 U/min	111°	12 KW	Shadow impact
22	10.03.2016	07:48:59	55	825473	00:12:22	00:12:22	2,2 m/s	6,3 U/min	212°	15 KW	Shadow impact end
23	10.03.2016	07:48:37	123	825474	00:00:00	00:00:00	2,2 m/s	6,4 U/min	111°	16 KW	Shadow impact
24	10.03.2016	07:49:01	59	825473	00:00:02	00:00:02	2,2 m/s	6,2 U/min	212°	15 KW	Shadow impact
25	10.03.2016	07:52:21	56	825473	00:12:27	00:12:27	2,6 m/s	6,3 U/min	256°	15 KW	Shadow impact end
26	10.03.2016	07:55:11	57	825473	00:11:48	00:11:48	2,2 m/s	6,1 U/min	201°	13 KW	Shadow impact end
27	10.03.2016	07:55:32	134	825475	00:16:58	00:16:58	2,6 m/s	6,3 U/min	82°	17 KW	Shadow impact end
28	10.03.2016	07:56:04	138	825475	00:00:03	00:16:24	2,6 m/s	6,1 U/min	82°	17 KW	Shadow impact
29	10.03.2016	07:58:07	110	825474	00:26:16	00:26:16	2,2 m/s	6,2 U/min	67°	17 KW	Shadow impact end
30	10.03.2016	07:58:32	58	825473	00:12:28	00:12:28	2,4 m/s	6,1 U/min	201°	14 KW	Shadow impact end
31	10.03.2016	08:01:04	145	825475	00:00:01	00:18:03	2,2 m/s	6,1 U/min	55°	10 KW	Shadow impact
32	10.03.2016	08:01:14	59	825473	00:11:50	00:11:50	2,2 m/s	6 U/min	201°	9 KW	Shadow impact end
33	10.03.2016	08:02:37	130	825474	00:17:27	00:17:27	2,2 m/s	6,1 U/min	67°	12 KW	Shadow impact end
34	10.03.2016	08:04:55	139	825475	00:00:00	00:26:24	2,6 m/s	6,2 U/min	65°	14 KW	Shadow impact

Protocols: From: 10.03.2016 To: 10.03.2016 Read out

NORTHTEC
automation technology

Annex B: Gedetailleerde modelleringen

Colofon

SLAGSCHADUWSTUDIE
MAGELLAANSTRAAT

KLANT
Luminus

AUTEUR
Gilles Poilvet

PROJECTNUMMER
30320861

ONZE REFERENTIE
Luminus Magellaanstraat

DATUM
10/07/2026