

JERTS-STUDIE ROND KLEINE EN MIDDELGROTE WINDTURBINES



Voorwoord

Het project Windkracht 13 is gericht op het openbreken van de markt voor kleine en middelgrote windturbines (KMWT). Dit wordt gefundeerd door het uitvoeren van een JERTS–studie (Juridisch, Economisch, Ruimtelijk, Technisch, Sociaal) die de bestaande barrières duidelijk in kaart brengt en aan de hand hiervan ook aanbevelingen doet voor het verlagen van drempels verbonden met deze barrières. Al dusdoende worden nieuwe opportuniteiten geformuleerd en worden ‘best-case’ opportuniteiten in verband met de installatie van KMWT’s duidelijk in kaart gebracht die leiden tot de installatie van de broodnodige demonstraties. Dit is dan ook het uiteindelijke doel van dit project.

Naast het openbreken van de bestaande maar beperkte markt is het de bedoeling om uitgaande van realistische en pragmatische criteria nieuwe locaties in kaart te brengen en zodoende de marktintroductie van KMWT’s te versterken. Bij de uitvoering van deze studie wordt vertrokken van de bestaande regelgeving, ondersteuningsmechanismen en normen. Doch is het de bedoeling hier niet op vast te pinnen maar door een specifieke benadering hier van los te koppelen om het mogelijk te maken een nieuwe wind te laten blazen in het Vlaamse en lokale energiebeleid.

Het project maakt deel uit van een oproep in het kader van het Nieuw Industrieel Beleid. De economische pijler van het NIB focust op de ‘Fabriek van de Toekomst’ als het knooppunt van het nieuwe productiviteitsoffensief.

Colofon

Titel: JERTS–studie rond kleine en middelgrote windturbines

Auteurs: Van Ackere S., Van Wyngene K., Van Eetvelde G. en Vandeveldde L.

Uitgave: Universiteit Gent

Correspondentie: Afdeling Mobiliteit & Ruimtelijke Planning
Vrijdagmarkt 10/301, 9000 Gent
Faculteit Ingenieurswetenschappen en Architectuur
Vakgroep Civiele Techniek
Afdeling Mobiliteit en Ruimtelijke Planning
Vrijdagmarkt 10/301
9000 Gent
T +32 9 331 32 60 – F +32 9 331 32 69
www.planning.ugent.be
mrb@ugent.be

ISBN–NUMMER: 978–9–08223–303–2

EAN: 9789082233032

ISBN 978-9-08223-303-2



9 789082 233032 >

Inhoudstafel

| | |
|--|----|
| Voorwoord | 3 |
| Colofon | 3 |
| Inhoudstafel..... | 4 |
| 1 Juridisch kader..... | 7 |
| 1.1 Stedenbouwkundige vergunning | 7 |
| 1.2 De juridische waarde van een omzendbrief..... | 9 |
| 1.3 Vlaamse overheid..... | 10 |
| 1.3.1 Integratie van een kleine windturbine in de omgeving | 10 |
| 1.3.2 Geluidsemissie van KMWT | 11 |
| 1.3.3 Veiligheid | 14 |
| 2 Windplan Vlaanderen..... | 14 |
| 2.1 Provincie | 16 |
| 2.1.1 West-Vlaanderen | 16 |
| 2.1.2 Oost-Vlaanderen..... | 17 |
| 2.1.3 Antwerpen | 18 |
| 2.1.4 Limburg | 18 |
| 2.1.5 Vlaams-Brabant..... | 19 |
| 3 Bestaande beleidscontext voor windturbines in Europa | 21 |
| 3.1 Wallonië | 21 |
| 3.2 Nederland | 22 |
| 3.3 Verenigd Koninkrijk..... | 22 |
| 3.3.1 Engeland | 23 |
| 3.3.2 Schotland..... | 24 |
| 3.4 Frankrijk..... | 24 |
| 3.5 Duitsland..... | 24 |
| 4 De initiële investering..... | 25 |
| 4.1 Kostprijs elektriciteit per piekvermogen..... | 30 |

| | | |
|-----|---|----|
| 5 | Steunmechanismen in Vlaanderen | 31 |
| 5.1 | Onrendabele top | 32 |
| 5.2 | Berekeningswijze onrendabele top | 33 |
| 5.3 | Voorstel wijziging onrendabele top..... | 37 |
| 5.4 | Groenstroomcertificaten..... | 37 |
| 5.5 | VLIF steun..... | 38 |
| 5.6 | Verhoogde investeringsaftrek | 38 |
| 6 | Steunmechanismen in de EU..... | 39 |
| 6.1 | Feed-in-tarief | 39 |
| | Verenigd Koninkrijk..... | 39 |
| | Duitsland | 40 |
| | Oostenrijk | 40 |
| | Griekenland | 40 |
| | Italië..... | 41 |
| 6.2 | Feed-in premie | 41 |
| | Nederland | 41 |
| 6.3 | Quotumverplichting | 43 |
| 6.4 | Hybride systemen..... | 43 |
| 6.5 | Tendering..... | 43 |
| 7 | Elektriciteitsverbruik | 44 |
| 7.1 | Fluctuerend karakter van windenergie..... | 44 |
| 8 | Ruimtelijke informatie kaart..... | 47 |
| a. | Aangeduide ankerplaatsen | 48 |
| b. | Lijn- en puntrelicten en relictzones..... | 48 |
| c. | Vlaamse natuureservaten..... | 48 |
| d. | Inventaris bouwkundig erfgoed..... | 48 |
| e. | Bosreservaten..... | 48 |
| f. | Vogelrichtlijngebieden | 48 |

| | | |
|------|--|----|
| g. | Beschermd stads- en dorpsgezichten | 49 |
| h. | Beschermd archeologische sites | 49 |
| i. | Beschermd landschap..... | 49 |
| j. | Beschermd monumenten..... | 49 |
| k. | Gebieden duinendecreet..... | 49 |
| l. | VEN en IVON gebieden..... | 49 |
| m. | Unesco werelderfgoed | 50 |
| n. | SEVESO richtlijnen | 50 |
| 9 | Moratorium kleine windturbine..... | 56 |
| 9.1 | De Haan | 56 |
| 10 | Technisch kader | 63 |
| 10.1 | Introductiefase van KMWT's in Vlaanderen | 63 |
| 10.2 | Optimale locatie..... | 65 |
| 10.3 | Goed uitgekozen windturbine..... | 75 |
| 11 | Checklist voor kleine en middelgrote windturbines..... | 76 |
| 11.1 | Motivatie | 76 |
| 11.2 | Economische haalbaarheid..... | 77 |
| 11.3 | Windaanbod..... | 78 |
| 11.4 | Materiaalkeuze: Turbine | 79 |
| 11.5 | Kwaliteit en conformiteit..... | 87 |
| 11.6 | Materiaalkeuze: Mast | 88 |
| 12 | Participatie en inspraak | 91 |
| 13 | Referenties | 96 |

1 Juridisch kader

1.1 Stedenbouwkundige vergunning

Voor kleine windturbines, dit zijn windturbines met een ashoogte van maximaal 15 m (gemeten vanaf de voet van de mast tot aan het rotormiddelpunt), is enkel een stedenbouwkundige vergunning vereist. Bij middelgrote windturbines, turbines met een ashoogte groter dan 15 m en een vermogen t.e.m. 300 kW, is een bijkomende beknopte lokalisatienota vereist. Een milieueffectenrapport (of een vraag tot ontheffing) vervangt de lokalisatienota indien het gaat over:

- 20 windturbines of meer; of,
- 4 windturbines of meer, die een aanzienlijke invloed hebben of kunnen hebben op een bijzonder beschermd gebied.

Voor grote windturbines (> 300 kW) zijn, naast een stedenbouwkundige vergunning, afhankelijk van het vermogen bepaalde klasse milieuvergunningen vereist.

Voor de toekenning van een stedenbouwkundige vergunning bestaan er twee administratieve procedures¹:

1. de reguliere procedure, wanneer een deel of de totale energieopwekking bestemd is voor eigen gebruik van de aanvrager(s);
2. de bijzondere procedure, wanneer de energieopwekking bestemd is voor het algemeen belang of publiekrechtelijke rechtspersonen.

Kleine en middelgrote windturbines worden vooral ingezet voor de elektriciteitsvoorziening bestemd voor eigen verbruik van één enkele woning, bedrijf of inrichting. Vanuit die vaststelling kan gesteld worden dat de meeste kleine en middelgrote windturbines volgens de reguliere procedure beoordeeld worden. *“Een vergunning wordt binnen de reguliere procedure afgeleverd door het college van burgemeester en schepenen van de gemeente waarin het voorwerp van de vergunning gelegen is.”*² Middelgrote windturbines worden in de praktijk meestal door een KMO of inrichting aangevraagd, met als doel een deel van of het volledig eigen verbruik op te wekken. Als vanuit de energiebehoefte van de inrichting, waar de turbine wordt voorzien, kan worden aanvaard dat de turbine wordt beoordeeld als ondergeschikte aanhorigheid en dus wordt beoordeeld

¹ Vlaamse Codex Ruimtelijke Ordening, Vergunningenbeleid (gew. dec. 16/7/2010)

² Vlaamse Codex Ruimtelijke Ordening, Vergunningenbeleid, reguliere procedure

zoals hierboven aangegeven (Van Mechelen D. & Crevits H., 2009), zal de stedenbouwkundige vergunningsprocedure verlopen volgens de reguliere procedure. Deze middelgrote windturbines worden aan het net gekoppeld, maar de energieopwekking staat niet in voor de opwekking ten algemene, publieke energiebehoefte waardoor de doelstelling anders is.

Van zodra een middelgrote windturbine een betekenisvolle bijdrage levert of kan leveren aan de openbare elektriciteitsproductie, wordt vanuit haar functie voor het algemeen belang beoordeeld. Van zodra de energieopwekking dienst doet voor de algemene, publieke energiebehoefte en louter en alleen daardoor een windturbine aan het net wordt gekoppeld zal de vergunningsaanvraag beoordeeld worden volgens de “bijzondere procedure”. Aangezien de aangevraagde stedenbouwkundige vergunning niet onderworpen is aan de verplichting tot het opmaken van een milieueffectrapport, wordt de vergunning geleverd door de gewestelijke stedenbouwkundige ambtenaar.³ Hierbij wordt het college van burgemeester en schepenen van de gemeente als adviesinstantie aangewezen, net zoals de andere adviesinstanties.

Volgende adviesinstanties die relevant zijn bij een beoordelingsprocedure worden aangewezen in zowel de reguliere als de bijzondere procedure:

1. Agentschap Ruimtelijke Ordening, Woonbeleid en Onroerend Erfgoed;
2. Departement Landbouw en Visserij;
3. Infrabel;
4. de wegbeheerder;
5. het havenbedrijf;
6. het polderbestuur;
7. de administratie van de provincie;
8. de Vlaamse Milieumaatschappij;
9. nv De Scheepvaart, Waterwegen en Zeekanaal NV;
10. het Agentschap voor Maritieme Dienstverlening en Kust;
11. Departement Mobiliteit en Openbare Werken;
12. Afdeling Maritieme Toegang;
13. Agentschap voor Natuur en Bos;
14. Departement Leefmilieu, Natuur en Energie;
15. Departement Mobiliteit en Openbare Werken.

Aanvragers kunnen advies vragen aan de ‘interdepartementale werkgroep windenergie’ (IWWG). Deze groep is samengesteld uit 20 vertegenwoordigers van kabinetten, administraties en deskundigen

³ Vlaamse Codex Ruimtelijke Ordening, Vergunningenbeleid, bijzondere procedure

inzake o.a. ruimtelijke ordening, natuur, landbouw, energie, monumenten, landschappen en milieuvoorwaarden (geluid, slagschaduw, veiligheid). De adviesaanvraag verloopt voorafgaand aan de geldende vergunningsprocedures. Hoewel een adviesaanvraag niet verplicht is, en het advies niet bindend is, hebben de aanvragers er zowel in het kader van de bijzondere als in de reguliere procedure belang bij dit advies aan te vragen. Problemen kunnen op deze manier worden getraceerd. Aanvragers sturen hun project bij alvorens een vergunningsaanvraag wordt ingediend (Muyters P., Van den Bossche F., & J., 2014).

Ondanks dat dezelfde adviesinstanties ook individueel vertegenwoordigd zijn, komt het voor dat het advies van de windwerkgroep gunstig is, maar dat één of meerdere instanties die erin zetelen een ongunstig individueel advies overmaken.

1.2 De juridische waarde van een omzendbrief

De Vlaamse overheid wou een gecoördineerde ruimtelijke aanpak uitwerken rond de inplanting van windturbines met de Omzendbrief EME/2000.01 van 17 juli 2000 (Dewael P., Stevaert S., Dua M., Sauwens J., & Van Mechelen D., 2000). Deze omzendbrief werd vervangen door de Omzendbrief EME/2006/01- RO/2006/02 "Afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van windturbines" (Leterme Y., Van Mechelen D., & K., 2006) op 12 mei 2006 en specifiek voor kleine en middelgrote windturbines werd een Omzendbrief LNE/2009/01- RO/2009/01 "Beoordelingskader voor de inplanting van kleine en middelgrote windturbines" (Van Mechelen D. & Crevits H., 2009) opgemaakt op 30 april 2009. Op 25 april 2014 werd de omzendbrief voor grote windturbines vervangen door Omzendbrief RO/2014/02 (Muyters P. et al., 2014). Volgens deze laatste omzendbrief is het advies van de interdepartementale werkgroep windenergie niet bindend, doch sterk aan te raden. Deze omzendbrieven bevatten slechts richtlijnen die de Vlaamse overheid zich voorneemt te volgen bij het onderzoek van aanvragen voor de bouw en de exploitatie van windturbines. De omzendbrieven hebben dus geen verordenend karakter en kunnen dus geen nieuwe en dwingende rechtsregels creëren. De brieven verstrekken louter inlichtingen en kunnen dus niet rechterlijk getoetst worden (Agentschap Ondernemen, 2009a; Raad van State, 8 januari 2009).

1.3 Vlaamse overheid

1.3.1 Integratie van een kleine windturbine in de omgeving

De impact op de omgeving is afhankelijk van de vorm en het type turbine. De ruimtelijke integratie hangt daarnaast ook af van de kenmerken van de omgeving:

- Dichte bebouwingkern

Binnen uitgesproken woonomgevingen dient er erg omzichtig te worden omgegaan met de plaatsing, vanwege de negatieve effecten en de impact van een snel roterend object op deze omgeving. *“Door een aangepast formaat, type en hoogte van de turbine kan in sommige gevallen de impact op de omgeving geminimaliseerd worden en kan er aan de beoordelingsvoorwaarden inzake geluid en slagschaduw worden voldaan”* (Van Mechelen D. & Crevits H., 2009). In deze gebieden spreken we over een negatief aanknopingspunt bij het zoeken naar inplantingszones van KMWT's.

- Specifieke regionale bedrijventerreinen voor kantoren, wetenschapspark, transport distributie, logistiek, luchthaven gebonden bedrijven, enz.

“In deze gebieden worden kleine en middelgrote windturbines ruim aanvaard, [...] op voorwaarde dat inplanting hiervan geen hypotheek legt op de mogelijke inplanting van grootschalige windturbines.” (Van Mechelen D. & Crevits H., 2009) In deze gebieden spreken we over een sterk positief aanknopingspunt bij het zoeken naar inplantingszones van KMWT's.

- Agrarische gebieden

Hier wordt een eerder terughoudend beleid toegepast met betrekking tot kleine windturbines, wegens hun visuele impact op het landschap en ten aanzien van de open ruimte, en de mogelijke versterking van de fauna. Kleine windturbines dienen in deze gebieden steeds te worden opgericht in de onmiddellijke nabijheid van woningen, bedrijven, bovengrondse nutsvoorzieningen (installaties of gebouwen) of dergelijke meer en kunnen aldus niet solitair, noch in clusters zonder valabele ruimtelijke aanknopingspunt te midden van een openruimtegebied worden ingeplant. Binnen eerder dichte bebouwingkernen in de landelijke gebieden (dorpskernen, gehuchten, ...) gelden de hogervermelde criteria (Van Mechelen D. & Crevits H., 2009).

1.3.2 Geluidsemissie van KMWT

“Eén van de belangrijkste aspecten om geluidsnormen voor windturbines vast te leggen, is dat bij toenemende windsnelheid de omwentelingssnelheid van de windturbine toeneemt en daarmee ook het brongeluid. Met toenemende windsnelheid stijgt echter ook het achtergrondgeluid. De stijging van het achtergrondgeluid is sterker dan de stijging van het brongeluid. Daarom neemt de geluidshinder van windturbines eerder af bij toenemende windsnelheid. De beoordeling van de geluids-impact van windturbines gebeurt daarom volgens de internationaal gangbare methodes gewoonlijk bij een eerder beperkte windsnelheid, namelijk 8 m/s, waarbij de windsnelheid toch voldoende hoog is om te spreken van een normale werking van de windturbine. Bij zeer lage windsnelheden zal de windturbine immers stilstaan of aan een zeer laag toerental draaien, waarbij het brongeluid laag is. De meting van het brongeluid moet gebeuren overeenkomstig de Europese norm NEN-EN-IEC 61400-11.” (Schauvliege J., 2010)

Denemarken heeft een zeer grootschalige toepassing van windenergie. Hier bedraagt, voor de meeste gebieden, de geluidsemissienorm 44 dB bij 8 m/s (behalve voor specifieke geluidsgevoelige gebieden, bv. verzorgingsinstellingen).

In **Duitsland** bedraagt de norm 's nachts 45 dB in kerngebieden, dorpsgebieden en gemengde gebieden, te meten bij 10 m/s.

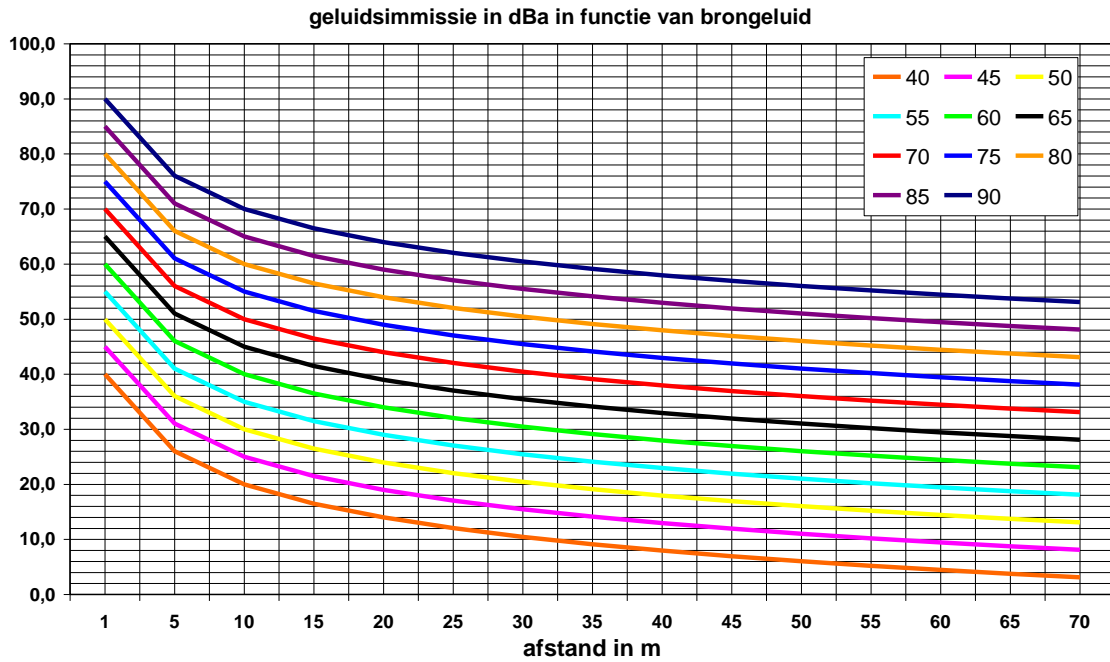
Nederland maakt gebruik van een zogenaamde windnormcurve. Bij een windsnelheid van 8 m/s, de gangbare windsnelheid om de geluidsimpact van windturbines te bepalen, bedraagt de norm 44 dB.

In **Frankrijk** dient de geluidsimpact bepaald te worden bij 8 m/s. Er is geen absolute geluidsnorm van toepassing, maar er wordt een overschrijding toegestaan van het achtergrondgeluid met 3 dB gedurende de nacht en 5 dB gedurende de dag.

De impact van geluidsemissie van een KMWT op de omgeving is een van de drie beoordelingscriteria, die in de omzendbrief LNE/2009/01 – RO/2009/01 opgesomd wordt, voor de goedkeuring van een stedenbouwkundige vergunningsaanvraag. Indien de geluidsproductie bepaalde normen (zie tabel hieronder) niet overschrijdt, kan de vergunningsaanvraag goedgekeurd worden. Daarom zal er bij de aanvraag een gecertificeerd attest bijgevoegd moeten worden met de geluidsproductie bij 5 m/s.

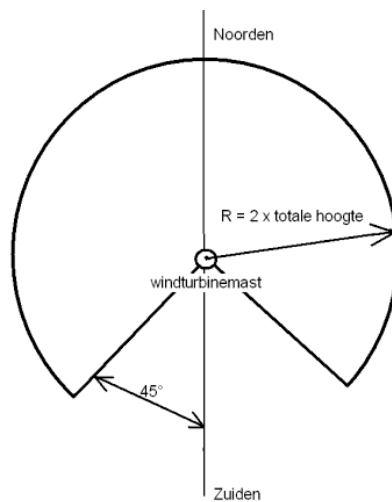
| GEBIED WAARIN DE DICHTSTBIJZIJNDE VREEMDE WONING IS GELEGEN | RICHTWAARDEN IN OPEN LUCHT [dB(A)] |
|--|--|
| | 'S NACHTS |
| 1° Buitengebieden (zoals gedefinieerd in het Ruimtelijke Structuurplan Vlaanderen; landbouwgebieden, natuur- en bosgebieden, andere groengebieden) en gebieden voor verblijfsrecreatie | 39 |
| 2° Gebieden of delen van gebieden op minder dan 500 m gelegen van industriegebieden niet vermeld sub 3° of van gebieden voor gemeenschapsvoorzieningen en openbare nutsvoorzieningen | 49 |
| 3° Gebieden of delen van gebieden op minder dan 500 m gelegen van gebieden voor ambachtelijke bedrijven en kleine en middelgrote ondernemingen, van dienstverleningsgebieden of van ontginningsgebieden, tijdens de ontginning | 44 |
| 4° Woongebieden | 39 |
| 5° Industriegebieden, dienstverleningsgebieden, gebieden voor gemeenschapsvoorzieningen en openbare nutsvoorzieningen en ontginningsgebieden tijdens de ontginning | 59 |
| 6° Recreatiegebieden uitgezonderd gebieden voor verblijfsrecreatie | 44 |
| 7° Alle andere gebieden, uitgezonderd: bufferzones, militaire domeinen en deze waarvoor in bijzondere besluiten richtwaarden worden vastgesteld | 39 |
| 8° Bufferzones | 54 |
| 9° Gebieden of delen van gebieden op minder dan 500 m gelegen van voor grindwinning bestemde ontginningsgebieden tijdens de ontginning | 49 |

Tabel 1: Richtwaarden voor de nachtelijk geproduceerde geluidssterkte in dB(A) (Van Mechelen D. & Crevits H., 2009)



Figuur 1. Geluidsemissie in dB(A) in functie van brongeluid (Van Mechelen D. & Crevits H., 2009)

Een tweede beoordelingscriterium voor het verkrijgen van een stedenbouwkundige vergunning, is de impact van de slagschaduw en de lichtreflecties van de draaiende wieken van de windturbine. Per definitie is slagschaduw; “schaduw die afkomstig is van een bewegende rotor van een windturbine als de intensiteit van het ingestraalde zonlicht hoger is dan 120 W/m^2 op een vlak loodrecht op de invalsricting van de zon” (VLAREM II). Uit onderzoek is gebleken dat slagschaduw beperkt blijft tot 30 u per jaar op een afstand van ongeveer tweemaal de totale hoogte van de windturbine, gemeten van de tip tot aan het maaiveld. Buiten deze zone kan men aannemen dat de hinder aanvaardbaar is.



Figuur 2. Ontoelaatbare slagschaduwzone (planzicht) rond KMWT (Van Mechelen D. & Crevits H., 2009)

1.3.3 Veiligheid

Om onveilige en risicovolle situaties te voorkomen worden ook vrij hoge kwaliteits- en veiligheidseisen aan kleine windturbines gesteld, aangezien deze veelal worden geplaatst op of naast gebouwen.

- Horizontale windturbine

Kleine windturbines met horizontale-as moeten voldoen aan de norm IEC 61400-2. Daarnaast dient ook een certificatieattest van een geaccrediteerde instelling te worden voorgelegd.

- Verticale windturbine

Voor verticale-as windturbines is er nog geen specifieke Europese norm vastgelegd, maar zij dienen te voldoen aan de algemene veiligheidsnormen voor bouwconstructies en moeten gebouwd worden volgens de normen van een goede uitvoeringspraktijk.

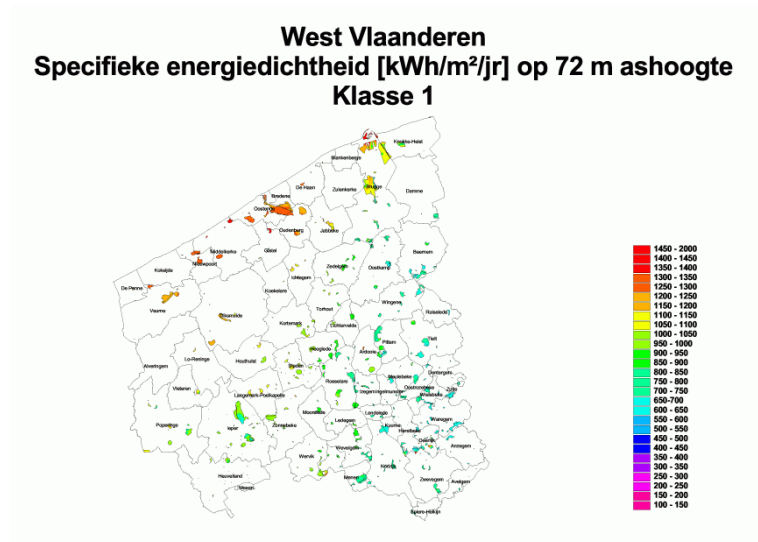
2 Windplan Vlaanderen

In 2000 werd in opdracht van de Vlaamse overheid een Windplan Vlaanderen opgemaakt, maar er bestaan ook provinciale en gemeentelijke plannen. Dit vastgelegd toetsingskader is richtinggevend, maar niet bindend. De Organisatie Duurzame Energie (ODE) stelde in opdracht van de Vlaamse overheid, in samenwerking met de VUB, het Windplan Vlaanderen op. Op basis van de op dat ogenblik geldende afwegingscriteria en de gewestplanbestemmingen werd een GIS-oefening gemaakt van de ruimte die beschikbaar is voor windenergie in Vlaanderen. Als kaartbasis werd gekozen voor de gewestplannen. Informatielagen die hoofdzakelijk exclusiezones bevatten werden vervolgens, met behulp van GIS, op de gewestplannen geïmplementeerd zodat alle gegevens uiteindelijk op één gedetailleerde kaart verzameld werden.

Op basis van de beschikbare ruimtelijke informatie werd een analyse van het grondgebied uitgevoerd. Het grondgebied werd verdeeld in vier klassen (Cabooter, Dewilde, & Langie, 2000).

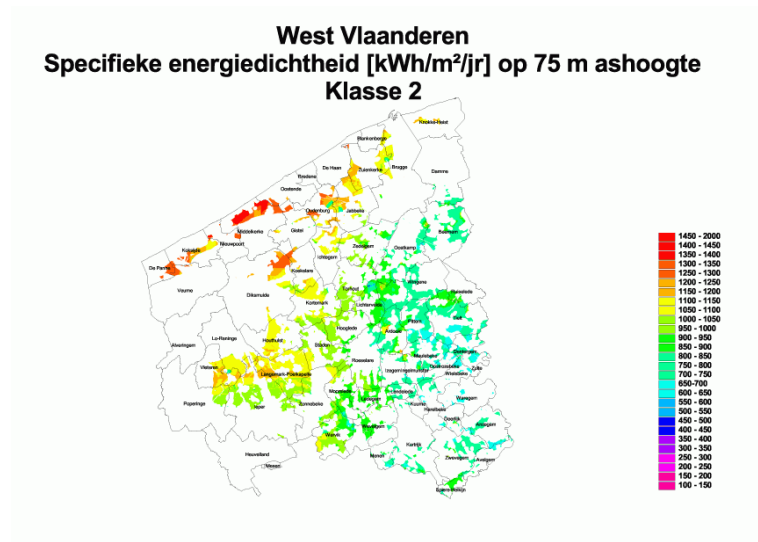
- Klasse 0 – basiskleur rood – Gebieden die niet in aanmerking komen
 - woongebieden (incl. buffer van 250 m rond woongebieden)
 - natuurgebieden
 - beschermde monumenten, dorpsgezichten en landschappen
 - habitat- en vogelrichtlijngebieden

- Klasse 1 – basiskleur groen – Gebieden die zeker in aanmerking komen met hoogste prioriteit
 - industriegebieden
 - dienstverleningszones
 - gebieden voor gemeenschapsvoorzieningen en openbaar nut



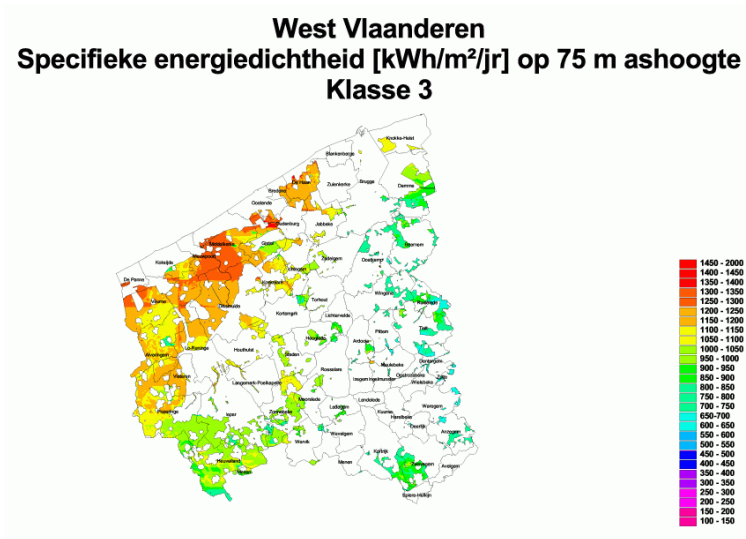
Figuur 3. Windplan Vlaanderen waarvan klasse 1 voor provincie West-Vlaanderen is weergegeven (Cabooter et al., 2000)

- Klasse 2 – basiskleur geel – Gebieden die voorwaardelijk in aanmerking komen
 - agrarische gebieden
 - recreatiegebieden



Figuur 4. Windplan Vlaanderen waarvan klasse 2 voor provincie West-Vlaanderen is weergegeven (Cabooter et al., 2000)

- Klasse 3 – basiskleur oranje – Gebieden die voorwaardelijk in aanmerking komen, mits goede afweging
 - landschappelijk waardevolle agrarische gebieden



Figuur 5. Windplan Vlaanderen waarvan klasse 3 voor provincie West-Vlaanderen is weergegeven (Cabooter et al., 2000)

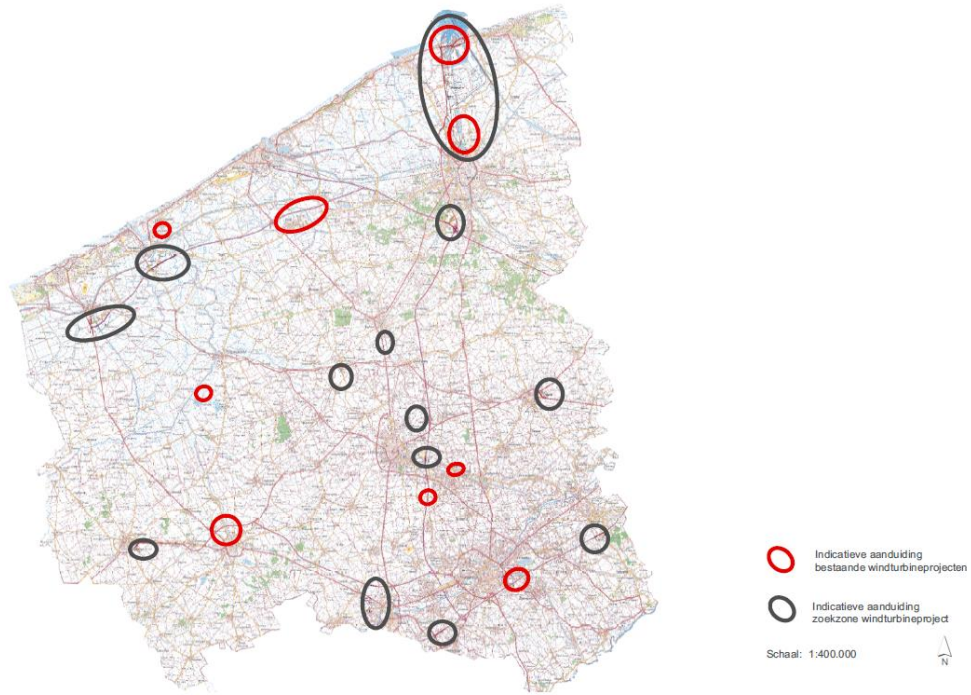
Het Windplan is opgesteld in 2000 en is sindsdien niet geactualiseerd.

2.1 Provincie

Tot op heden is het provinciaal beleid omtrent windturbines voornamelijk gericht op grote windturbines. Met uitzondering van de provincie Vlaams-Brabant hebben de Vlaamse provincies allen een provinciaal beleidskader omtrent (grote) windturbines. Het provinciaal beleid van de provincies wordt hier iets nader bekeken.

2.1.1 West-Vlaanderen

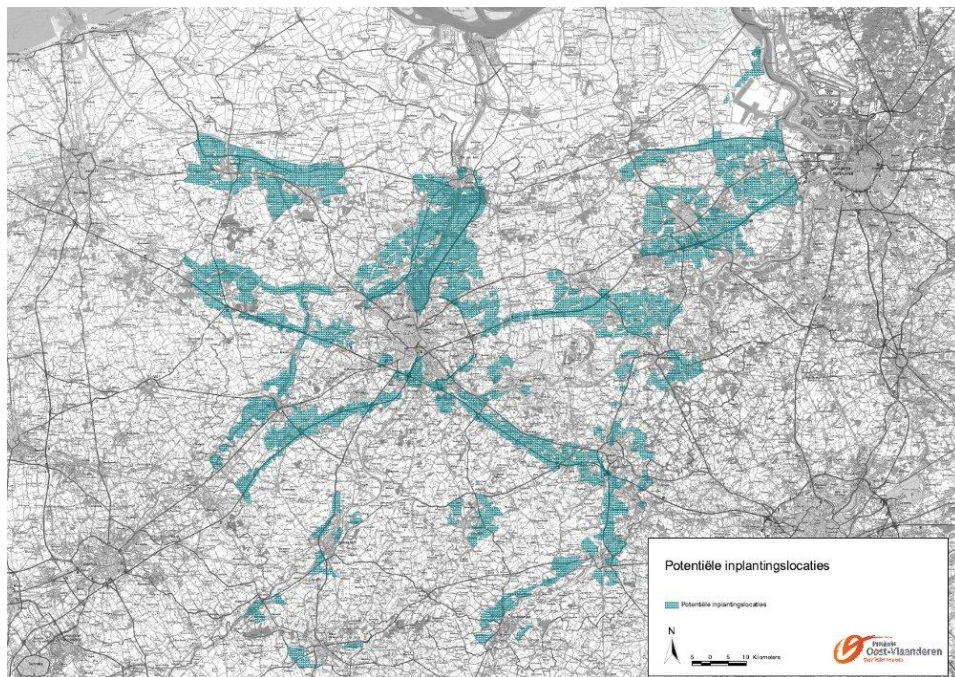
Een inpasbaarheidskaart op basis van een globale landschapsanalyse werd door de provinciale administratie van West-Vlaanderen opgemaakt in 2009. Een aantal zoekzones voor de inplanting van windturbines die volgens de administratie geschikt zijn werden geselecteerd. Doordat deze zoekzones zeer restrictief werden gekozen, krijgt deze inpasbaarheidskaart veel kritiek te meer omdat de provincie West-Vlaanderen in vergelijking met andere provincies de beste windomstandigheden heeft.



Figuur 6. Inpasbaarheidskaart windturbines West-Vlaanderen (D'eigens & Barbery, 2009)

2.1.2 Oost-Vlaanderen

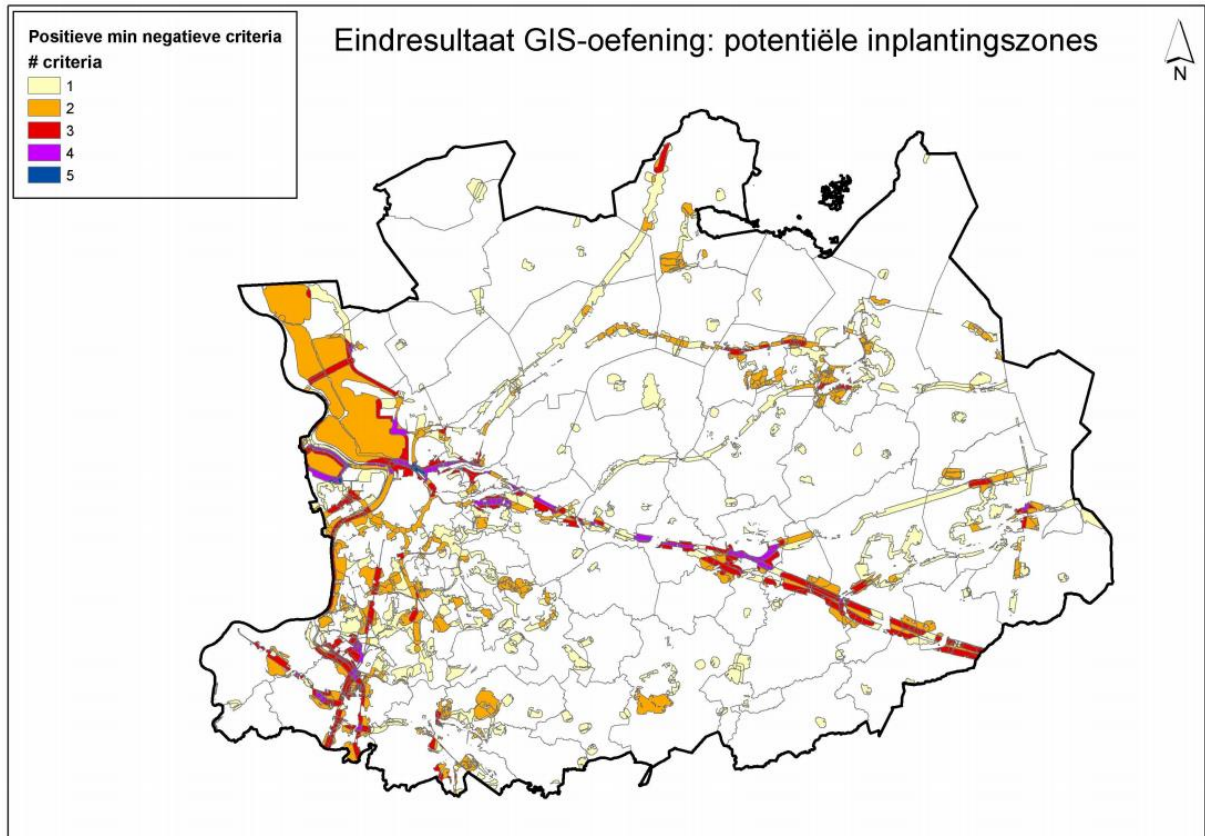
Een uitgebreid Provinciaal Beleidskader Windturbines is in Oost-Vlaanderen als addendum aan het Ruimtelijk Structuurplan Oost-Vlaanderen toegevoegd.



Figuur 7. Kaart met de initiële zoekzones voor potentiële inplantingslocaties van pilotprojecten rond windturbines (Oost-Vlaanderen Energielandschap 2015)

2.1.3 Antwerpen

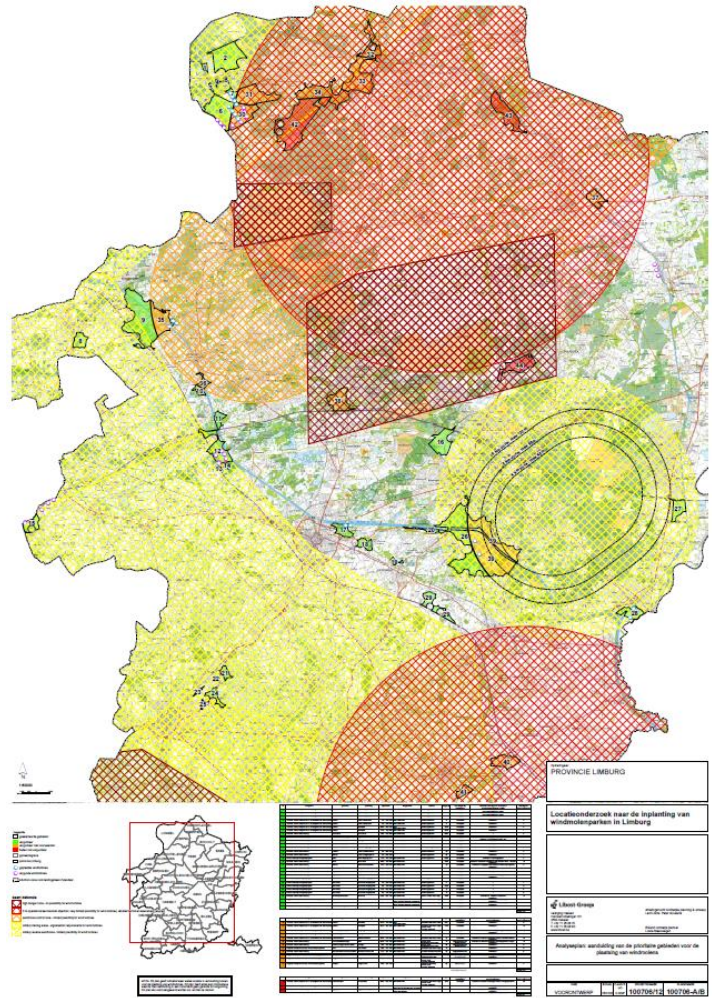
Een screening naar potentiële inplantingsplaatsen gevoerd door het Departement Ruimtelijke Planning en Mobiliteit lijkt sterk op het Windplan Vlaanderen (Cabooter et al., 2000). In tegenstelling tot het Windplan Vlaanderen werden vele parameters niet in rekening gebracht, waaronder natuur (Everaert, Peymen, & Straaten, 2011).



Figuur 8. Potentiële inplantingszones Antwerpen (Departement Ruimtelijke Ordening en Mobiliteit, 2010)

2.1.4 Limburg

Een windplan werd in Limburg opgesteld door de locaties in drie klassen in te delen: een vergunbaar gebied werd groen gekleurd, een vergunbaar gebied met voorwaarden oranje en een gebied dat op het moment van schrijven niet vergunbaar was rood. Het plan is een GIS-oefening op kaart, net zoals het Windplan Vlaanderen.



Figuur 9. Windplan met potentieel vergunbare gebieden (Provincie Limburg, 2012)

2.1.5 Vlaams-Brabant

Voor Vlaams-Brabant zijn er geen lokale inpasbaarheidskaarten voor windturbines beschikbaar. De deputatie heeft, bij monde van gedeputeerde J. P. Olbrechts, tijdens de provincieraad van dinsdag 27 maart 2012 bevestigd dat er geen provinciaal windplan bestaat en komt. De provincie wil zich baseren op het Vlaamse windplan met al de besluiten hieromtrent.

3 Bestaande beleidscontext voor windturbines in Europa

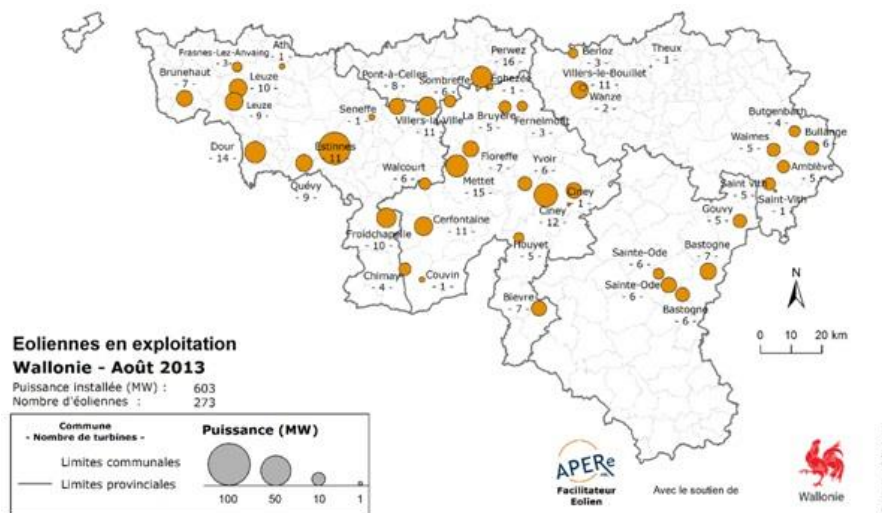
3.1 Wallonië

Net als in Vlaanderen dient er een stedenbouwkundige aanvraag te worden ingediend voor de installatie van een KMWT. In tegenstelling tot de regelgeving in Vlaanderen wordt er niet gekeken naar de masthoogte maar naar het vermogen van de windturbine; wanneer het nominaal vermogen lager is dan 100 kW bij een windturbine, wordt deze windturbine beschouwd als een kleine windturbine (Runacres M., Vermeir J., & De Troyer T., 2012).

Bij de inplanting van een windturbine wordt gekeken naar de afstand van de turbine en de omliggende gebouwen die niet behoren tot de eigendom. Zo moet de windturbine op een minimumafstand geplaatst worden van de perceelgrens van de totale hoogte van de windturbine of 15 m indien de totale hoogte kleiner zou zijn.

Er is geen geluidsnorm opgegeven waaraan de windturbine en de inplanting hiervan moeten voldoen. Zo zal het gemeentebestuur naar eigen mening oordelen of de geluidsproductie van de windturbine aanvaardbaar is. Het gemeentebestuur zal ook de inplanting van de installatie beoordelen aan de hand van het gewestplan en kan in sommige gevallen een afwijking toestaan.

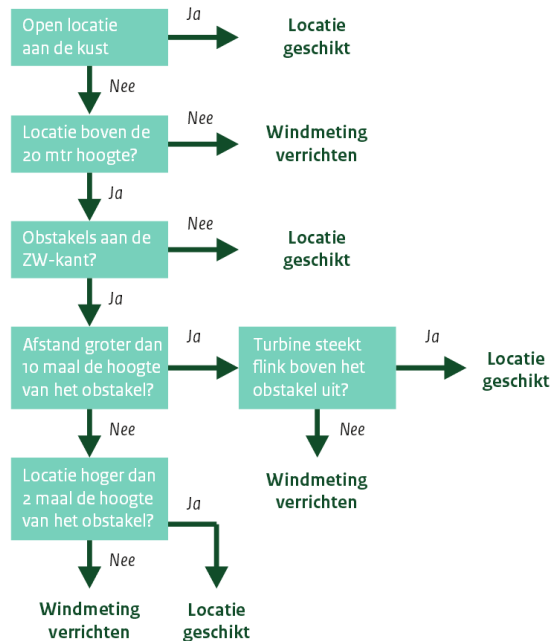
Er kan gesteld worden dat geluidsemissie en slagschaduw in Vlaanderen meer objectief kan worden beoordeeld, wanneer de omzendbrief wordt gevolgd. De beoordeling van de inplanting van de installatie verloopt in Wallonië dan weer meer objectief, aangezien er aan de hand van het gewestplan wordt beoordeeld.



Figuur 10. Reeds geïnstalleerde windturbines in Wallonië (Energie Wallonie, 2015)

3.2 Nederland

Voor het bouwen van een windturbine is een omgevingsvergunning nodig (de voormalige bouwvergunning), welke wordt gekeurd door de gemeente. Voor windturbines gelden algemene regels ter bescherming van het milieu en de omgeving (zoals de Lden-norm (*Level day, evening and night*) en Lnight-norm (*level night*) voor de toegestane geluidsbelasting). De gemeente hanteert het plaatselijke bestemmingsplan waarin staat wat wel of niet is toegestaan in een wijk of stad. In de meeste bestemmingsplannen is vastgelegd hoe hoog een bepaald bouwwerk mag zijn, of waar windenergie toegestaan is.



Figuur 11. Quickscan locatie kleine windturbine in Nederland (Ministerie van Economische Zaken Landbouw en Innovatie, 2010)

3.3 Verenigd Koninkrijk

De regelgeving in de UK is verschillend in Noord-Ierland en Wales ten opzichte van Engeland en Schotland (Runacres M. et al., 2012). Zo is er altijd een bouwaanvraag nodig in Wales en Noord-Ierland, maar kan het indienen van een bouwaanvraag Engeland en Schotland in bepaalde gevallen vermeden worden. In tegenstelling tot Vlaanderen wordt er wel een onderscheid gemaakt tussen BMWT (Building-Mounted Wind Turbines) en losstaande windturbines. Microwinturbines, kleine en middelgrote windturbines worden op volgende manier in categorieën onderverdeeld:

| Omschrijving | Vermogen [kW] | Jaarlijkse energieopbrengst [kWh/jaar] | Totale hoogte [m] |
|--------------|---------------|--|-------------------|
| Micro | 0 - 1,5 | tot 1000 | 0,5 - 5 |
| Klein | 1,5 - 15 | tot 50000 | 2 - 50 |
| Middelgroot | 15 - 100 | tot 200000 | 50 - 250 |

Tabel 2. Onderverdeling windturbines Verenigd Koninkrijk (Runacres M. et al., 2012)

Net als in Vlaanderen dient er aan de volgende beoordelingscriteria voldaan te worden:

- Visuele impact op de omgeving: in de meeste gevallen volstaat een beperkte studie (bijvoorbeeld een fotomontage).
- Geluidsemisatie: de geluidsproductie van de windturbine moet beperkt zijn tot 45 dB op een afstand van 1 m van het dichtste raam van elke naburig gelegen eigendom. Wanneer kan worden aangetoond dat het achtergrondgeluid (bijvoorbeeld bij een gebied dichtbij autosnelwegen) hoger is dan de norm, is het mogelijk om via een impactstudie de regelgeving te versoepelen.
- Belemmering voor fauna, flora, vogels en vleermuizen: er zijn verschillende zones afgebakend waar bouwaanvragen heel gedetailleerd worden onderzocht. Rondom deze zones wordt er een buffer gehouden, afhankelijk van het type windturbine.
- Luchtvaart: hier wordt duidelijk gesteld dat kleine windturbines geen invloed hebben op radars van vliegtuigen, behalve in de buurt van luchthavens. Rondom luchthavens dienen windturbines aan bijkomende richtlijnen van de bevoegde instantie te voldoen.
- Interferentie met elektronische communicatie en televisie ontvangst: hierbij mogen windturbines rondom dergelijke zend- en ontvangapparatuur, niet hoger zijn dan 15m en de rotorbladen mogen geen metaaldeeltjes bevatten. In het geval van vaste netwerken (zoals de links tussen de verschillende televisiestations) mag de turbine niet dichterbij dan 100 m van een naburig televisiestation staan. Een bouwvergunning kan dan toch nog worden goedgekeurd wanneer er bepaalde richtlijnen worden gevolgd.
- Beschermd archeologische sites en erfgoed: hierbij wordt er gekeken naar visuele verstoring van het landschap, maar ook effecten die deze windturbines kunnen hebben op archeologische monumenten (bijvoorbeeld ten gevolge van trillingen).

3.3.1 Engeland

In Engeland zijn er een aantal strikte regels waaraan moet worden voldaan voordat het mogelijk is om een windturbine te mogen plaatsen (Runacres M. et al., 2012):

- Beschermd archeologische sites en erfgoed: een KMWT mag niet geplaatst worden in, op of naast een beschermd zone.
- Cluster: enkel voor een cluster van windturbines is er een bouwvergunning nodig.
- Visuele impact: De windturbine moet zo ver mogelijk worden geplaatst van het gebouw om het visueel effect op de buitenzijde van het gebouw te verminderen.
- Voor de bladen van windturbines mag er geen reflectief materiaal gebruikt worden om reflecties zo veel mogelijk te vermijden.
- De wieken van de windturbine mogen niet lager dan 5 m van de grond zich bewegen.

- Het rotoroppervlak mag niet meer dan 3,8 m² bedragen.

Voor de vrijstaande windturbines zijn er een aantal extra regels opgelegd, waaronder:

- De windturbine dient verder dan 10 % van de hoogte van deze installatie geplaatst te worden van de perceelgrens.

3.3.2 Schotland

Hier is enkel een bouwvergunning noodzakelijk voor BMWT's, niet voor vrijstaande KMWT's tenzij (Runacres M. et al., 2012):

- het gaat om een cluster van windturbines;
- de windturbine op een afstand van minder dan 100 m geplaatst wordt van een andere eigendom.

Deze bouwvergunning wordt goedgekeurd door de lokale stedenbouwkundige verantwoordelijke.

3.4 Frankrijk

In Frankrijk moet er voor windturbines met een ashoogte kleiner dan 12 m enkel een verklaring van installatie worden ingediend. Boven een ashoogte van 12 m, dient er wel een stedenbouwkundige vergunning aangevraagd te worden. Er gelden enkele beoordelingscriteria bij deze bouwaanvraag (Runacres M. et al., 2012):

- De wieken mogen de perceelgrens niet overschrijden.
- De afstand tussen de windturbine en de perceelgrens moet minimaal 3m bedragen.
- De aanvraag zal worden afgekeurd als deze in beschermd of geklasseerd gebied zou geplaatst worden.

In Franrijk gelden dus geen vaste criteria ten opzichte van geluidsemissie, slagschaduw, visuele impact, enz. voor kleine windturbines; de bevoegde gemeente beoordeelt deze vergunning.

Windturbines met een ashoogte groter dan 50 m worden beschouwd als middelgroot en hebben wel een aparte aanvraagprocedure.

3.5 Duitsland

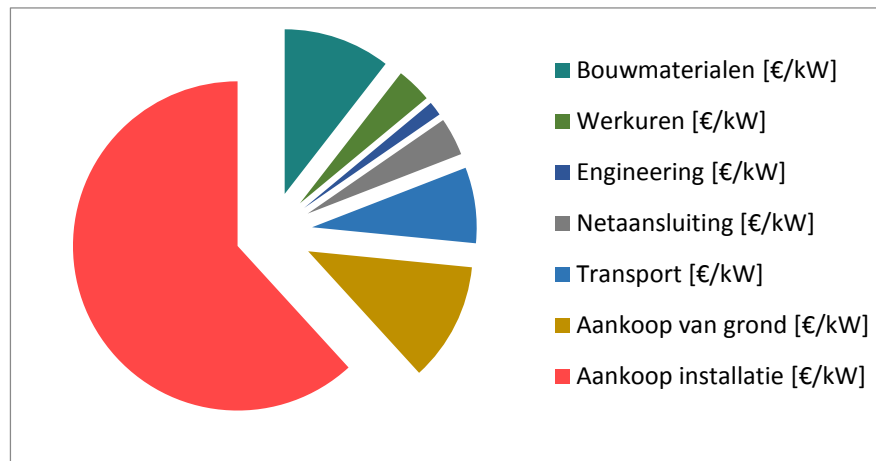
In Duitsland wordt een bouwaanvraag voor een KMWT beoordeeld door de bevoegde deelstaat, wanneer de totale hoogte (incl. turbine, rotor en mast) van de windturbine lager dan 30 m is (Runacres M. et al., 2012). Er werden een aantal criteria door de federale overheid opgesteld, waarbij deze regels worden gebruikt als richtlijnen voor het al of niet toekennen van de vergunning, maar de bevoegde deelstaat kan zelf een aantal wijzigingen in de regels doorvoeren.

Hierbij worden volgende richtlijnen opgelegd door de federale overheid:

- Er mag niet meer dan 50 % van de opgewekte energie van de KMWT worden geïnjecteerd op het net.
- De afstand tussen de turbine en de gevel van omwonenden moet minimaal 4 keer de totale hoogte van de turbine zijn in residentiële wijken. Verticale-as windturbines mogen dichter geplaatst worden.
- Er wordt ook gekeken naar de impact van de KMWT op de omgeving.

4 De initiële investering

De aankoop van een KMWT-installatie wordt geschat op 61.7 % van de totale kosten van een windenergieproject (Bortolini, Gamberi, Graziani, Manzini, & Pilati, 2014) en bijgevolg is een accurate inschatting van het totale investeringsbedrag van cruciaal belang voor de uiteindelijke economische analyse.



Figuur 12. KMWT gemiddelde kosten distributie (Bortolini et al., 2014)

De investering voor de installatie, C_0 , wordt uitgedrukt als:

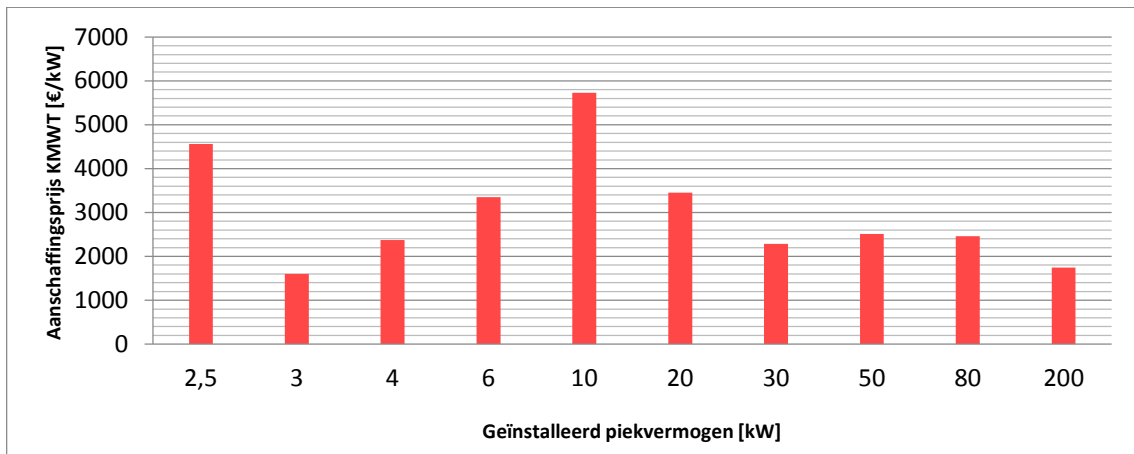
$$C_0 = C_p + C_T + C_I$$

met:

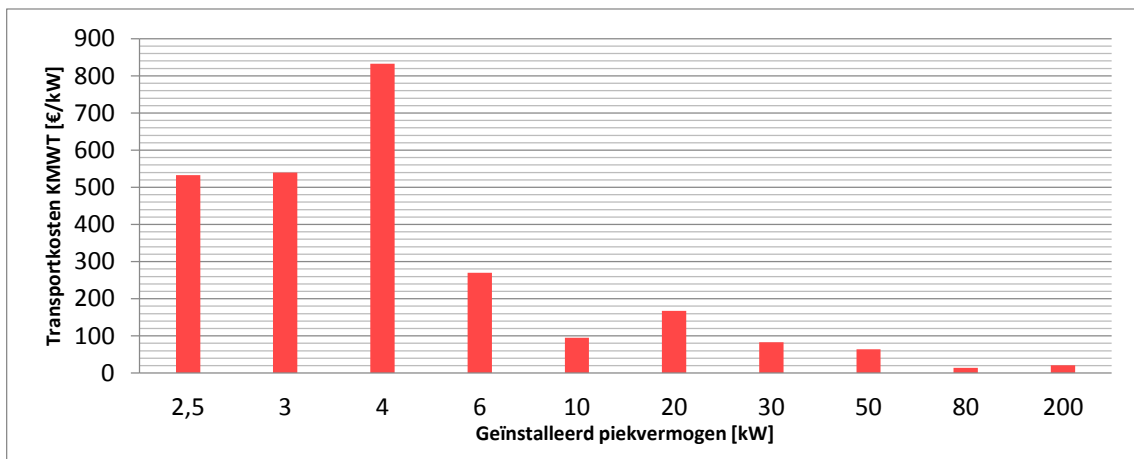
| | | |
|-------|------------------------|-----|
| C_p | aanschafkosten KMWT | [€] |
| C_T | transportkosten KMWT | [€] |
| C_I | installatiekosten KMWT | [€] |

Het aankoopbedrag van de KMWT-installaties werd bepaald door middel van een marktonderzoek uitgevoerd op wereldwijd gevestigde producenten. De resultaten van het onderzoek zijn samengevat in de volgende figuren, waarbij de KMWT's zijn gerangschikt volgens het piekvermogen van de turbine. Figuur 13 toont dat de aanschafkosten geen duidelijk verband hebben met het piekvermogen

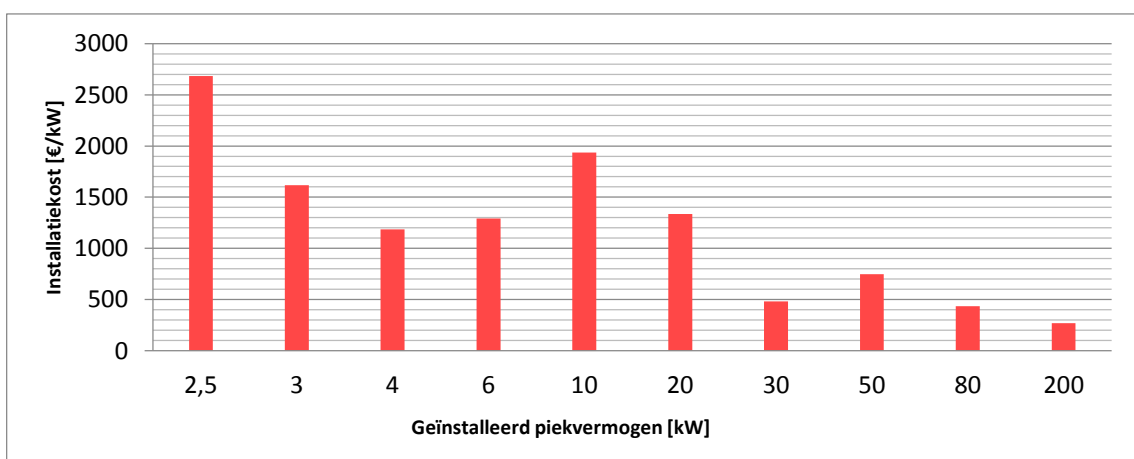
van een KMWT en er dus geen sprake is van een zogenaamd schaalvoordeel. Op transportkosten en installatiekosten treden er duidelijk schaalvoordelen op.



Figuur 13. Aanschafkosten van enkele KMWT installaties (Bortolini et al., 2014)



Figuur 14. Gemiddelde kosten voor KMWT transport naar EU-landen (Bortolini et al., 2014)



Figuur 15. Gemiddelde installatie kost voor KMWT in Europa (Bortolini et al., 2014)

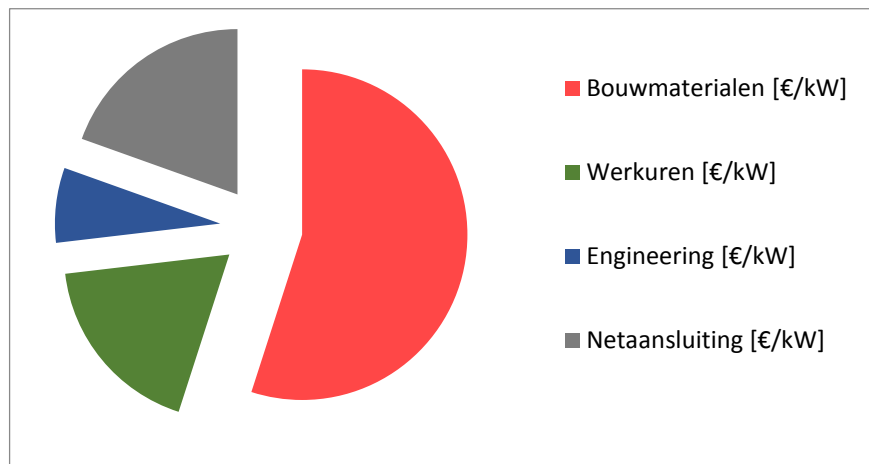
De inkomsten van de windturbine installatie, R_j , zijn afhankelijk van de windenergieproductie die gebruikt wordt voor lokale consumptie of voor de verkoop aan het elektriciteitsnet. De

transportkosten werden gekwantificeerd in de veronderstelling dat alle turbines werden verscheept vanuit elk beschouwd land van de leverancier van de installatie.

De installatiekost is waarschijnlijk de meest kritische parameter om te evalueren. De installatiekost kan volgens volgende onderdelen worden onderverdeeld:

- 1) de uitgaven voor de aankoop van materialen die voor de turbine–installatie en voor de fundering nodig zijn;
- 2) arbeidskosten van de installatie, d.w.z. salaris van de werknemer, kraanverhuur, e.d.;
- 3) haalbaarheidsonderzoek en engineering;
- 4) netaankoppelingskosten, d.w.z. kabels, voedingsunit en controlesysteem, inclusief licentiekosten;
- 5) kosten voor de aankoop van het benodigde grondoppervlak.

Aangezien in Vlaanderen de KMWT's in de meeste gevallen geplaatst worden op de grond van de eigenaar van de KMWT's werd deze laatste factor, aankoop van de benodigde grondoppervlak, in volgende voorstelling weggelaten.



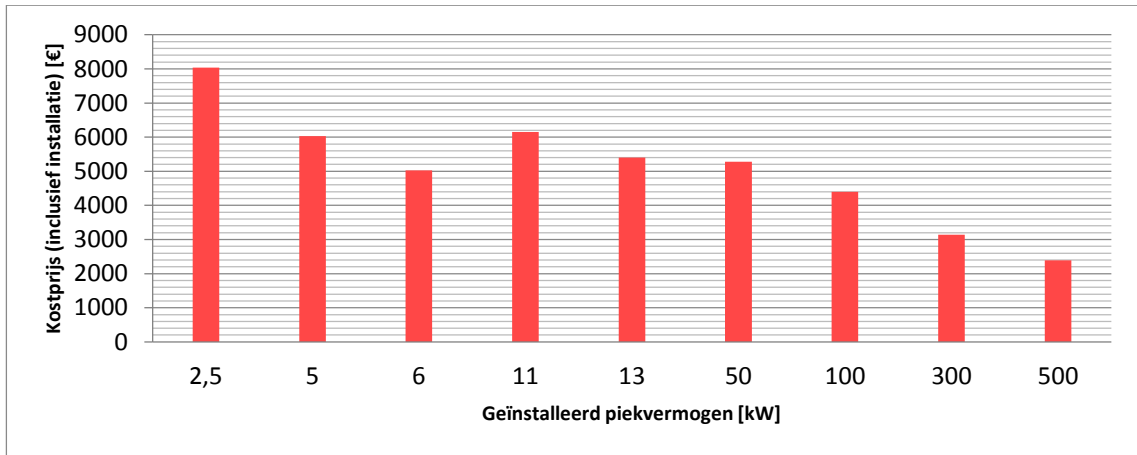
Figuur 16. Installatiekosten weergegeven per onderdeel (Bortolini et al., 2014)

Renewable UK gaf in 2012 de opdracht aan Element Energy om de kostprijs van kleine en middelgrote windturbines te evalueren. De studie toonde aan dat de kostprijs voor kleine en middelgrote windturbines met ongeveer 20% sinds 2009 was gestegen. Deze stijging in kostprijs was het gevolg van:

- verhoging van de materiaalprijzen (staal, koper, neodymium);
- installateurs die hogere marges nemen op de installatie van KMWT's;
- fabrikanten rekenen garantiekosten aan voor KMWT's;

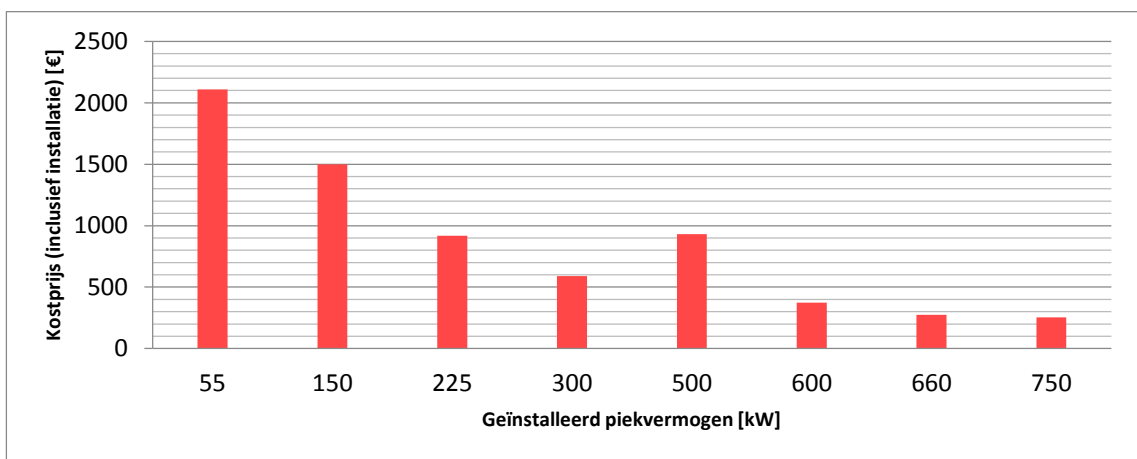
- financiële moeilijkheden van sommige fabrikanten;
- certificeringskosten.

De kostprijs (inclusief installatie) voor een reeks turbines met een vermogen van 2,5 tot 500kW zijn hieronder afgebeeld. Het dalen van de totale kostprijs per piekvermogen is te wijten aan de schaalvoordelen die gepaard gaan met een hoger piekvermogen.

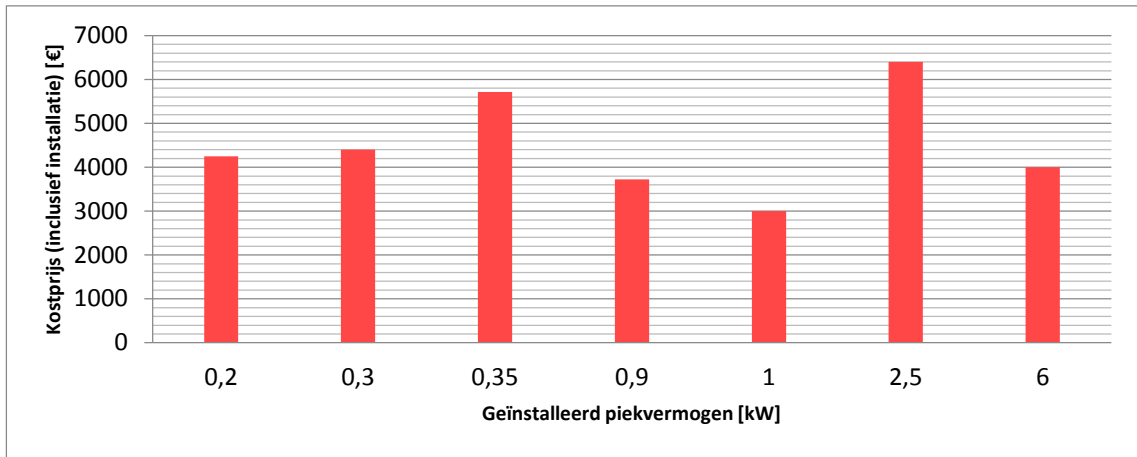


Figuur 17. Kostprijs van kleine en middelgrote windturbines in VK, 2012 (Renewable UK, 2013)

Net als in UK werden in Denemarken en Duitsland de prijzen van kleine en middelgrote windturbines geëvalueerd.

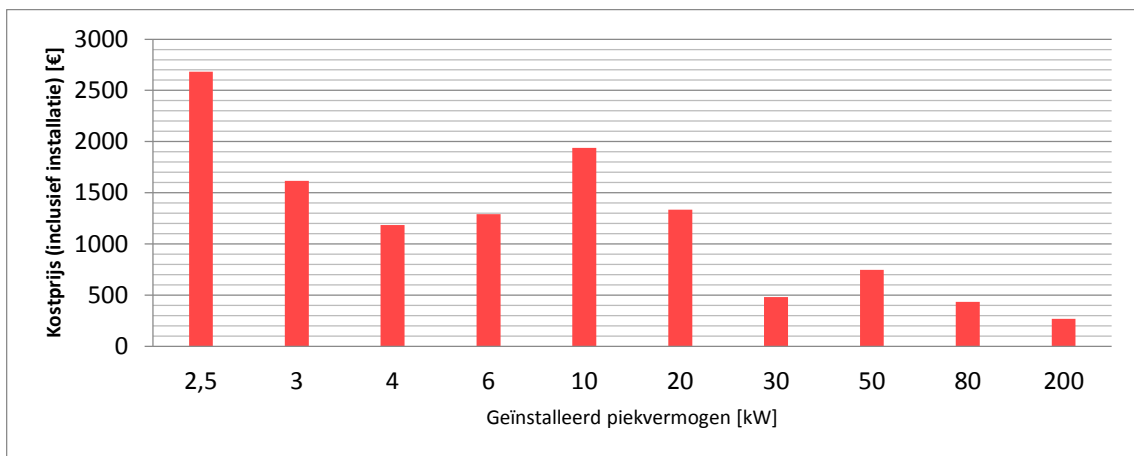


Figuur 18. Kostprijs van kleine en middelgrote windturbines in Denemarken, 2002 (Hjuler Jensen P. et al., 2002)



Figuur 19. Kostprijs van kleine en middelgrote windturbines in Duitsland, 2012 (Patrick Jüttemann, 2015)

In “Performance and viability analysis of small wind turbines in the European Union” (Bortolini et al., 2014) wordt met al deze voorgaande studies rekening gehouden en wordt hier verder uitgebreid onderzoek aan toegevoegd om tot een verbeterde evaluatie te komen van de kostprijs van kleine en middelgrote windturbines.



Figuur 20. Kostprijs van kleine en middelgrote windturbines in Europese Unie, 2013 (Bortolini et al., 2014)



4.1 Kostprijs elektriciteit per piekvermogen

| Turbine type | Ampair 6000 | Gaia Wind | Proven 35 | Enercon E-33 | Vergnet | Enercon E-20 |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
| Ashoogte [m] | 15 | 15 | 15 | 50 | 55 | 39,5 |
| Nom. vermogen [kW] | 6 | 15 | 12,68 | 300 | 275 | 100 |
| V wind ashoogte [m/s] Blankenberge | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 6,1 | 6,3 | 5,8 |
| Net. opbrengst [kWh/j] Blankenberge | 5970 | 21973 | 18289 | 750900 | 601500 | 213600 |
| V wind ashoogte [m/s] Brussegem | 3,9 | 3,9 | 3,9 | - | - | - |
| Net. opbrengst [kWh/j] Brussegem | 4647 | 16988 | 14164 | - | - | - |
| V wind ashoogte [m/s] Lochristi | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 5,3 | 5,4 | 5 |
| Net. opbrengst [kWh/j] Lochristi | 4193 | 15752 | 13077 | 522700 | 402800 | 148800 |
| V wind ashoogte [m/s] Wuustwezel | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 5,9 | 6 | 5,6 |
| Net. opbrengst [kWh/j] Wuustwezel | 6000 | 22136 | 18537 | 668000 | 523100 | 196100 |
| Schatting kostprijs (inclusief installatie) [€] | 7746 | 24547,5 | 26615 | 39750 | 45891 | 40750 |

Tabel 3. Overzicht kostprijs elektriciteit per piekvermogen KMWT's (Mermuys K., 2010)

5 Steunmechanismen in Vlaanderen

De verkoop van fotovoltaïsche installaties zat tussen 2006 en 2009 in de lift. Op 1 januari 2006 traden in Vlaanderen de steunmaatregelen voor de PV–installaties in werking.⁴ Een duidelijk verschil was er te merken qua beleid tussen de regelgeving van het Vlaamse Gewest enerzijds en die van het Waalse en Brussels Hoofdstedelijke Gewest anderzijds. In Vlaanderen bedroeg de minimumsteun 450 euro per overgedragen certificaat⁵, waar echter in beide andere gewesten de gegarandeerde minimumprijs voor groenestroomcertificaten vastgelegd was op 65 euro⁶. De royale ondersteuning en de enorme vraag naar zonnepanelen zorgde voor een sterke groei in dit marktsegment, maar leidde ook tot de daling van de investeringskosten. Hierdoor werd er geruime tijd veel meer subsidiëring toegekend dan nodig was om deze tijdig terug te verdienen, en kon men spreken van een oversubsidiëring. Ten gevolge van de kostendaling besliste de Vlaamse regering om de minimumsteun voor PV–panelen vanaf 2010 stelselmatig af te bouwen, zodat er geen sprake meer kon zijn van zo'n oversubsidiëring. Hieronder wordt het stelselmatig afbouwen van de minimumsteun weergegeven:

| Datum indienstname | Installaties met een vermogen van minder dan 250 kW: | | Installaties met een vermogen van meer dan 250 kW: | |
|----------------------------|--|---------|--|---------|
| | Minimumsteun per certificaat | Duur | Minimumsteun per certificaat | Duur |
| 2006-2009 | 450 euro | 20 jaar | 450 | 20 jaar |
| 2010 | 350 euro | | 350 | |
| januari tem juni 2011 | 330 euro | | 330 | |
| juli tem september 2011 | 300 euro | | 240 | |
| oktober tem december 2011 | 270 euro | | 150 | |
| januari tem maart 2012 | 250 euro | | 90 | |
| april tem juni 2012 | 230 euro | | 90 | |
| juli 2012 | 210 euro | 90 | 90 | |
| augustus tem december 2012 | 90 euro | 10 jaar | 90 | 10 jaar |

⁴ Hand VI. Pl. 2009–10, 4 mei 2010, nr.5.

⁵ Art. 7.1.6., §1, lid 4 Decreet van 8 mei 2009 houdende algemene bepalingen betreffende het energiebeleid, BS 7 juli 2009.

⁶ Art. 35 Besluit van de Waalse regering van 20 december 2007; art. 28 Ordonnantie Brusselse overheid van 19 juli 2001.

Tabel 4. Uitbetaling groenestroomcertificaten Vlaams Gewest (VREG, 2014)

5.1 Onrendabele top

De onrendabele-topberekeningsmethode werd reeds gebruikt in Nederland voor de SDE-subsidies (Stimulering Duurzame Energieproductie) en dit systeem heeft zijn kwaliteit al een hele tijd bij onze noorderburen bewezen. Op vraag van het Vlaams Energieagentschap paste het VITO en studie- en adviesbureau 3E deze berekeningsmethode aan de specifieke Vlaamse situatie aan. Deze onrendabele-topberekening zorgt ervoor dat een oversubsidiëring bij hernieuwbare energietechnologieën niet meer kan voorkomen.

“De onrendabele top van een investering is gedefinieerd als het productieafhankelijke gedeelte van de inkomsten dat nodig is om de netto-contante waarde van een investering op nul te doen uitkomen (Vlaams Energieagentschap, 2014b)”

De onrendabele top methode geeft aan in welke mate de minimum vergoeding in het kader van het systeem van groenestroomcertificaten in Vlaanderen dient aangepast te worden om zo de productie van groene stroom te stimuleren. Zo zien we ook dat PV-panelen na de invoer van de onrendabele top berekeningsmethode slechts groenestroomcertificaten krijgt van volgende bedragen:

| | GS Cat 1 ⁷ | GS Cat 2 ⁸ | GS Cat 3 ⁹ |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| OT | -30,4 | 57,8 | 47,8 |
| Bf | 0 | 0,596 | 0,493 |
| Bf (max) | 0 | 0,596 | 0,493 |
| Minimum | €0/MWh | €55.4/MWh | €45.8/MWh |
| Maximum | €0/MWh | €57.8/MWh | €47.8/MWh |

Tabel 5. Overzicht OT/Bf voor groenestroominstallaties PV-panelen
(Vlaams Energieagentschap, 2014a)

De onrendabele top (*OT*) is het bedrag per eenheid groene stroom dat in aanvullende inkomsten nodig is om de netto contante waarde (NCW) van een investering in een installatie voor de opwekking van groene stroom op nul te doen uitkomen.

⁷ Nieuwe installaties met een maximaal AC-vermogen van de omvormer(s) tot en met 10 kW

⁸ Nieuwe installaties met een maximaal AC-vermogen van de omvormer(s) groter dan 10 kW tot en met 250 kW

⁹ Nieuwe installaties met een maximaal AC-vermogen van de omvormer(s) groter dan 250 kW tot en met 750 kW

$$NCW_E(OT) = -I + \sum_{t=0}^T \frac{OKS_t(OT) - D_t - R_t}{(1 + r_e)^t}$$

met:

| | | |
|-------------|--|--------|
| I | het totale investeringsbedrag | [€] |
| $OKS_t(OT)$ | de operationele kasstroom na belastingen in jaar t | [€] |
| D_t | aflossing van lening in jaar t | [€] |
| R_t | interestbetaling in jaar t | [€] |
| r_e | gewenste rendement op eigen vermogen | [-] |
| T | economische levensduur van het project | [jaar] |

E

5.2 Berekeningswijze onrendabele top

In Bijlage III/1: “Berekeningswijze onrendabele top voor groene stroom voor projecten met startdatum vanaf 1 januari 2013 die vallen in de representatieve projectcategorieën” (Peeters & Vandenbossche, 2013) worden de verschillende hernieuwbare energiebronnen onderverdeeld in representatieve projectcategorieën. Zo worden fotovoltaïsche panelen opgesplitst in 3 categorieën:

1. Cat 1: Nieuwe installaties met een maximaal uitgaand vermogen van de omvormer(s) tot 10 kW
2. Cat 2: Nieuwe installaties met een maximaal uitgaand vermogen van de omvormer(s) van 10 kW tot 250 kW
3. Cat 3: Nieuwe installaties met een maximaal uitgaand vermogen van de omvormer(s) van 250 kW tot 750 kW

In tegenstelling tot fotovoltaïsche panelen worden windturbines niet in verschillende categorieën onderverdeeld. Zo worden windturbines opgenomen in één categorie, namelijk categorie 4: “Nieuwe installaties met betrekking tot windenergie op land, met een maximaal vermogen per turbine tot en met 4 MWe”.

Bijlage III/1 biedt een overzicht van de parameterwaarden waarmee de onrendabele top wordt uitgewerkt. Tussen deze parameters staan onder andere de aannames van het aandeel zelfafname van de geproduceerde elektriciteit (ZA_{EL}) en het gewenste rendement op totale investering (r) voor de projectcategorieën.

| Parameter | Cat 1 | Cat 2 | Cat 3 | Cat 4 |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| ZA_{EL} | 100% | 65% | 65% | 0% |
| r | 5 | 5 | 5 | 8 |

Tabel 6. Overzicht van gebruikte parameterwaarden waarmee de onrendabele top wordt uitgewerkt
(Vlaams Energieagentschap, 2014b)

Zo wordt aangenomen dat het aandeel zelfafname van de geproduceerde elektriciteit (Z_{EL}) 0 % is bij nieuwe installaties met betrekking tot windenergie op land, met een maximaal vermogen per turbine tot en met 4 MWe. Het aandeel zelfafname van de geproduceerde elektriciteit voor kleine en middelgrote windturbines ligt net als Cat.1, Cat.2, Cat.3 veel hoger dan 0 %.

In de omzendbrief Omzendbrief LNE/2009/01 – RO/2009/01 Beoordelingskader voor de inplanting van kleine en middelgrote windturbines (Van Mechelen D. & Crevits H., 2009) staan volgende regels vermeld: “Het uitvoeringsbesluit met betrekking tot de werken van algemeen belang laat toe dergelijk onderscheid te maken: **de kleine windturbines, die geen substantieel aandeel (kunnen) leveren voor de openbare elektriciteitsproductie (en dus voornamelijk bedoeld zijn voor het eigen particuliere gebruik)**...(Van Mechelen D. & Crevits H., 2009)”. “Een kleine windturbine zal steeds in samenhang worden bekeken met een gebouw of een voorziening waarbij ze wordt aangevraagd. Het kan dan gaan om een woning, een bedrijf, een handelszaak of dergelijke. **“In de regel zal het immers om de elektriciteitsvoorziening ten behoeve van het eigen verbruik van één enkele woning, bedrijf of inrichting gaan”**(Van Mechelen D. & Crevits H., 2009). Het aandeel zelfafname van de geproduceerde elektriciteit door kleine windturbines is dus 100%.

In de omzendbrief Omzendbrief LNE/2009/01 staan ook volgende regels vermeld: “Een middelgrote, en zeker een grote windturbine, wordt vanuit de vaststelling dat die een betekenisvolle bijdrage levert of kan leveren aan de openbare elektriciteitsproductie beoordeeld vanuit haar functie voor het algemeen belang. Uitzonderlijk, **als dat aantoonbaar is vanuit de energiebehoefte van de inrichting waar de turbine bij wordt voorzien (bijvoorbeeld een bedrijf), kan worden aanvaard dat de turbine wordt beoordeeld als ondergeschikte aanhangigheid en dus wordt beoordeeld zoals hierboven aangegeven.**”

In het eindrapport van het “REG in KMO’s” project van het Agentschap Ondernemen staat een overzicht van het gemiddeld verbruik per bedrijf in Vlaanderen. Dit overzicht werd geëxtraheerd uit energiescans die werden uitgevoerd in 473 bedrijven in Vlaanderen.

| | Aantal gefactureerde bedrijven | Gemiddeld verbruik per bedrijf (kWh/jaar) | Niet-gewogen gemiddelde kWh-prijs (ct/kWh) |
|---------|---------------------------------------|--|---|
| voeding | 36 | 1.862.837 | 10,89 |

| | | | |
|------------------------|------------|----------------|--------------|
| afvalverwerking | 9 | 599.992 | 10,92 |
| tuinbouw | 6 | 2.515.043 | 11,69 |
| kunststof/chemie | 23 | 1.600.877 | 11,98 |
| logistiek | 20 | 674.454 | 12,22 |
| drukkerijen | 24 | 1.697.098 | 12,42 |
| wasserijen | 2 | 168.776 | 12,72 |
| overige productie | 35 | 673.607 | 12,77 |
| metaalbewerking | 40 | 1.190.300 | 12,79 |
| warenhuizen | 15 | 447.029 | 12,93 |
| textiel | 8 | 655.684 | 13,27 |
| horeca | 13 | 581.070 | 13,44 |
| bouw | 21 | 356.982 | 13,70 |
| sportaccomodatie | 8 | 112.684 | 13,83 |
| garage-carrosserie | 39 | 118.276 | 13,92 |
| beschutte werkplaatsen | 5 | 504.538 | 14,09 |
| kantoren | 87 | 258.105 | 14,34 |
| groothandel | 40 | 279.548 | 14,52 |
| instellingen/scholen | 10 | 228.772 | 14,75 |
| houtbewerking | 21 | 496.276 | 15,18 |
| kleinhandel | 45 | 53.056 | 15,34 |
| transport | 5 | 42.689 | 16,16 |
| TOTAAL | 512 | 652.546 | 13,49 |

Tabel 7. Verbruik en elektriciteitsprijs van de gescande bedrijven per sector (3E & INAGRO, 2013)

| verbruik in 1000 kWh | aantal bedrijven | gemiddelde elektriciteitsprijs in ct/kWh |
|----------------------|------------------|--|
| < 10 | 23 | 17,03 |
| 10 < ... < 50 | 117 | 15,52 |
| 50 < ... < 100 | 76 | 14,79 |
| 100 < ... < 500 | 158 | 13,25 |
| 500 < ... < 1000 | 49 | 11,64 |

| | | |
|-------------------|-----|-------|
| 1000 < ... < 2500 | 59 | 10,53 |
| 2500 < ... < 5000 | 19 | 9,74 |
| > 5000 | 11 | 9,77 |
| totaal | 512 | 13,49 |

Tabel 8. Verbruik en elektriciteitsprijs van de gescande bedrijven per sector (3E & INAGRO, 2013)

Uit de opbrengstenberekening die terug te vinden is in het eindrapport van Windmakers door 3E & INAGRO, zien we dat de opbrengst van een middelgrote windturbine ligt tussen 150000 en 750000 kWh/jaar (Mermuys K., 2010). Deze variatie in windenergieopbrengst is te verklaren door het verschil in vermogen, het type windturbine, de masthoogte en de locatie van de middelgrote windturbine.

| Turbine type | Ampair 6000 | Gaia Wind | Proven 35 | Enercon E-33 | Vergnet | Enercon E-20 |
|--|------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
| Ashoogte (m) | 15 | 15 | 15 | 50 | 55 | 39,5 |
| Nom. vermogen (kW) | 6 | 15 | 12,68 | 300 | 275 | 100 |
| V wind ashoogte (m/s) Blankenberge | 4,3 | 4,3 | 4,3 | 6,1 | 6,3 | 5,8 |
| Net. opbrengst (kWh/j) Blankenberge | 5970 | 21973 | 18289 | 750900 | 601500 | 213600 |
| V wind ashoogte (m/s) Brussegem | 3,9 | 3,9 | 3,9 | - | - | - |
| Net. opbrengst (kWh/j) Brussegem | 4647 | 16988 | 14164 | - | - | - |
| V wind ashoogte (m/s) Lochristi | 3,8 | 3,8 | 3,8 | 5,3 | 5,4 | 5 |
| Net. opbrengst (kWh/j) Lochristi | 4193 | 15752 | 13077 | 522700 | 402800 | 148800 |
| V wind ashoogte (m/s) Wuustwezel | 4,4 | 4,4 | 4,4 | 5,9 | 6 | 5,6 |
| Net. opbrengst (kWh/j) Wuustwezel | 6000 | 22136 | 18537 | 668000 | 523100 | 196100 |

Tabel 9. Opbrengstenberekening Windmakers (Mermuys K., 2010)

Zo wordt aangenomen dat het aandeel zelfafname van de geproduceerde elektriciteit (ZA_{EL}) 65 % is bij nieuwe installaties met betrekking tot windenergie op land, met een vermogen per turbine van 10kWe tot 300 kWe.

5.3 Voorstel wijziging onrendabele top

Zoals reeds in 5.3 besproken is er nood aan een opsplitsing bij de subsidieberekening voor windenergie op land:

1. Cat 4: Nieuwe installaties met betrekking tot windenergie op land, met een maximaal vermogen per turbine tot en met 10 kWe.
2. Cat 5: Nieuwe installaties met betrekking tot windenergie op land, met een vermogen per turbine van 10 kWe tot 300 kWe.
3. Cat 6: Nieuwe installaties met betrekking tot windenergie op land, met een vermogen per turbine van 300 kWe tot 4 MWe.

5.4 Groenstroomcertificaten

Het systeem van het groenestroomcertificaat werd in 2002 geïntroduceerd door de Gewesten om groene stroom te promoten. Groenestroomcertificaten zijn virtuele certificaten die aantonen dat een bepaald hoeveelheid aan groene stroom werd geproduceerd. Om in aanmerking te komen voor zo'n groenestroomcertificaat, dienen de installaties die de groene stroom opwekken te worden gecertificeerd. Dit toont direct het belang aan van het certificeren van KMWT's.

De bandingfactoren van technologieën zonder brandstofkosten worden geactualiseerd. Bandingfactoren worden twee maal per jaar voor zonnepanelen en eenmaal per jaar voor windturbines herrekend in functie van de reële evolutie van de elektriciteitsprijzen. Deze bandingfactor is namelijk afhankelijk van de elektriciteitsprijzen (3,5 % per jaar voor de eindverbruikerprijs en 2 % per jaar voor de marktprijs van elektriciteit) (Emis, 2015).

Het resultaat van de (ontwerp)berekeningen voor wat betreft de onrendabele top wordt hieronder weergegeven. De onderstaande bandingfactoren voor windkrachtprojecten (Cat.4) gelden vanaf 1 januari 2014.

| | GS Cat 4 |
|-----------------|-----------|
| OT | 66.1 |
| Bf | 0.681 |
| Bf (max) | 0.681 |
| Minimum | €63,3/MWh |
| Maximum | €66,0/MWh |

Tabel 10. Overzicht OT/Bf voor groenestroominstallaties
(Vlaams Energieagentschap, 2014b)

5.5 VLIF steun

Het Vlaams Landbouwinvesteringsfonds (VLIF) verleent steun aan investeringen op land- en tuinbouwbedrijven die bijdragen tot het verhogen van de weerbaarheid, efficiënter energiegebruik, het reduceren van de uitstoot van broeikasgassen- en ammoniak en het verbeteren van de luchtkwaliteit. (Departement Landbouw en Visserij, 2015)

Deze steunintensiteit bedraagt 30 % voor investeringen gericht op o.a. de realisatie van een primaire energiebesparing en de productie windenergie. Steunvragen dienen ingediend te worden via het e-loket (Landbouw Vlaanderen, 2015).

5.6 Verhoogde investeringsaftrek

Een onderneming kan voor het plaatsen van een kleine of middelgrote windturbine een investeringsaftrek bekomen. Een bepaald percentage van de aanschaffings- of beleggingswaarde van de investeringen, uitgevoerd tijdens het belastbaar tijdperk, mag als fiscaal voordeel worden afgetrokken van de belastbare winst. Het percentage past men éénmalig toe op de aanschaffings- of beleggingswaarde van de windturbine. Tenzij de winst onvoldoende is, dat mag dit overgedragen worden op de winsten van de volgende belastbare tijdperken.

In de algemene regel moet het gaan om materiële vaste activa die in nieuwe staat zijn verkregen of tot stand zijn gebracht. De investeringsaftrek voor het installeren van KMWT's valt onder "Energiebesparende investeringen", onder categorie 11: "energieproductie op basis van hernieuwbare energieën". Hierdoor kan deze investeringsaftrek genoten worden door natuurlijke personen, KMO's en andere vennootschappen. Vzw's zijn uitgesloten.

| | Natuurlijke personen ¹⁰ | KMO | Andere vennootschappen | Aan te vragens |
|---------------------------------|------------------------------------|--------|------------------------|----------------|
| Energiebesparende investeringen | 13,5 % | 13,5 % | 13,5 % | GEWEST |

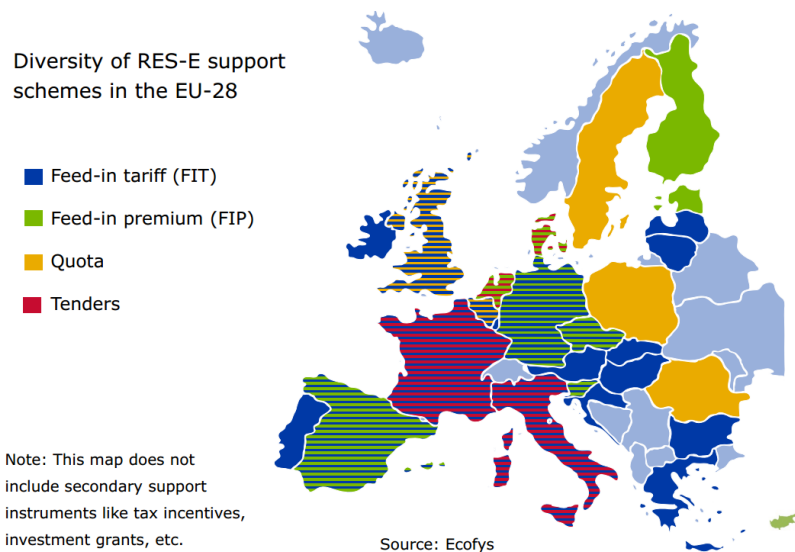
Tabel 11. Overzicht investeringsaftrek voor het installeren van KMWT's (Vlaams Energieagentschap, 2015)

¹⁰ Natuurlijke personen die minder dan 20 werknemers tewerkstellen, kunnen, als ze dit wensen, de investeringsaftrek spreiden. De gespreide aftrek voor groene investeringen is daarentegen niet gebonden aan de minimale tewerkstelling van 20 werknemers

6 Steunmechanismen in de EU

In de EU-landen zijn er verschillende steunmechanismen voor groene stroomproductie van toepassing:

1. feed-in-tarief of terugleververgoeding;
2. feed-in-premium of terugleverpremie;
3. quotumverplichting, d.m.v. certificaten;
4. tender of afwegingsprocedure.



Figuur 21. In Europa is het feed-in systeem, als tarief of als premie, momenteel dominant.
(Corinna K., 2014)

6.1 Feed-in-tarief

Een feed-in-tarief onderscheidt zich van een feed-in-premie doordat de producent de stroom niet zelf verkoopt. In plaats hiervan ontvangt de producent een vaste prijs voor de duurzame energieopwekking. De regionale of nationale elektrische energieleveranciers en nutsbedrijven zijn daarbij verplicht om hernieuwbare energie in te kopen tegen een vastgelegd bedrag.

Verenigd Koninkrijk

In het Verenigd Koninkrijk gelden volgende steunmaatregelen:

| Piekvermogen [kW] | Tarief [€/kWh] |
|-------------------|----------------|
| ≤ 1.5 | 0,219 |
| 1.5 - 15 | 0,219 |

| | |
|------------|-------|
| 15- 100 | 0,219 |
| 100 - 500 | 0,18 |
| 500 - 1500 | 0,099 |
| > 1500 | 0,042 |

Tabel 12. Lijst van de feed-in-tarieven in Verenigd Koninkrijk (RES LEGAL Europe, 2014)

Duitsland

Windturbines met een piekvermogen kleiner dan 50 kW genieten van een feed-in tarief van 8,5 cent per kWh en dit voor een termijn van 20 jaar. Dit tarief wordt elk kwartaal aangepast. Het feed-in-tarief voor windenergie-installaties met een capaciteit van meer dan 50 kW wordt bepaald door de referentie- opbrengstmethode (zie EEG 2014 - § 49).

| Piekvermogen [kW] | Tarief (€/kWh) |
|-------------------|----------------|
| ≤50kW | 8.5 |
| 50-100kW | EEG 2014 |
| >100kW | EEG 2014 |

Tabel 13. Lijst van de feed-in-tarieven in Duitsland (Jüttemann, 2014)

Oostenrijk

Een windturbine-aanvraag ingediend voor januari 2014 geniet van een feed-in tarief van €0.0945 per kWh. Vanaf 2014 zal dit tarief worden verlaagd met 1% naar €0,09356/kWh. (RES LEGAL Europe, 2014)

Griekenland

In Griekenland gelden volgende steunmaatregelen:

| Wind | Aangesloten op het net | | Niet-aangesloten op het net | |
|------------|------------------------|--------------------|-----------------------------|----|
| | €/MWh | Geen ondersteuning | WS ¹¹ | WS |
| up to 5 MW | 105 | 85 | 90 | |
| > 5 MW | 105 | 82 | 90 | |

Tabel 14. Lijst van de feed-in-tarieven in Griekenland (RES LEGAL Europe, 2014)

¹¹ WS= met ondersteuning

Italië

In Italië gelden volgende steunmaatregelen:

| Capaciteit [kW] | Feed-in tarief Onshore [€/MWh] |
|-----------------|--------------------------------|
| 1-20 | 291 |
| 20-200 | 268 |
| 200-1000 | 149 |

Tabel 15. Lijst van de feed-in-tarieven in Italië (RES LEGAL Europe, 2014)

6.2 Feed-in premie

Bij een feed-in-premie ontvangt de producent van duurzame elektriciteit een premie voor de duurzame energieopwekking, maar verkoopt de (fysieke) stroom zelf op de markt en ontvangt daaruit inkomsten. Dit onderscheidt zich met een feed-in-tarief, doordat de producent hierbij de stroom niet zelf verkoopt, maar een vast bedrag krijgt voor de elektriciteit.

Nederland

Om te voorkomen dat investeerders in windturbines over de totale looptijd minder subsidies krijgen dan noodzakelijk om het project rendabel te kunnen uitvoeren, wordt de 'windfactor' toegepast in de SDE+ subsidie (Stimulering Duurzame Energieproductie). De windopbrengst kan namelijk in een extreem jaar tot wel 20 procent afwijken van de verwachte gemiddelde windopbrengst. Wanneer een negatieve afwijking voorkomt, wordt het minimumbedrag met een correctiefactor van 1,25 (= 1/80 %), de zogenaamde 'windfactor', vermenigvuldigd. De locatie waar een windturbine staan, beïnvloedt sterk het aantal vollasturen die een windturbine jaarlijks kan draaien. Een vollastuur of vollastuur per jaar is de eenheid voor een aspect van energetisch rendement van een generator. Windmolens op een windrijke locatie draaien meer vollasturen en hebben daardoor een lager basisbedrag nodig. Daarom wordt het aantal vollasturen voor wind op land in de verschillende vrije categorieën gedifferentieerd:

- fase 1: een hoog aantal vollasturen;
- fase 2: Aantal vollasturen neemt af tot het niveau van de door ECN en DNV KEMA berekende referentie-installatie;
- fase 3 voor een installatie < 6 MW;
- fase 4 voor een installatie > 6 MW.

| Wind op land Voorlopig correctiebedrag 2014: € 0,058/kWh | | Fase | Max. basisbedrag (€/kWh) | Max. vollasturen per jaar |
|--|-----------------------------|--|--------------------------------|------------------------------|
| Wind op land < 6 MW | | 1 | 0,0875 | 2800 |
| | | 2 | 0,1000 | 2280 |
| | | ≥ 3 | 0,1125 | 1960 |
| Wind op land ≥ 6 MW | | 1 | 0,0875 | 2960 |
| | | 2 | 0,1000 | 2960 |
| | | 3 | 0,1125 | 2520 |
| | | ≥ 4 | 0,1213 | 2320 |
| Wind | Max. basisbedrag (€/kWh) | Voorlopig correctiebedrag 2014 (€/kWh) | Vollasturen per jaar | |
| Wind in meer | 0,1538 | 0,058 | 2560 | |

Tabel 16. Categorieën die in 2014 in aanmerking komen voor SDE+ subsidie met de bijbehorende basisbedragen. (RVO, 2014b)

Willen we nu de berekening maken voor een kleine windturbine met een piekvermogen van 6kW en twee middelgrote windturbines van respectievelijk 100kW en 200kW piekvermogen, dan dient de voorlopig jaarlijkse bijdrage volgens onderstaande berekening berekend te worden:

| | |
|---|---|
| Basisbedrag fase 1 (vrije categorie) | 8,75 €/kWh |
| Maximum aantal subsidiabele vollasturen fase 1 | 2.800 |
| Basisbedrag fase 2 (vrije categorie) | 10,00 €/kWh |
| Maximum aantal subsidiabele vollasturen fase 2 | 2.280 |
| Voorlopig correctiebedrag 2014 | 5,8 €/kWh |
| Voorlopige bijdrage SDE+ 2014 fase 1 | $8,75 - 5,8 = 2,95$ €/kWh = 29,5 €/MWh |
| Voorlopige bijdrage SDE+ 2014 fase 2 | $10,00 - 5,8 = 4,20$ €/kWh = 42,0 €/MWh |

| | Maximale subsidiabele jaarproductie bij een installatie met een vermogen van 6kW | Maximale subsidiabele jaarproductie bij een installatie met een vermogen van 100kW | Maximale subsidiabele jaarproductie bij een installatie met een vermogen van 200kW |
|---|---|---|---|
| | fase 1: $0,006 * 2.800 = 16,8$ MWh | fase 1: $0,1 * 2.800 =$ 280 MWh | fase 1: $0,2 * 2.800 =$ 560 MWh |
| | fase 2: $0,006 * 2.280 = 13,68$ MWh | fase 2: $0,1 * 2.280 =$ 228 MWh | fase 2: $0,2 * 2.280 =$ 456 MWh |
| Voorlopige jaarlijkse bijdrage SDE+ 2014 bij aanvraag fase 1 | $29,5 * 16,8 = €495,6$ | $29,5 * 280 = € 8260$ | $29,5 * 560 = €16520$ |
| Voorlopige jaarlijkse bijdrage SDE+ 2014 bij aanvraag fase 2 | $42,0 * 13,68 = € 574,5$ | $42,0 * 228 = € 9576$ | $42,0 * 456 = € 19152$ |

Tabel 17. Rekenvoorbeeld SDE+ bijdrage – Wind op land < 6 MW (RVO, 2014a)

6.3 Quotumverplichting

Landen die een quotumverplichting toepassen zijn in de minderheid. Bij een land met quotumverplichting zijn elektriciteitsleveranciers–toegangshouders en handelaars in certificaten verplicht om jaarlijks in het bezit te zijn van een bepaalde hoeveelheid groenestroomcertificaten. Als een toegangshouder het juiste aantal groenestroomcertificaten indient, voldoet hij aan zijn certificatenverplichting. Als hij te weinig certificaten inlevert, zal hij per ontbrekend certificaat een administratieve boete moeten betalen.

6.4 Hybride systemen

Als aanvulling of als vangnet om meer zekerheid te bieden wordt een quotumverplichting in een aantal landen aangevuld met een feed–in. Dit leidt tot hybride systemen. In de volgende paragrafen worden de steunmechanismen in Wallonië en in onze buurlanden (Nederland, Frankrijk, Duitsland, Verenigd Koninkrijk) en Zweden verder toegelicht. Zweden werd toegevoegd aangezien ze daar eveneens met een quotumverplichting werken.

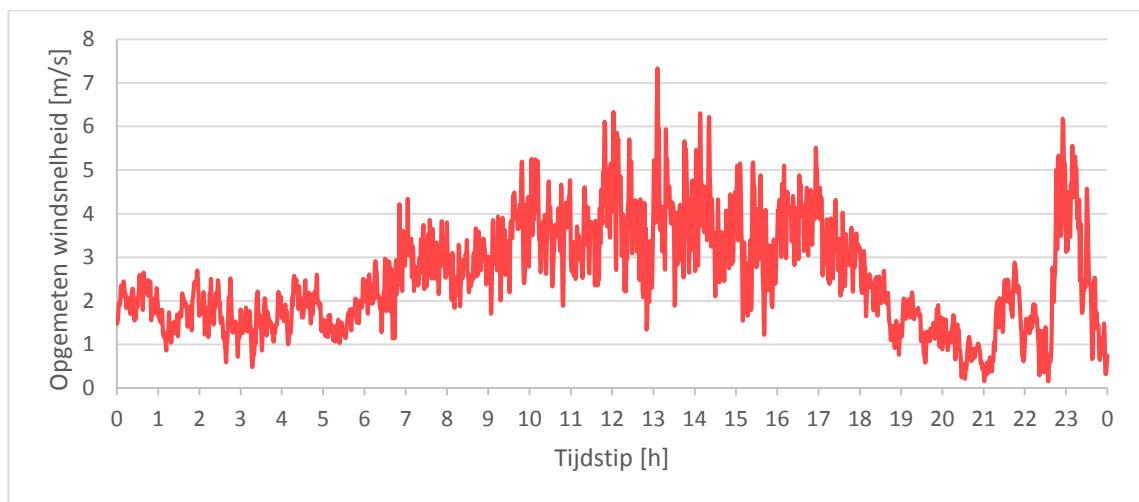
6.5 Tendering

Een andere benadering om elektriciteit uit hernieuwbare bronnen aantrekkelijk te maken is het tender–systeem, ontwikkeld in het Verenigd Koninkrijk. In dit systeem worden aanbestedingen met betrekking tot de energievoorziening uit hernieuwbare energiebronnen gemaakt bij intermitterende intervallen. Elke technologie voor hernieuwbare energie krijgt een quotum, en de aanbieder van de laagste vraagprijs krijgt de opdracht.

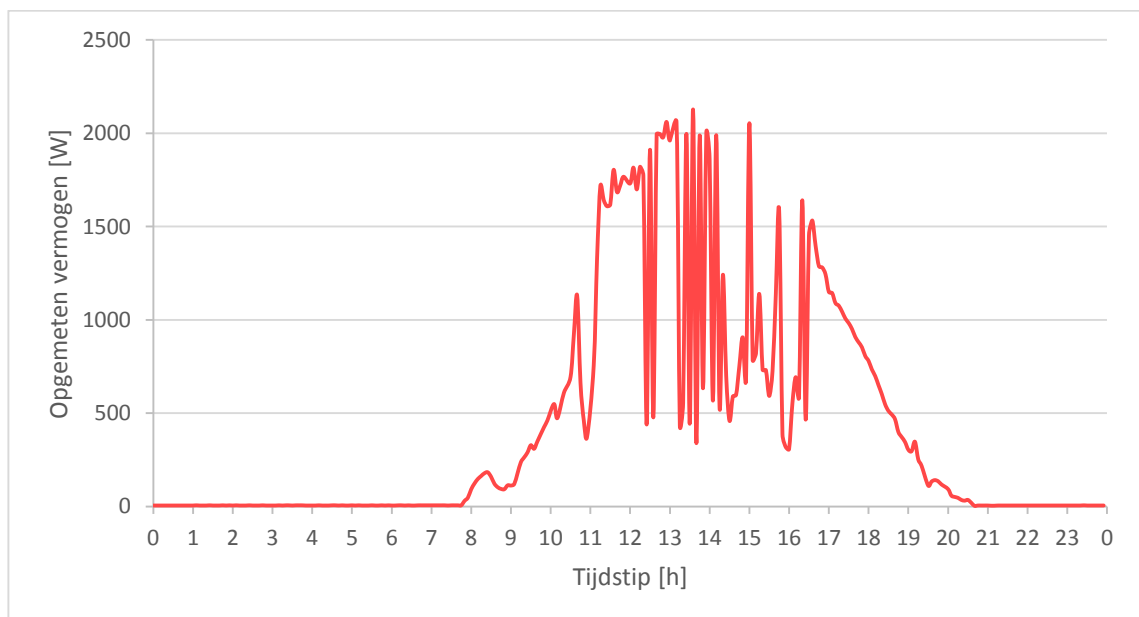
7 Elektriciteitsverbruik

7.1 Fluctuerend karakter van windenergie

Onderstaande grafieken geven het fluctuerend karakter weer van zonne-energie en windenergie, die opgemeten is door Power-Link, het energie kennisplatform van Universiteit Gent, in Oostende. De grafieken zijn een weergave van een bepaalde dag in 2014 (22 april). Figuur 22 geeft de windsnelheid weer op 22/04/2014 opgemeten per minuut. Figuur 23 geeft het vermogen van een bepaalde zonnepaneel opgemeten per tien minuten weer. Doordat de metingen van het zonnepaneel slechts om de 10 minuten gebeurde, wekt Figuur 23 verkeerdelijk de indruk dat zonne-energie een minder fluctuerend karakter heeft dan windenergie.

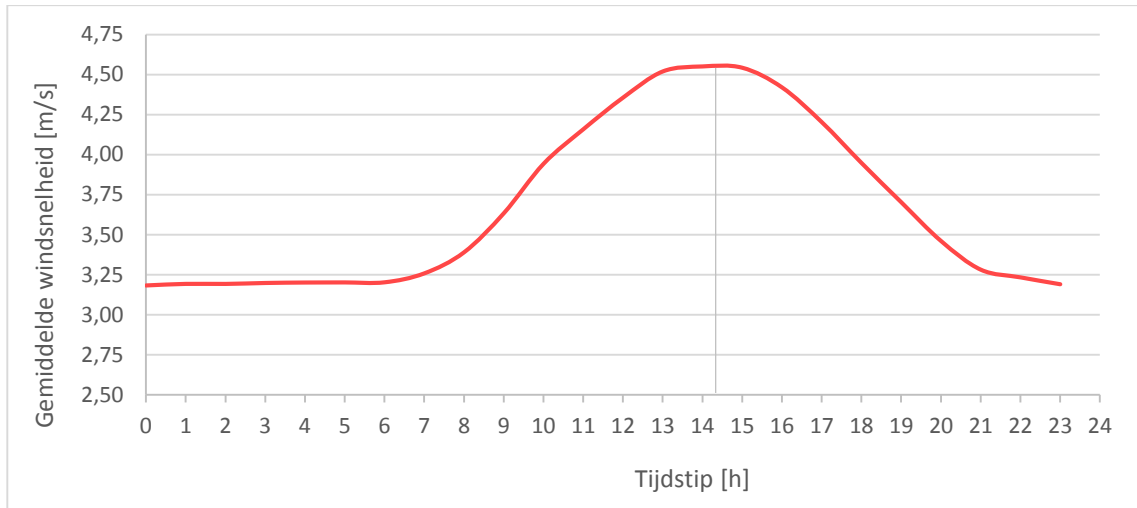


Figuur 22 Opgemeten windsnelheid Oostende 22/04/2014

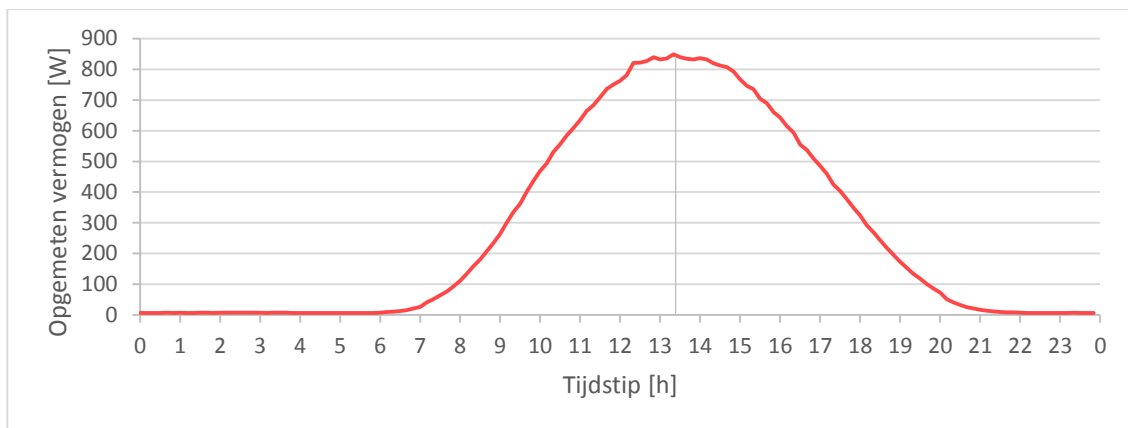


Figuur 23. Opgemeten vermogen fotovoltaïsche panelen 22/04/2014

Doordat zonne- en windenergie een fluctuerend karakter hebben, zorgt een combinatie van beide hernieuwbare energiebronnen voor een meer gewaarborgde energievoorraad. Een combinatie van deze twee hernieuwbare energietechnologieën vormen een meer complementair geheel aan energieopbrengst doordat het wegvallen van een bepaalde energiebron kan opgevangen worden door de andere energiebron.



Figuur 24. Uurgemiddelde windsnelheid, meethoogte 10 m



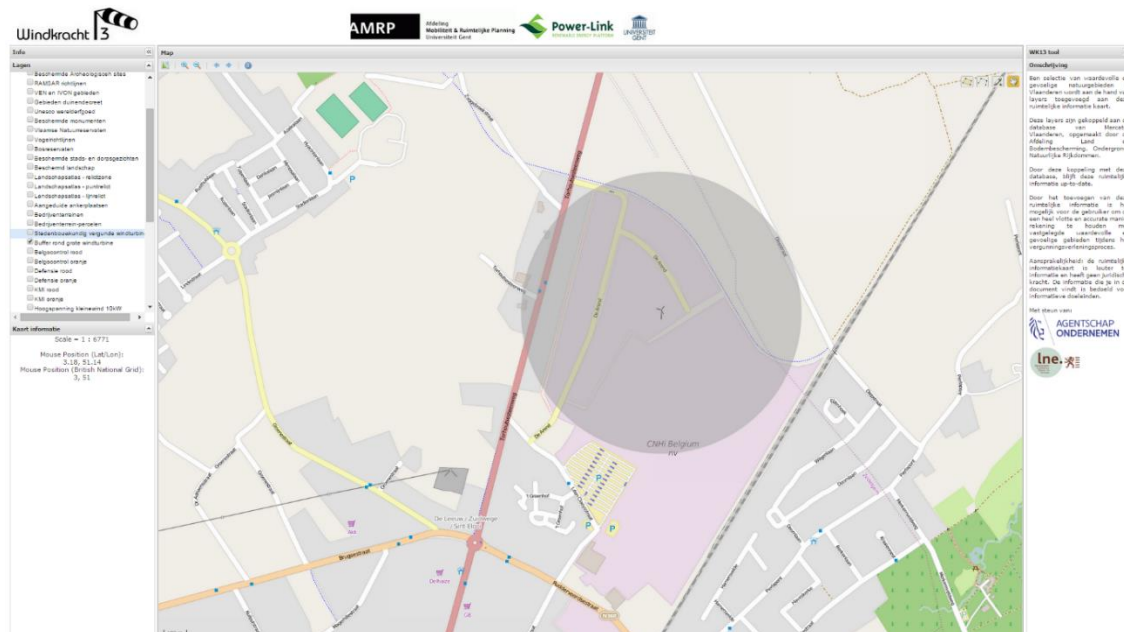
Figuur 25. Uurgemiddelde opgemeten vermogen zonnepaneel

Uit de windsnelheidsmetingen en de vermogenmetingen van Power-Link in Oostende, kan het uurgemiddelde berekend worden. Hieruit blijkt dat er een duidelijke trend is te vinden voor beide energiebronnen. Zo is duidelijk te zien dat er een piek is in uurgemiddelde tussen 10u en 18u en dat de gemiddelde windsnelheid boven de 3 m/s ligt op een ashoogte van 10 m.

8 Ruimtelijke informatie kaart

Een selectie van waardevolle en gevoelige natuurgebieden in Vlaanderen wordt aan de hand van layers toegevoegd aan een interactieve ruimtelijke informatie kaart. Deze interactieve ruimtelijke informatie kaart kan worden opgevraagd op de website van het WK13–project (Van Ackere S. & Van Wyngene K., 2015).

Deze layers zijn gekoppeld aan de database van Mercator Vlaanderen, opgemaakt door de Afdeling Land en Bodembescherming, Ondergrond, Natuurlijke Rijkdommen. Door deze koppeling met deze database, blijft deze ruimtelijke informatie up–to–date. Door het toevoegen van deze ruimtelijke informatie is het mogelijk voor de gebruiker om op een heel vlotte en accurate manier rekening te houden met vastgelegde waardevolle en gevoelige gebieden tijdens het vergunningsverleningsproces.



Figuur 26. Bufferzone rond een grote windturbine waarin een andere windturbine een impact kan hebben op de energieproductie van deze windturbine (Van Ackere S. & Van Wyngene K., 2015).



Een weergave van enkele belangrijke negatieve aanknopingspunten van KMWT's worden hierna toegevoegd. Volgende layers werden onder andere aan de interactieve kaart toegevoegd:

a. Aangeduide ankerplaatsen

Dit is een landschappelijk waardevol gebied dat verschillende, maar samen voorkomende, gevarieerde erfgoedelementen bevat.

b. Lijn- en puntrelicten en relictzones

Dit zijn gebieden waarvan de landschappelijke waarde door de eeuwen heen goed bewaard is gebleven en waardoor de erfgoedwaarde er hoog is. Deze gebieden zijn nog relatief weinig aangetast door de grootschalige ingrepen als gevolg van de Industriële revolutie.

c. Vlaamse natuurreservaten

Deze layer bevat de ruimtelijke informatie van de natuurreservaten die beheert zijn door de Vlaamse Overheid. Het Agentschap voor Natuur en Bos, kortweg ANB, is een agentschap van de Vlaamse overheid dat ijvert voor het behoud, de bescherming en de ontwikkeling van natuurgebieden, bossen en parken in Vlaanderen.

d. Inventaris bouwkundig erfgoed

De Inventaris van het onroerend erfgoed in Vlaanderen geeft een overzicht van ongeveer 80.000 erfgoedobjecten in Vlaanderen. De inventaris bevat bouwkundig erfgoed, historische tuinen, parken en wereldoorlogserfgoed.

e. Bosreservaten

Een bosreservaat wordt gedefinieerd als een bosgebied van 5 tot ruim 400 hectare groot, waarvan met de beheerder is afgesproken dat er geen houtoogst of bosbeheer plaatsvindt en dat onderzoekers in de gelegenheid stelt de ontwikkeling van het bos over lange termijn te volgen. Het betreft dus zeer strikte reservaten, die geen beheer kennen.

f. Vogelrichtlijngebieden

Vogelrichtlijngebieden, zijn gebieden die de Europese Unie vastlegt waar er een strikte regelgeving geldt met als doel het behoud van de vogelstand in Europa. Vlaanderen telt 24 vogelrichtlijngebieden die een oppervlakte van 98423 ha omvatten. Dit is 7,3 % van Vlaanderen.

g. Beschermd stads- en dorpsgezichten

Beschermd dorpsgezicht is de kwalificatie van een groep van een of meer gebouwen of een groep gebouwen, samen met hun directe omgeving, die van algemeen belang zijn, zodat ze door hun bescherming veilig gesteld worden voor volgende generaties.

h. Beschermd archeologische sites

Een beschermd archeologische site is een site dat omwille van historische en culturele waarde een beschermde status heeft gekregen.

i. Beschermd landschap

Een beschermd landschap is een landschap dat omwille van ecologische en culturele waarde een beschermde status heeft gekregen.

j. Beschermd monumenten

Sommige gebouwen zijn beschermd door de Vlaamse overheid. Een gebouw die beschermd is als monument of deel uitmaakt van een beschermd stads- of dorpsgezicht, dient goed onderhouden worden en mag niet ontsierd, beschadigd of vernield worden. De bescherming betekent niet deze gebouwen niet meer mogen verbouwd, veranderd of verbeterd worden, maar er dient gezorgd te worden dat de belangrijke, historische onderdelen bewaard blijven.

k. Gebieden duinendecreet

Deze gebieden kunnen volgens het duinendecreet niet bebouwd worden. Het betreft zowel de beschermde duingebieden als voor het duingebied belangrijke landbouwgebieden. Voor beide geldt een bouwverbod voor gebouwen en constructies.

l. VEN en IVON gebieden

Het Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN) is een selectie van waardevolle en gevoelige natuurgebieden in Vlaanderen. Het zijn die gebieden waar natuurbehoud en natuurontwikkeling op de eerste plaats moeten komen om de Vlaamse natuur duurzaam in stand te kunnen houden. De Vlaamse overheid voert daarom in die gebieden een beleid dat is gericht op het behoud, het herstel en de ontwikkeling van de natuur en het natuurlijk milieu. De natuurverwevingsgebieden (nvwg) vormen samen met de natuurverbindingsgebieden het Integraal Verwevend en Ondersteunend Netwerk (IVON). In de natuurverwevingsgebieden is natuur evenwaardig aan andere functies, zoals landbouw, bosbouw of recreatie. Binnen de natuurverwevingsgebieden voert de overheid een stimulerend beleid gericht op natuurbehoud, -herstel- en ontwikkeling, bijvoorbeeld

door het afsluiten van beheerovereenkomsten. De natuurverbindingsgebieden zijn gebieden die van belang zijn voor de migratie van dieren en zelfs planten tussen de gebieden van het VEN.

m. Unesco werelderfgoed

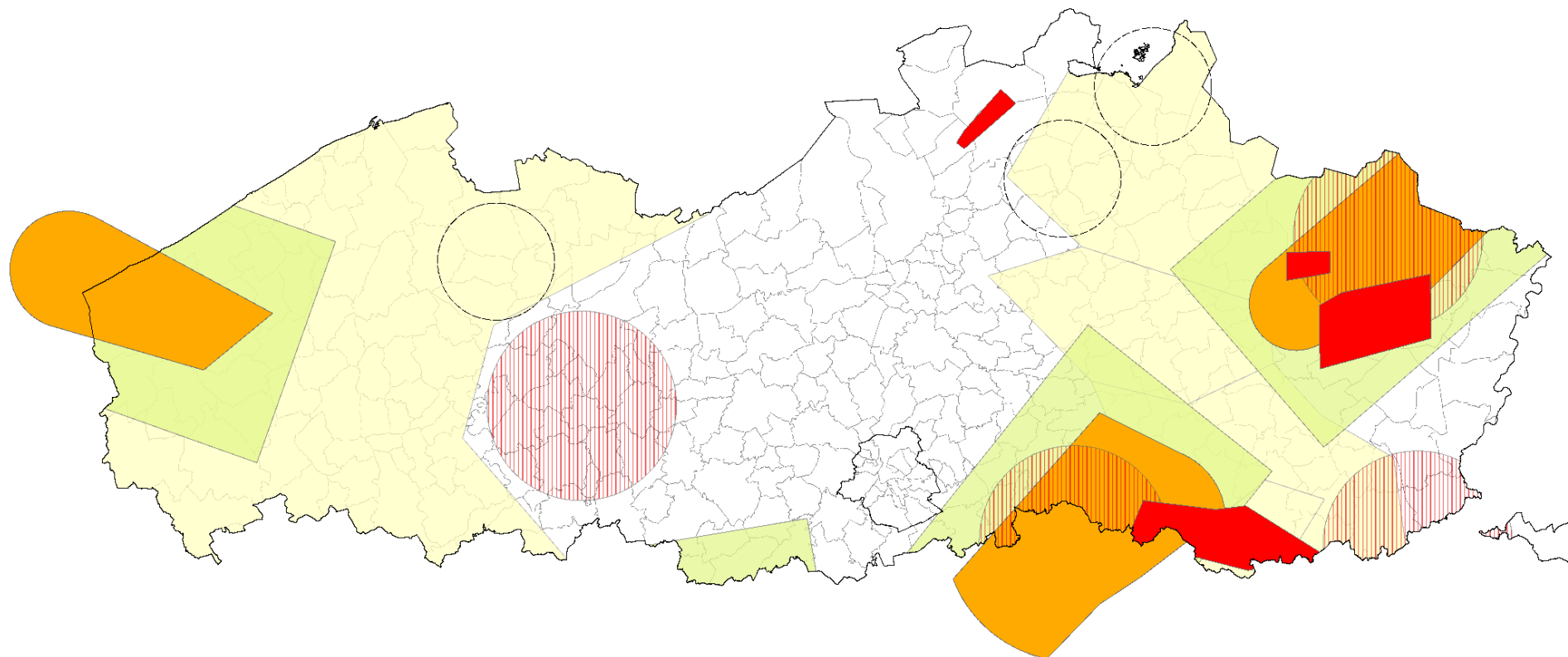
De Werelderfgoedlijst is een lijst met Werelderfgoed samengesteld door de Commissie voor het Werelderfgoed van de UNESCO op voordracht van de aangesloten landen.

n. SEVESO richtlijnen

Het ongeval nabij Seveso in 1976 heeft zijn naam gegeven aan een Europese Richtlijn betreffende de risico's van industriële ongevallen. Deze richtlijn legt veiligheidseisen op en legt de nadruk op preventiemaatregelen, inspectieprogramma's van de bedrijven en de ruimtelijke ordening van het gebied rond de inrichtingen met een hoog risico. Deze ruimtelijke ordening van het gebied rond de inrichtingen met een hoog risico is heel belangrijke informatie die dient meegenomen te worden bij de vergunningverleningsbeslissing van een kleine of middelgrote windturbine.



Windkracht 3
 gericht op het openbreken van de
 markt voor kleine en middelgrote windturbines

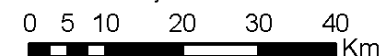


Legende

- Hoge gevarezone - geen mogelijkheid voor windturbines
- Bij geen bezwaar van operationele luchtvaartautoriteiten, heel gelimiteerde mogelijkheid voor windturbines
- Controlezone vlieghaven - gelimiteerde mogelijkheid windturbines
- Militair reserveerd luchtvaartterrein - gelimiteerde mogelijkheid voor windturbines
- Beschermingszone luchtvaartnavigatie procedures
- Militaire trainingszones - Signalisatie noodzakelijk voor windturbines

Opmerking:

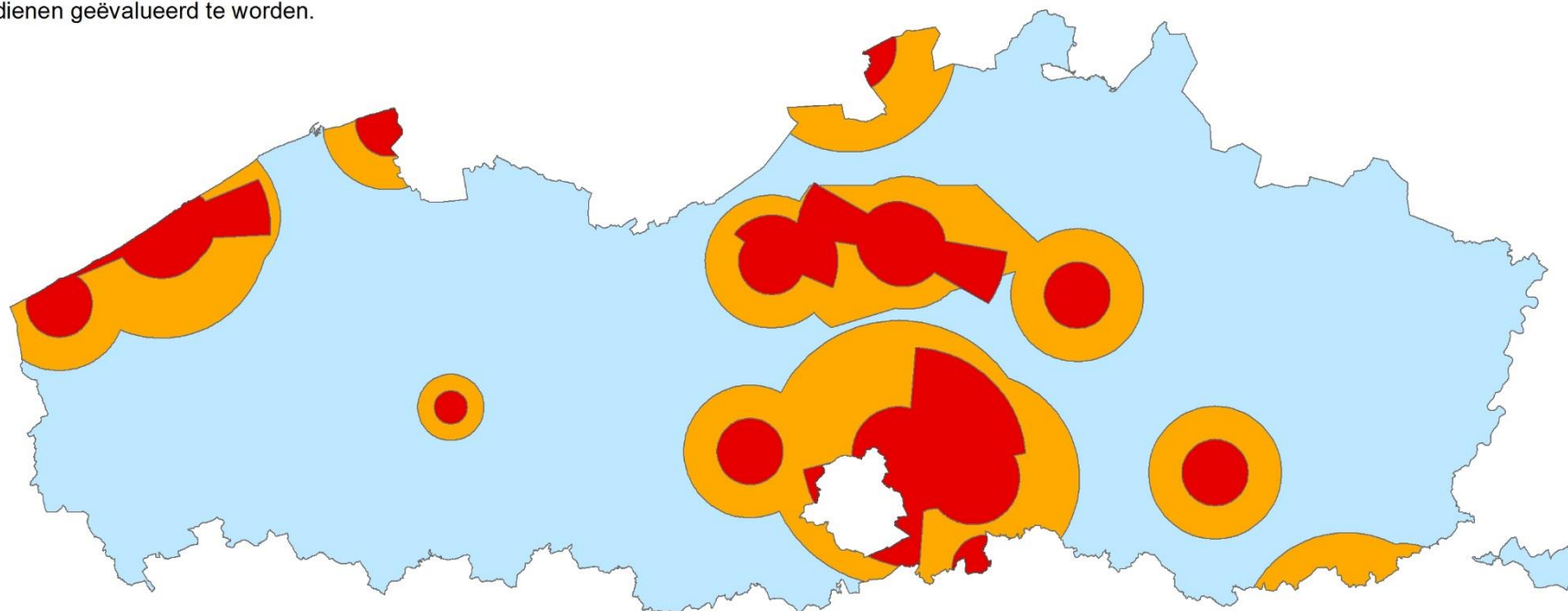
Deze kaart is een indicatie van de minimale beperkingen toepasbaar in Vlaanderen. Deze indicatie vervangt nooit het advies of schort nooit het vereiste advies van Defensie op voor elk nieuw project in Vlaanderen. Deze kaart geeft alleen de duidelijk afgebakende zones weer waar beperkingen door Defensie altijd worden toegepast. Een project kan tegelijkertijd worden gevestigd in verschillende militaire luchtvaart zones. Deze situatie leidt tot de som van de beperkingen voor alle zones die tezamen van toepassing zijn op het project. Het referentiedocument voor de afbakening van de zones en de markering (verlichting) van windturbines is de Civil Aviation Authority circulaire GDF-03.








Voor een aanvraag van meer dan 20 windturbines binnen deze zones is een meer gedetailleerde studie noodzakelijk. Op basis van de aanvraag zal Belgocontrol bepalen welke aspecten in detail geanalyseerd moeten worden en of de studie door Belgocontrol dan wel door een extern bureau dient uitgevoerd te worden. Studies die door externe bureaus worden uitgevoerd zullen steeds door Belgocontrol dienen geëvalueerd te worden.

gericht op het openbreken van de markt voor kleine en middelgrote windturbines



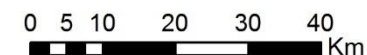
 Blauwe zone: Voor Windturbine aanvragen zal Belgocontrol in deze zone een vereenvoudigde studie uitvoeren.

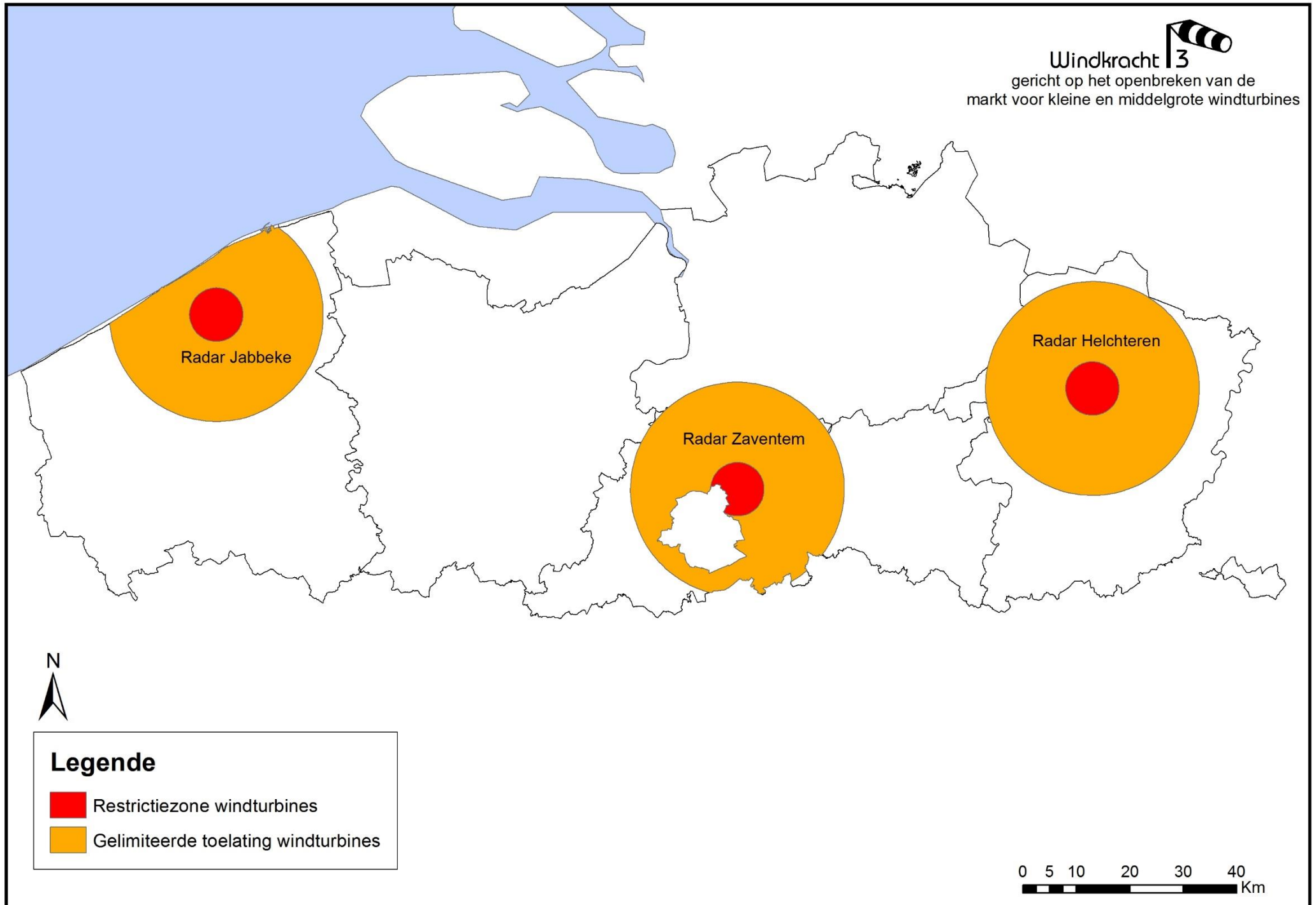
 Orange zones: In deze zone is er een impact op de door Belgocontrol gebruikte installaties en/of procedures. Belgocontrol zal een meer uitgebreide studie uitvoeren.

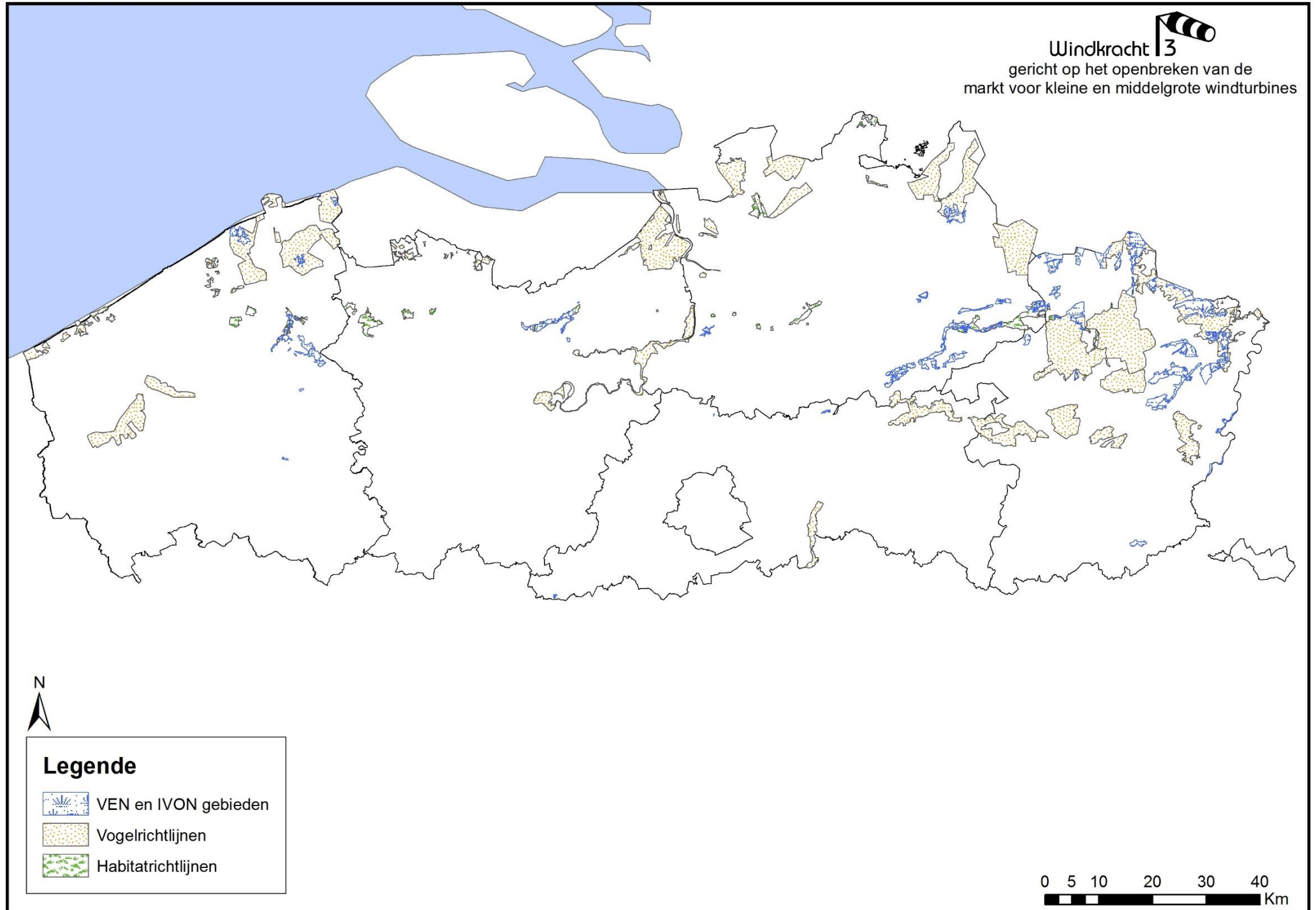
 Rode zones: In deze zones is er een onaanvaardbare impact van de windturbines op de door Belgocontrol gebruikte installaties en/of procedures. Deze zones werden vastgelegd op basis van ICAO documenten, Eurocontrol richtlijnen en expertstudies.

Belgocontrol heeft een uitgebreide werkmethode voor het behandelen van aanvragen van windturbines.

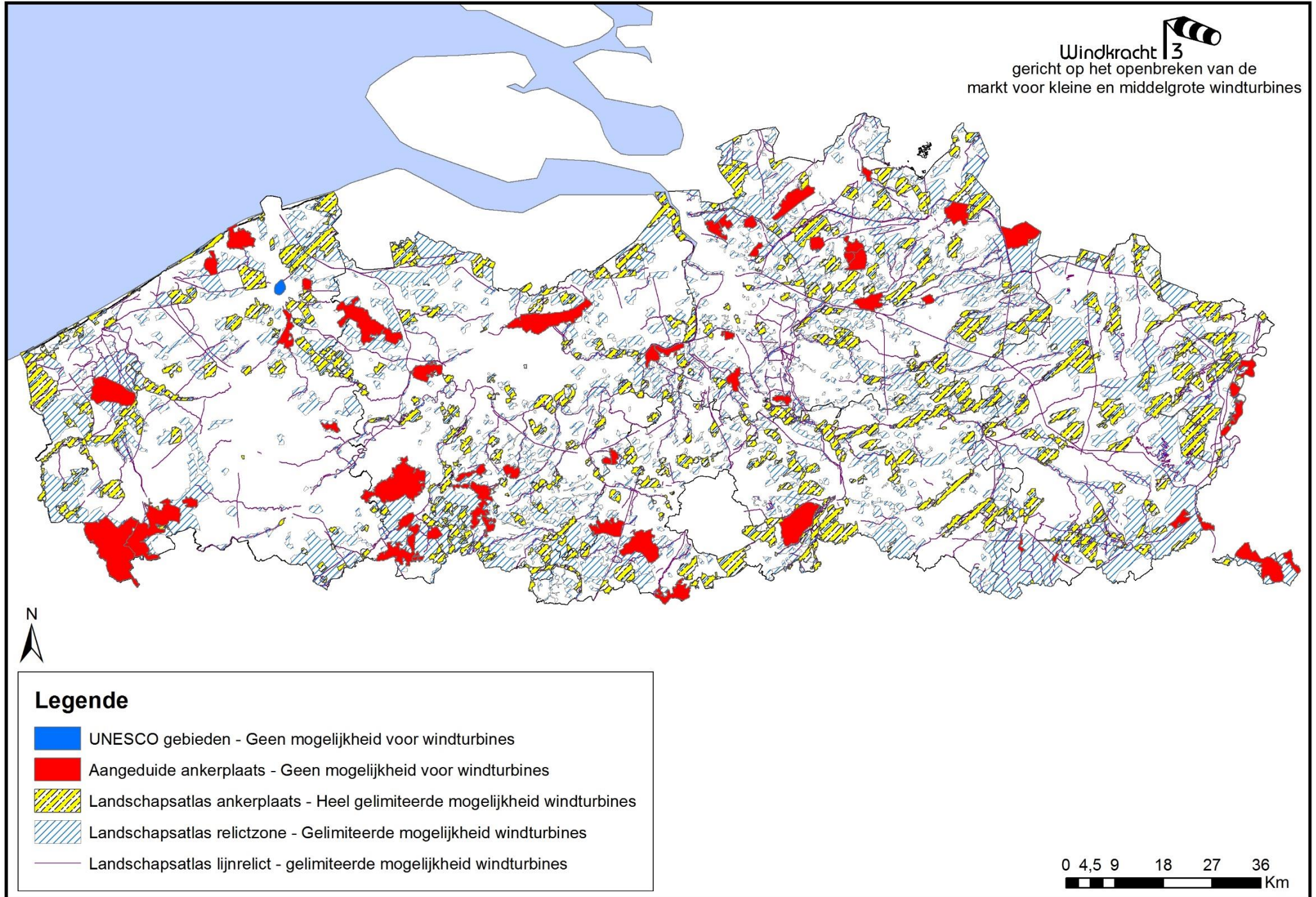
Deze methode moet er voor zorgen dat alle belangrijke aspecten in rekening worden gebracht, namelijk:
mogelijke impact op de technische installaties (navigatie, communicatie en radar)
mogelijke impact op de vluchtprocedures gebruikt in het luchtruim
mogelijke impact op de luchtverkeersleiding







Thema Landschap



9 Moratorium kleine windturbine

In West-Vlaanderen wordt het moratorium tegen de inplanting van kleine windturbines vanuit de deputatie aangehouden tot er voldoende inzichten zijn. Een van de beleidskaders bij de pilootgemeenten is opgesteld en goedgekeurd op gemeentelijk niveau; de deputatie kan bij een besluit ‘kennis nemen’ van dit gemeentelijk kader. Daarmee onderschrijft de deputatie de gemeentelijke visie, zonder daarbij voorafname te maken op de concrete behandeling van bouwberoepen.

9.1 De Haan

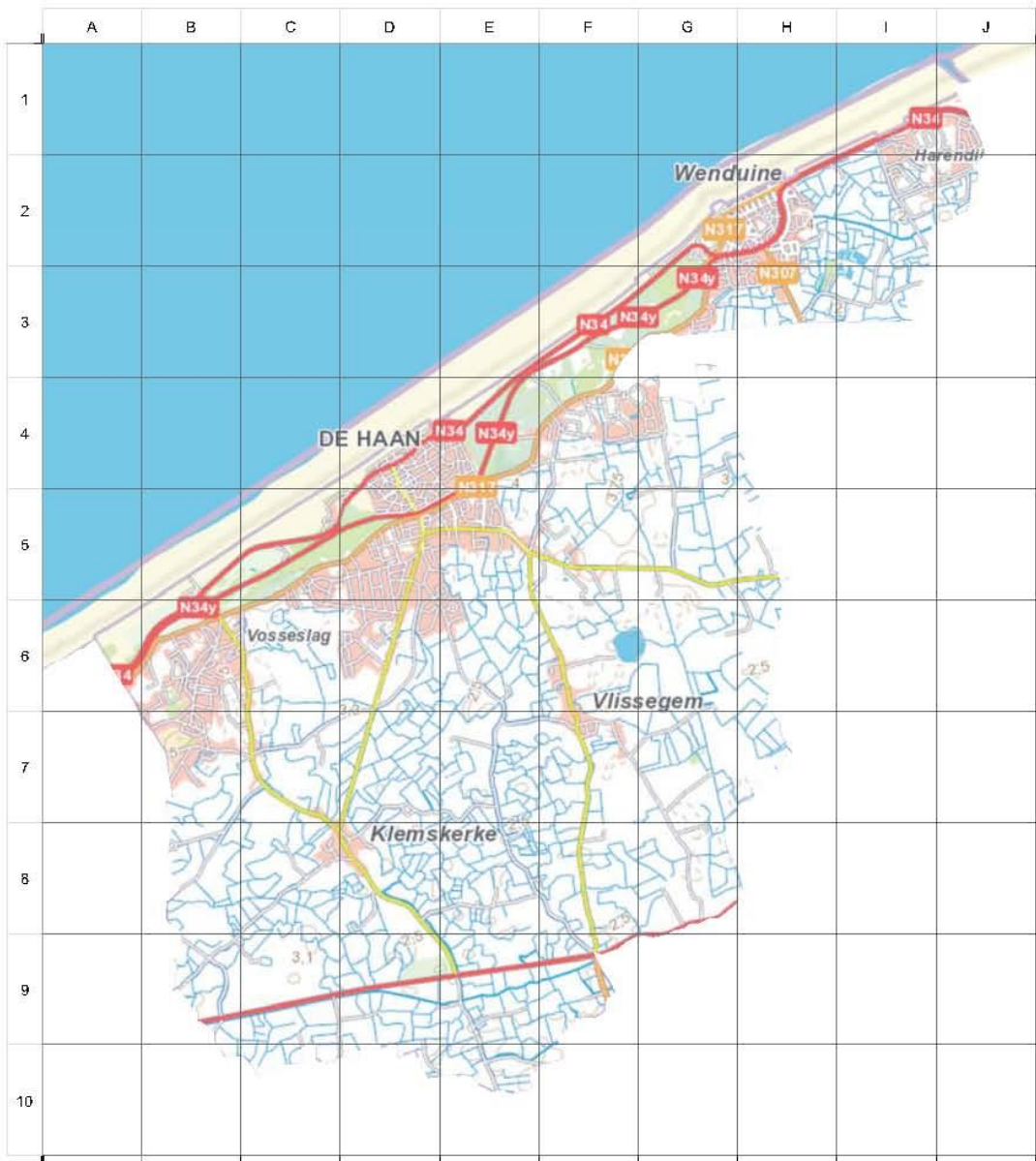
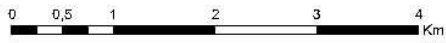
Gemeente De Haan heeft op eigen initiatief een studie aangevraagd bij het studiebureau Antea Group. Deze studie maakt een objectief stappenplan om te komen tot een indeling van het grondgebied op basis van juridisch verankerde elementen en milieuaspecten. Per zone is het duidelijk onder welke voorwaarden een KWT vergunbaar is.

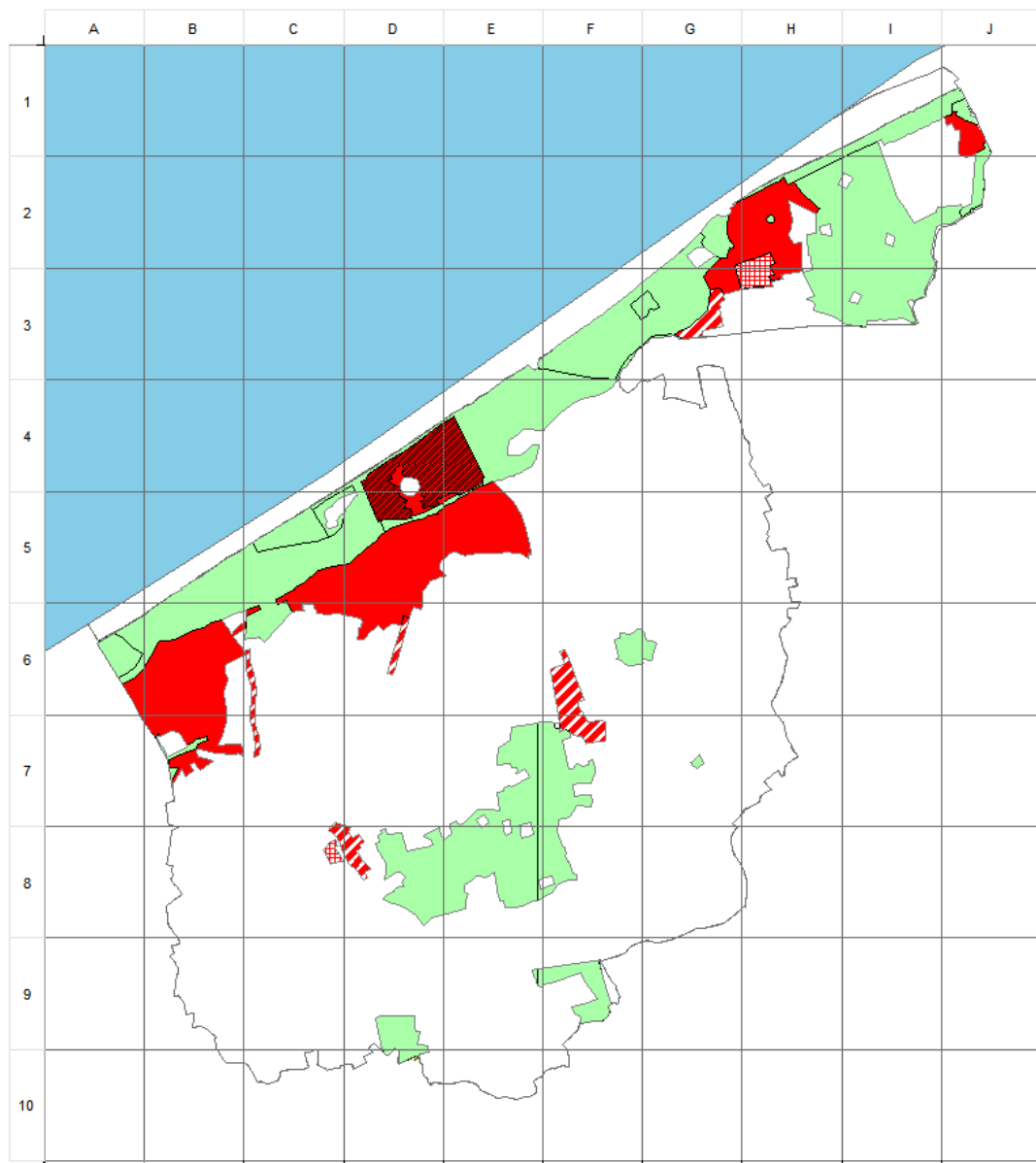
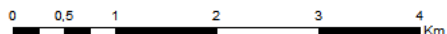
In het Windkracht 13 project werd De Haan, naast 5 andere pilootgemeentes, als casestudy gebruikt waarop een ruimtelijke analyse werd uitgevoerd. Hierna volgt de output van deze casestudy.





Casestudy De Haan



gericht op het openbreken van de markt voor kleine en middelgrote windturbines



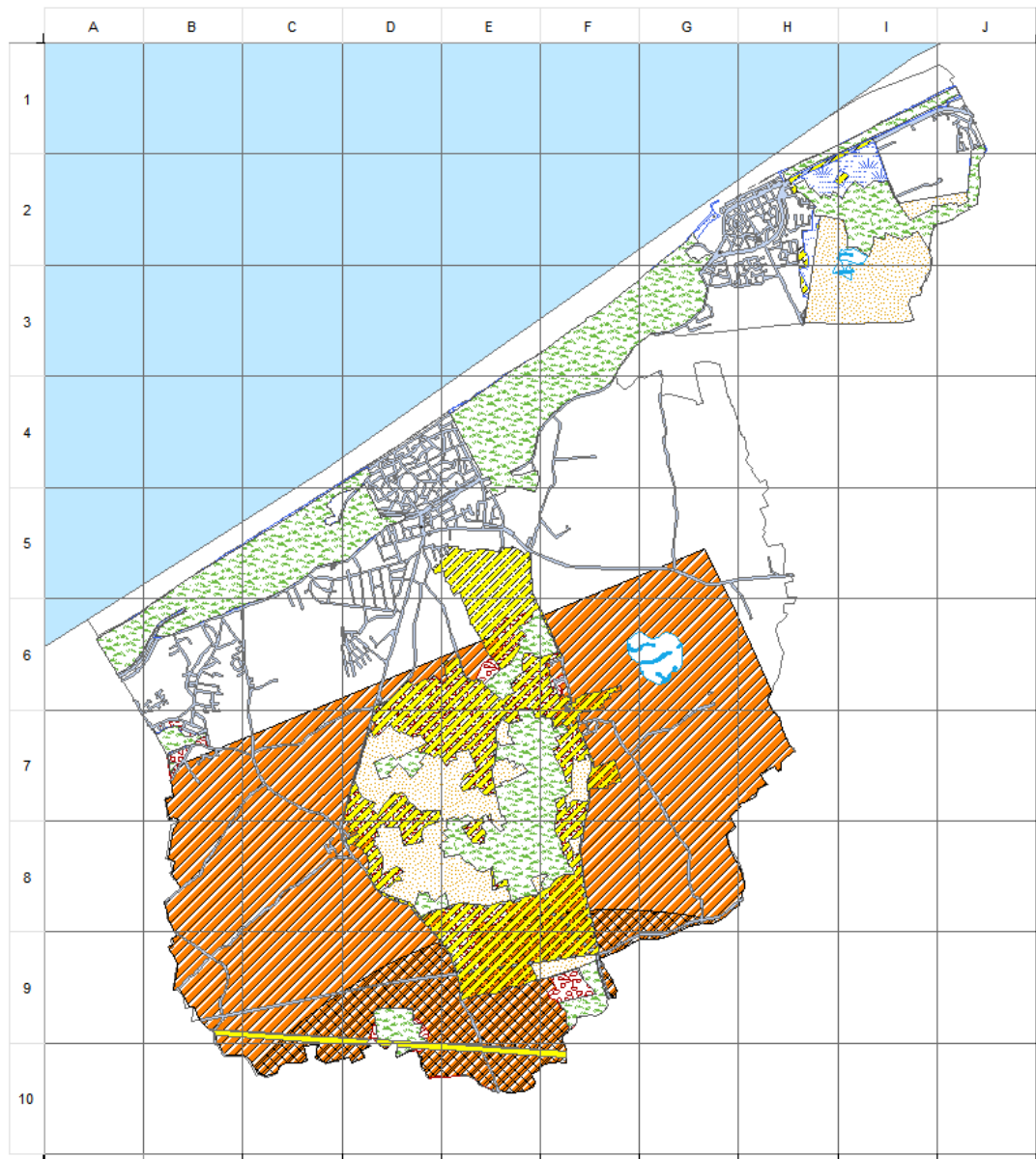


-  Gewestplan: woongebied
-  Gewestplan: woonuitbreidingsgebieden
-  Gewestplan: woongebieden met landelijk karakter
-  Gewestplan: natuurgebied

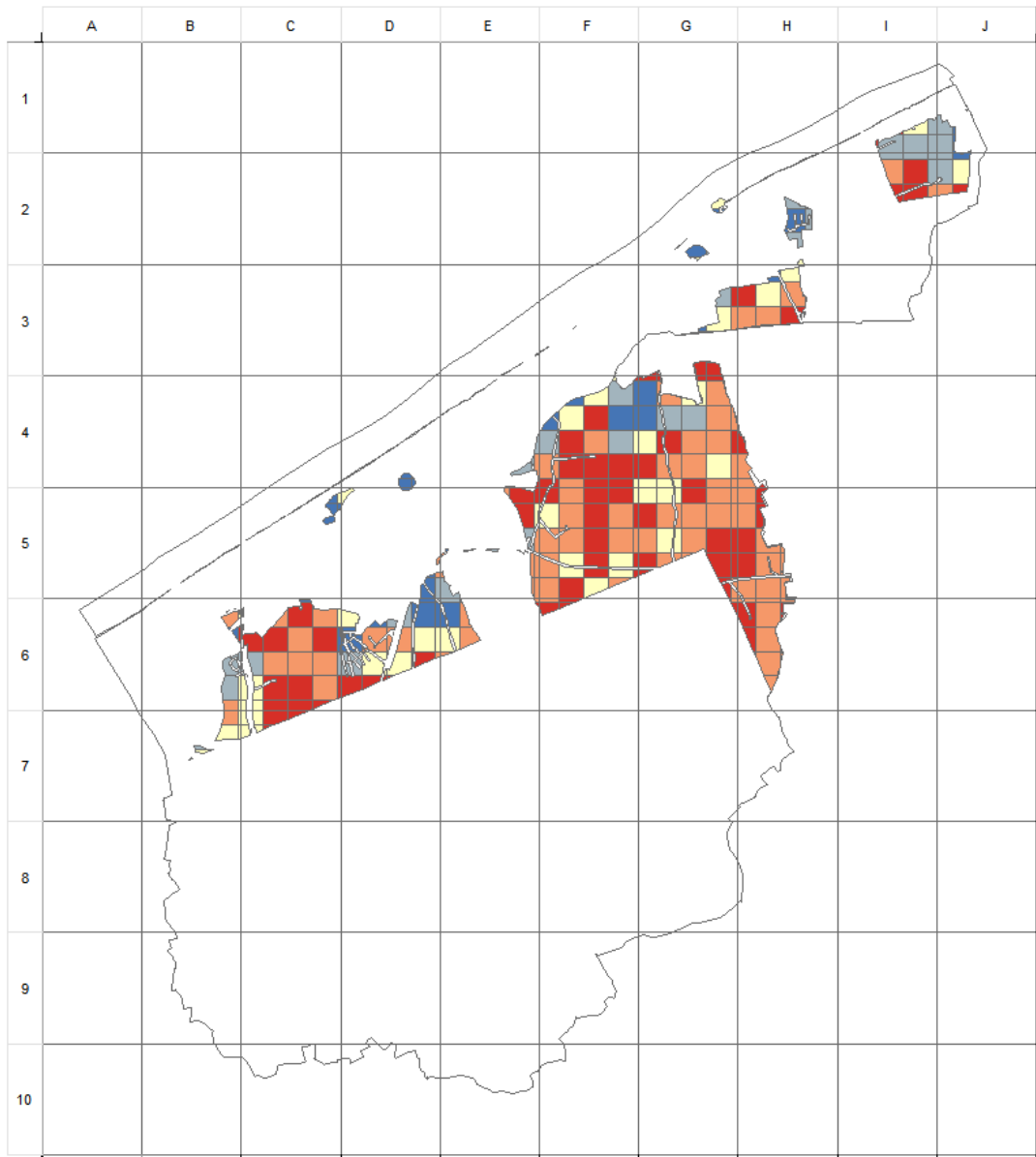
Casestudy De Haan



gericht op het openbreken van de markt voor kleine en middelgrote windturbines

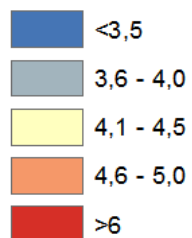


- | | |
|---|--|
|  Beschermde monumenten |  Beschermde stads-en dorpsgezicht |
|  Habitatrictlijnen |  Ankerplaats |
|  Vogelrichtlijn |  Vlaamse Natuurreservaten |
|  VEN en IVON gebieden |  KMI zone In deze zone is er een onaanvaardbare impact van de windturbines op de door KMI gebruikte installaties. |
|  Buffer water |  Belgcontrol zone: In deze zone is er een onaanvaardbare impact van de windturbines op de door Belgocontrol gebruikte installaties en/of procedures. |
|  Buffer hoogspanningskabel | |
|  Buffer weg | |



Jaarlijks gemiddelde windsnelheid [m/s]

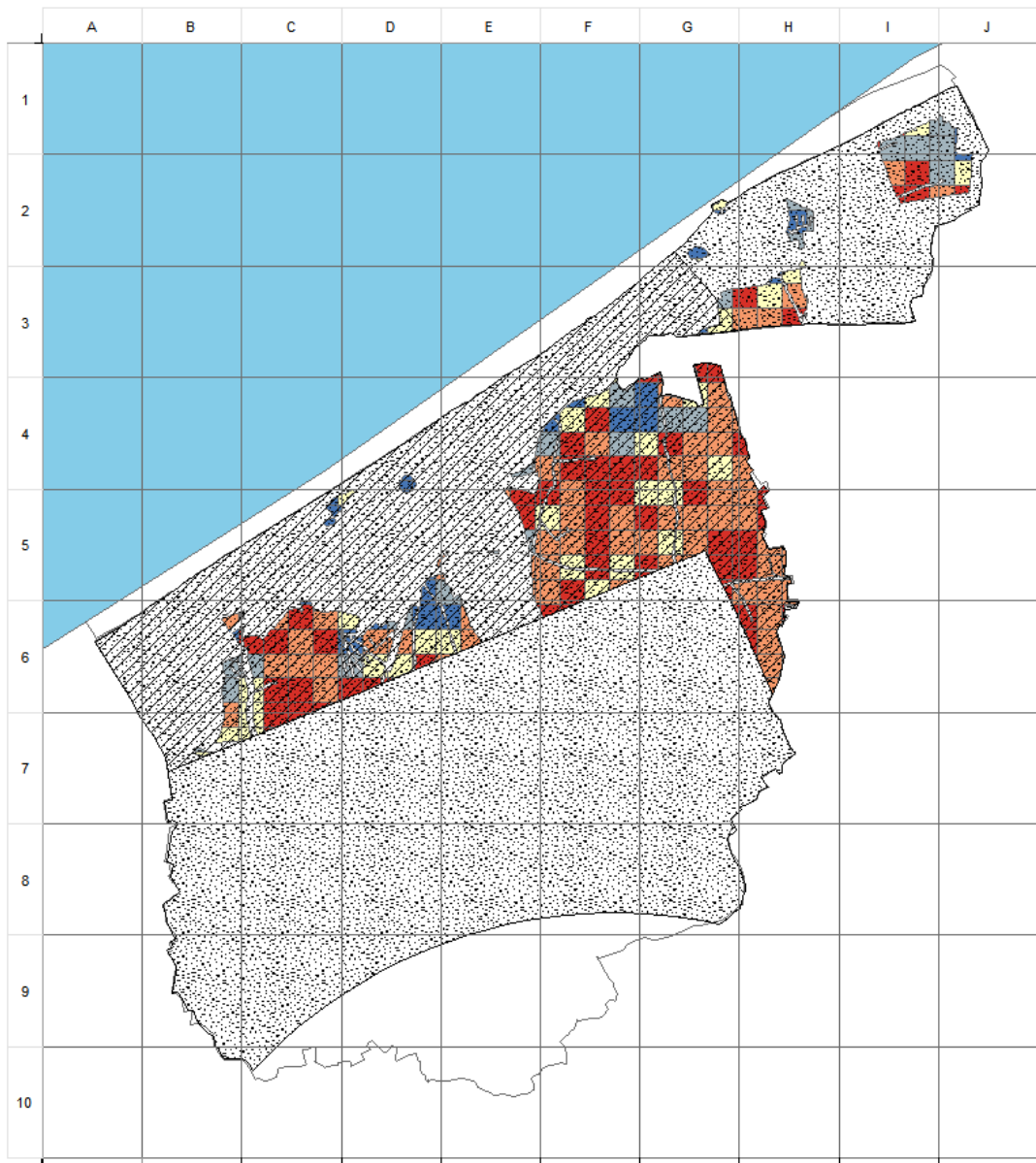
Ashoogte 15m



Casestudy De Haan

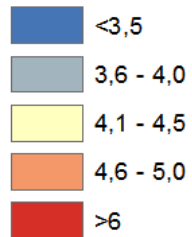


gericht op het openbreken van de markt voor kleine en middelgrote windturbines



Jaarlijks gemiddelde windsnelheid [m/s]

Ashoogte 15m



KMI zone

In deze zone is er een impact van windturbines op de door KMI gebruikte installaties. KMI zal een meer uitgebreide studie uitvoeren.



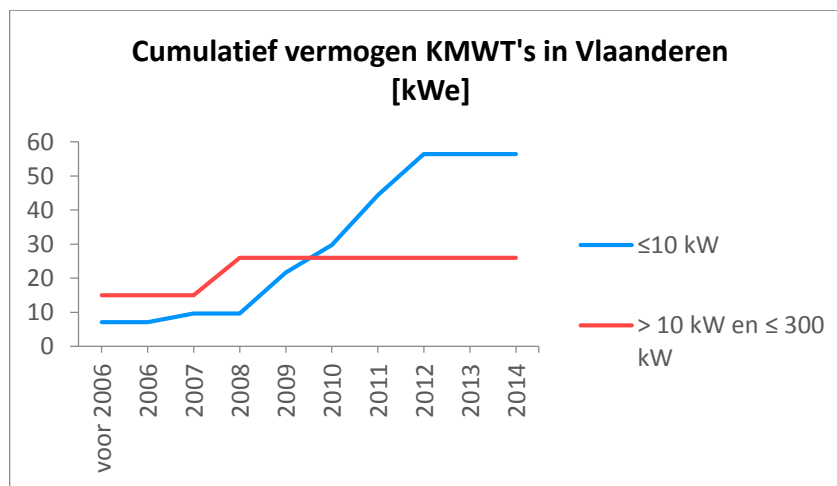
Belgocontrol zone

In deze zone is er een impact van windturbines op de door Belgocontrol gebruikte installaties en/of procedures. Belgocontrol zal een meer uitgebreide studie uitvoeren.

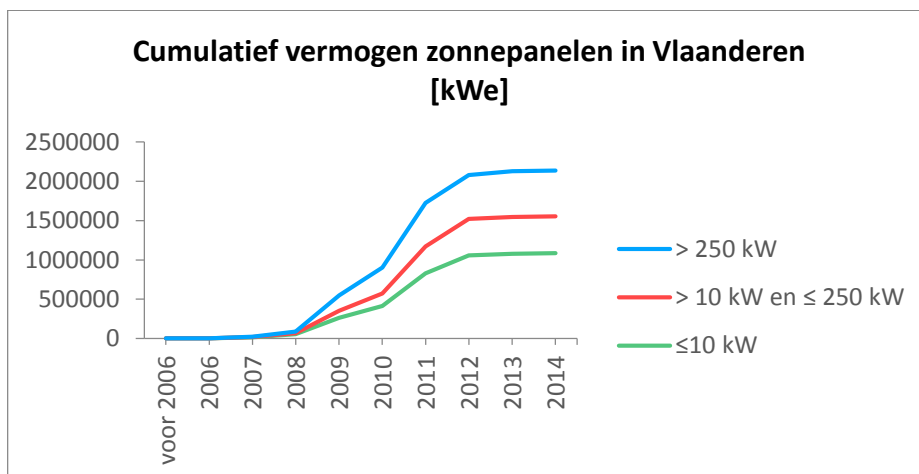
10 Technisch kader

10.1 Introductiefase van KMWT's in Vlaanderen

De productlevenscyclus (PLC)¹² van KMWT's staat nog in de introductiefase in Vlaanderen; de consumenten en de vergunningverlenende overheid moeten nog worden overtuigd van het potentieel en de complementariteit en voordelen ten opzichte van andere energietechnologieën. Tot op vandaag zijn er zo'n 25 KMWT's geïnstalleerd; dit komt overeen met een totaal geïnstalleerd vermogen van 291 kWe. Dit is verwaarloosbaar klein in vergelijking met het totaal geïnstalleerd vermogen aan fotovoltaïsche panelen van 1,55 GWe¹³ met een piekvermogen van 250 kW per installatie.



Figuur 27. Cumulatief geïnstalleerd vermogen KMWT's in Vlaanderen



Figuur 28. Cumulatief geïnstalleerd vermogen aan zonnepanelen in Vlaanderen

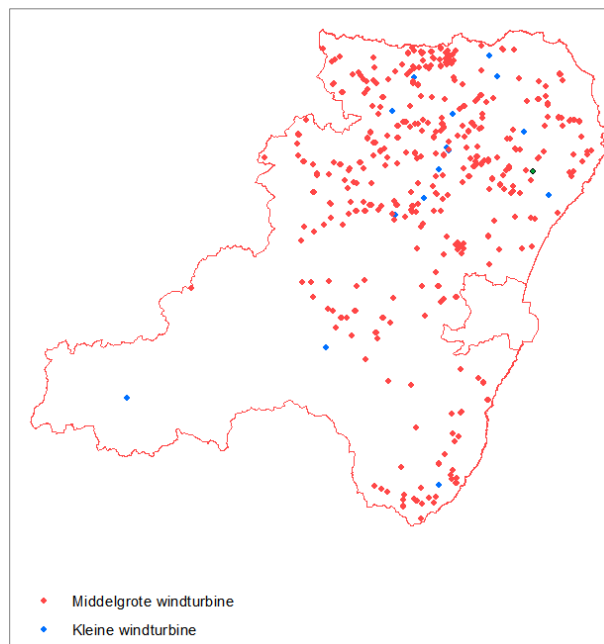
¹² De Rijcke, 2000, blz. 211-215

¹³ VREG, 2014

Een type hernieuwbare energiebron zal pas doorbreken wanneer deze economisch gezien voordelig is en dit vertaalt zich naar de terugverdientijd (TVT) van de technologie. Het economische verhaal is de facto gekoppeld aan de maturiteit van een bepaalde technologie. Uit data van het Small Wind Turbine Field Lab van Universiteit Gent in Oostende, dat instaat voor onder andere monitoring van KMWT's, zien we dat er een grote divergentie bestaat in kwaliteit van verschillende types KMWT's. De economische levensduur van KMWT's bedraagt vandaag 20 jaar; na deze periode zullen er meer storingen optreden door slijtage met verhoogde onderhoudskosten en een vermindering aan energieopbrengst als gevolg. KMWT's zijn pas economisch interessant van zodra de windturbine een terugverdientijd heeft van minder dan 20 jaar. In die periode dienen de geïnvesteerde kosten, zoals onder andere de aankoopprijs, de installatiekosten en de onderhoudskosten, terugverdiend te zijn door de verminderde kosten die men normaal zou uitgeven aan de aankoop van elektriciteit van het net.

Aberdeenshire

In de omliggende landen rond Vlaanderen zijn KMWT's in windrijke gebieden in groten getale geïntegreerd in het landschap. In Aberdeenshire (Schotland) zijn zo'n 482 middelgrote en 15 kleine windturbines geïnstalleerd voor 2014 (zie Figuur 29).

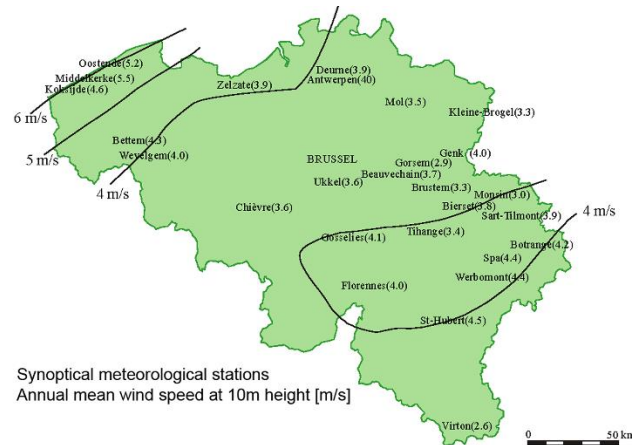


Figuur 29. Geïnstalleerde kleine en middelgrote windturbines in Aberdeenshire (Schotland) (Aberdeenshire Council, 2015)

Uit deze cijfers kan worden afgeleid dat er weldegelijk gebieden zijn waar deze technologie rendabel genoeg is. Tot dezelfde bevinding komt ook het IWT-Tetra-project Microwindturbines; **“In tegenstelling tot wat vaak wordt beweerd zijn kleine windturbines rendabel, mits de turbine goed wordt gekozen en de plaatsing zorgvuldig gebeurt”**.

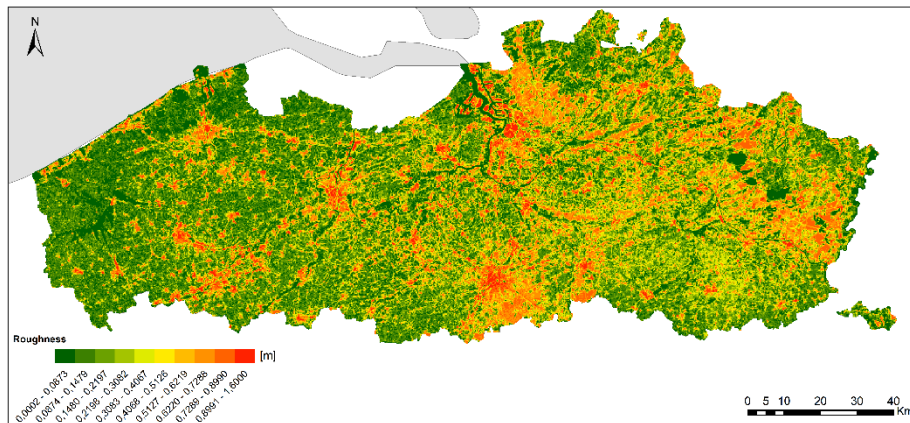
10.2 Optimale locatie

Om de optimale inplantingslocatie te weten te komen, dient de windverdelingsdistributie in kaart te worden gebracht. Zoals getoond in Figuur 1 werd een eerste wind onderzoek voor België uitgevoerd in 1984 door Hirsch. Hoewel een verdienstelijke poging biedt deze kaart onvoldoende inzicht in de lokale beschikbaarheid van wind voor een gedetailleerde plaatsing van KMWT's.



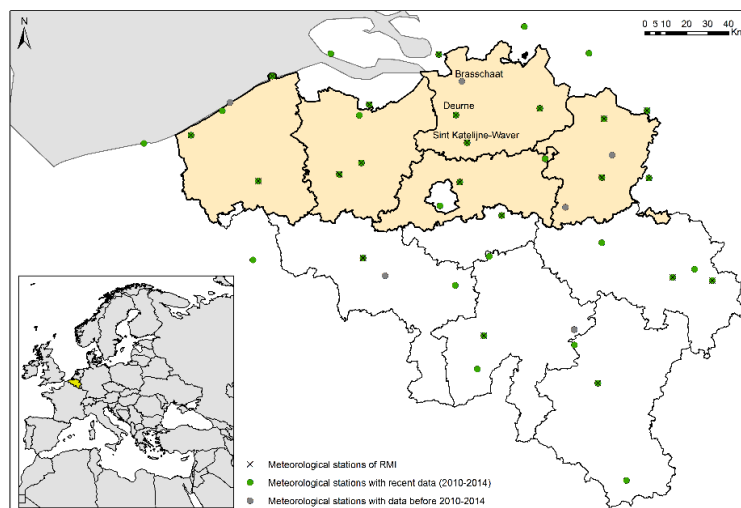
Figuur 30. Windkaart opgemaakt in 1984 door Hirsch (Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 1998)

In 2014 werd een ruwheidskaart gegenereerd voor het Vlaamse Gewest door het omzetten van de bodembedekking categorieën in sequenties van ruwheidslengte (zie Figuur 31).



Figuur 31. Ruwheidskaart van Vlaanderen (VMM, 2014)



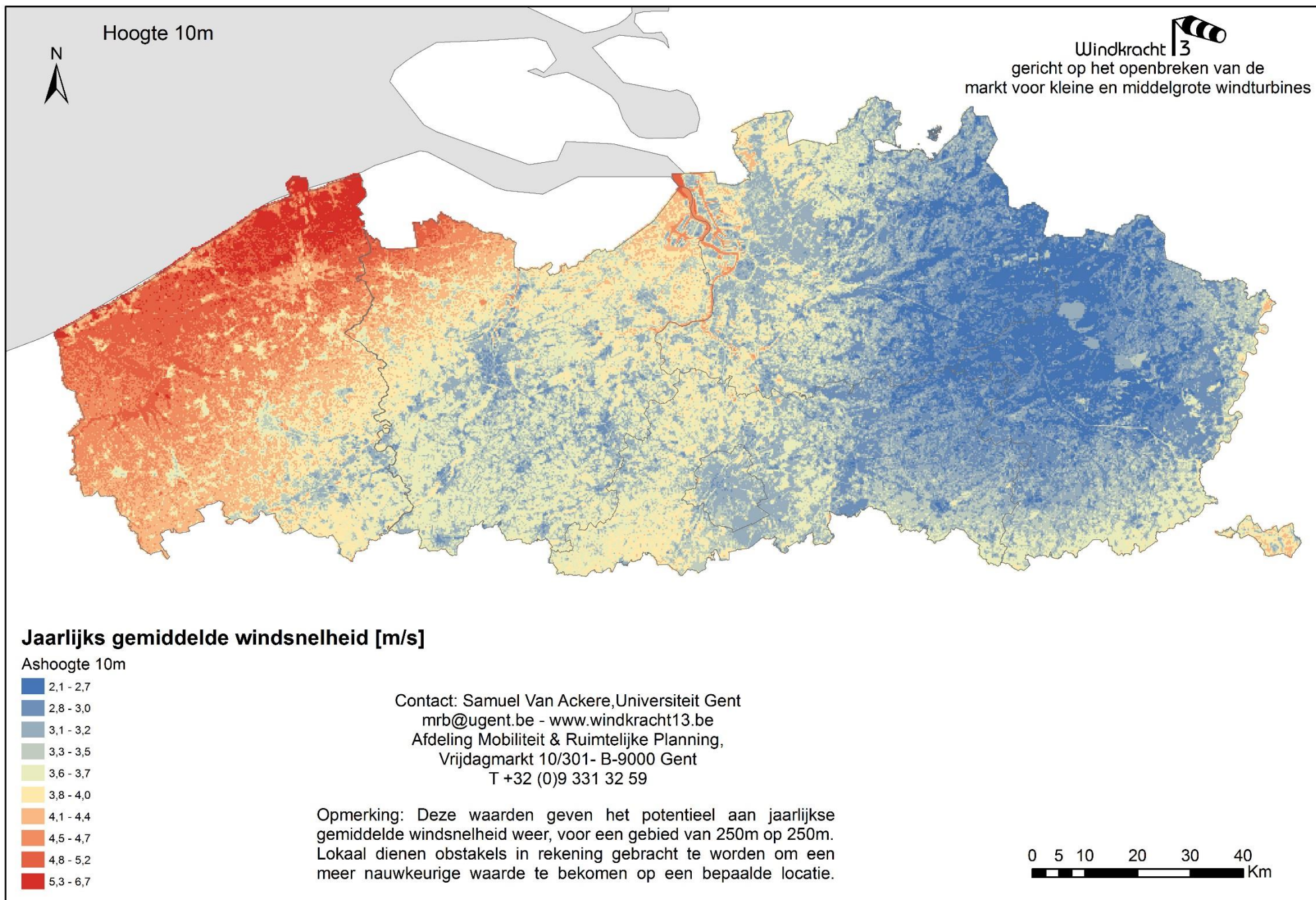


Figuur 32. Locatie van de gebruikte synoptische weerstations

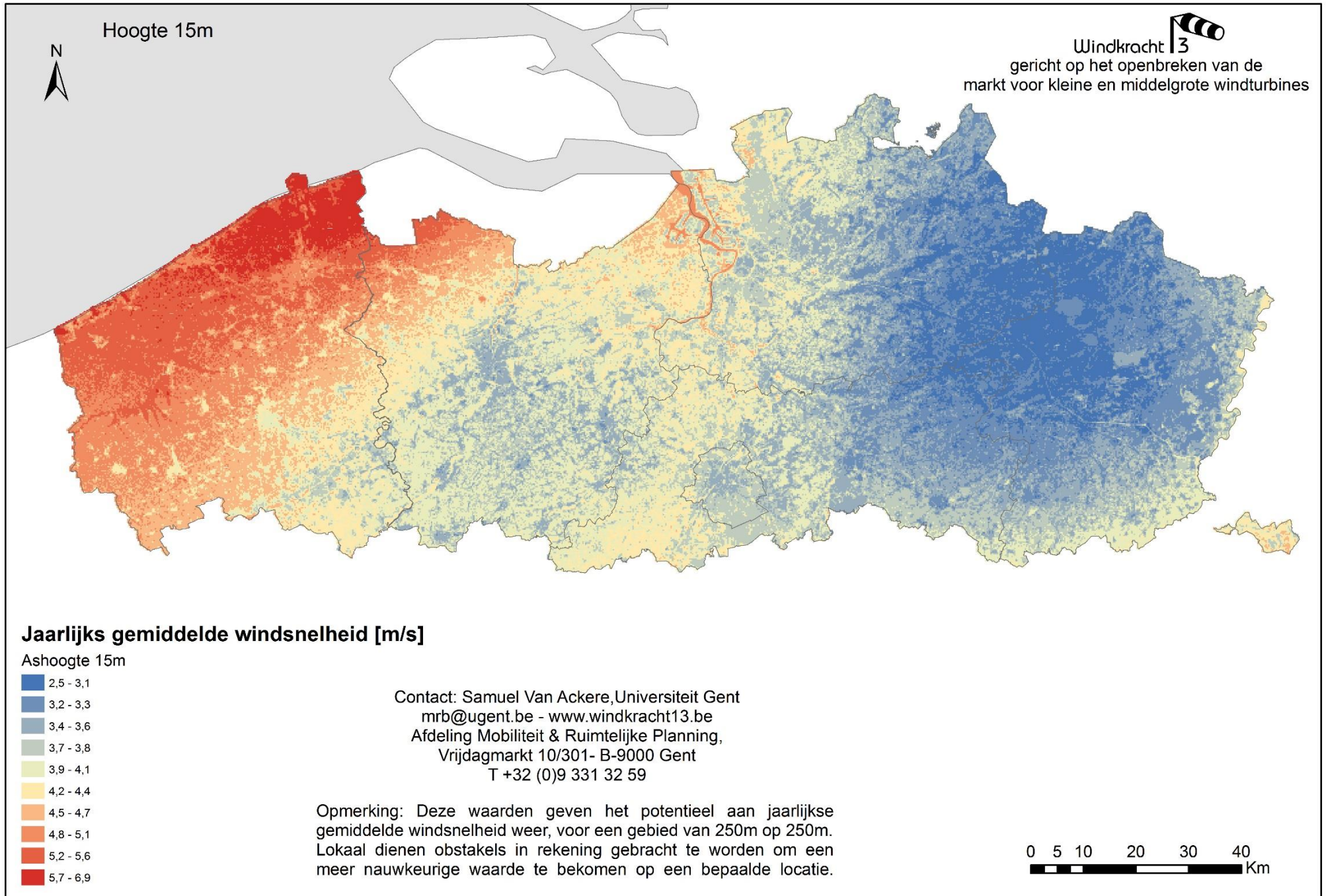
Aan de hand van deze ruwheidskaart en de data van de synoptische meetstations verdeeld over Vlaanderen (zie Figuur 31) werden verschillende windkaarten gemaakt op lage hoogte in het Windkracht 13 project. Het volledige proces wordt uitvoerig beschreven in de paper “Wind Resource Mapping Using Landscape Roughness and Spatial Interpolation Methods” die gepubliceerd werd in het wetenschappelijk tijdschrift *Energies* (Van Ackere et al., 2015).

In volgende pagina's worden alle windkaarten met jaarlijks gemiddelde windsnelheid (hoogte 10m tot 40m) toegevoegd aan dit document. Ook werden de lokale windkaarten toegevoegd van één van de casestudies, om aan te tonen hoe belangrijk het is om de optimale locatie voor KMWT's te zoeken.

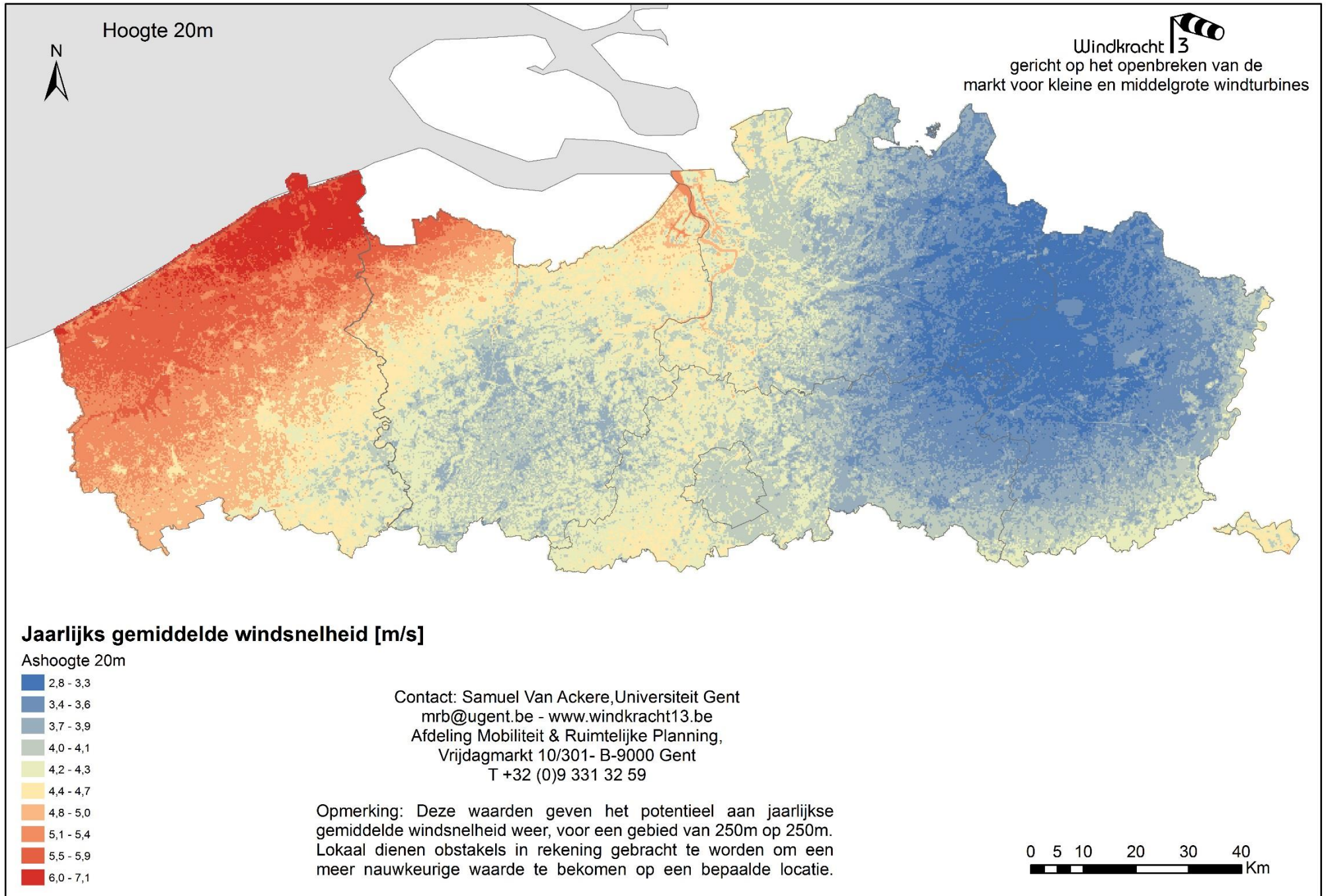
Windkaart Vlaanderen



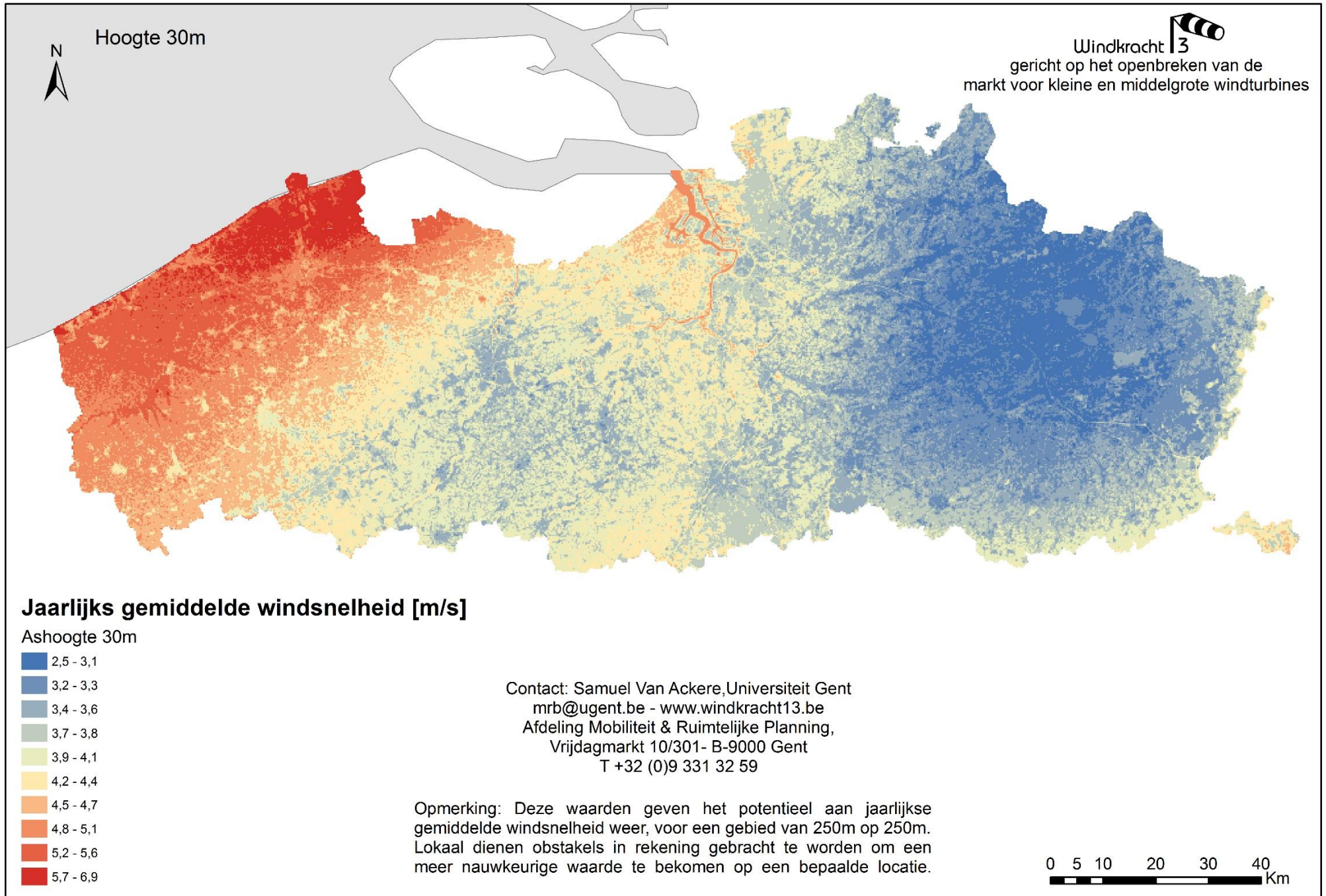
Windkaart Vlaanderen



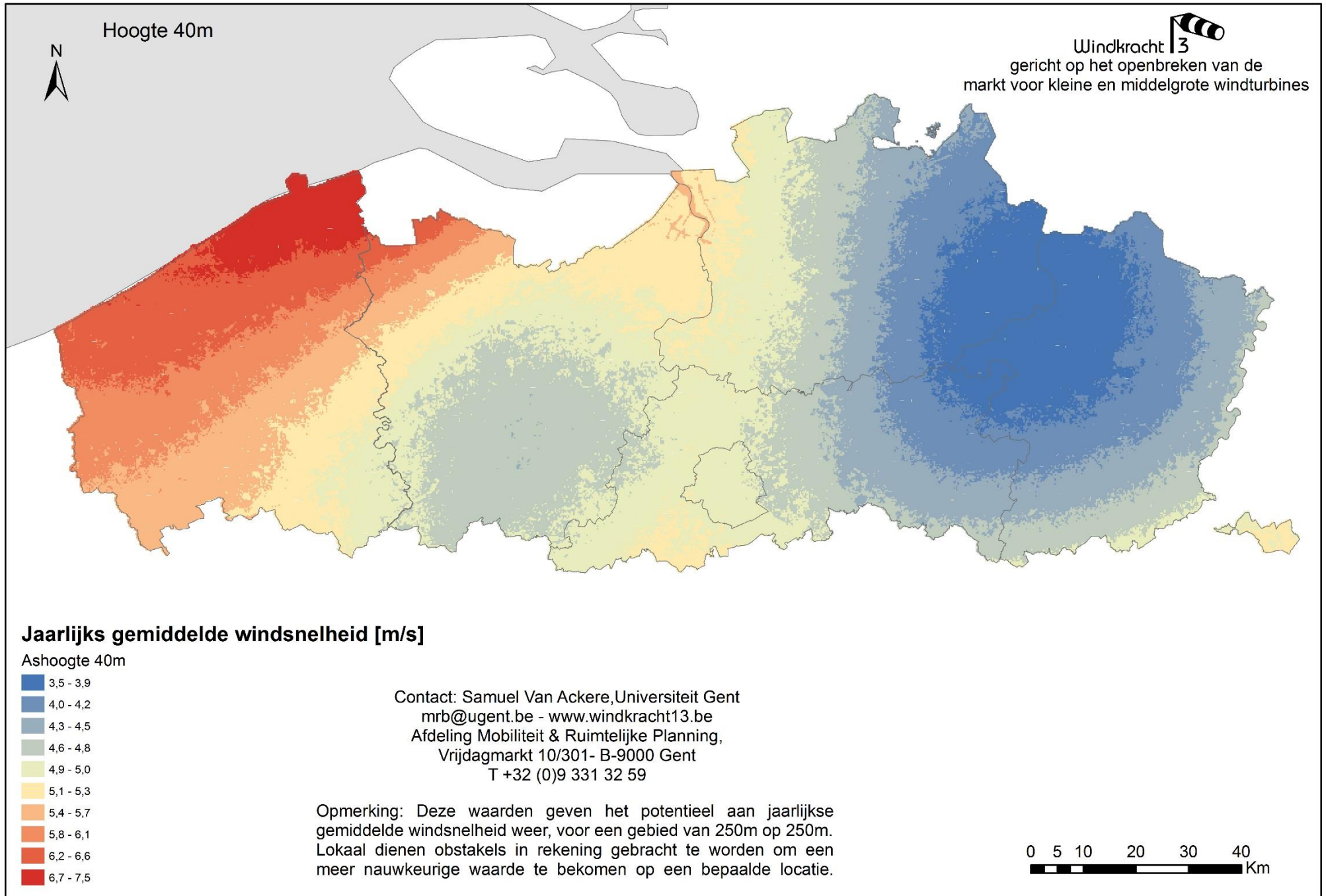
Windkaart Vlaanderen



Windkaart Vlaanderen

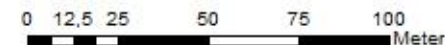
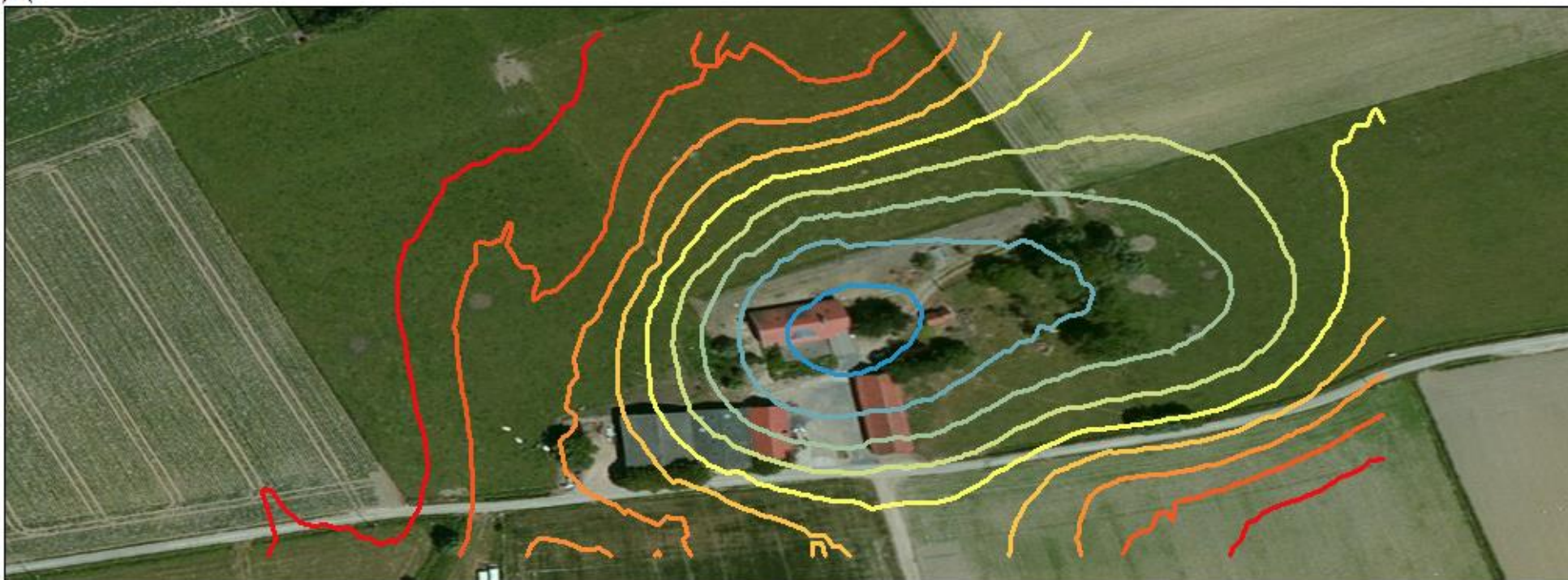


Windkaart Vlaanderen



Lokale windkaart

Ashoogte 15m



Jaarlijkse gemiddelde windsnelheid

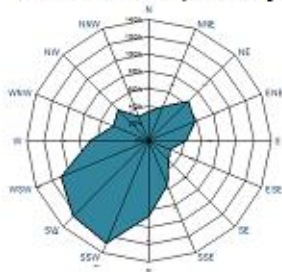
| | |
|--|----------|
| | 1,24 m/s |
| | 1,88 m/s |
| | 2,39 m/s |
| | 2,80 m/s |
| | 3,13 m/s |
| | 3,40 m/s |
| | 3,60 m/s |
| | 3,77 m/s |
| | 3,91 m/s |

ISKRAAT5-15/5.4 15m Jaarlijkse gemiddelde windenergie opbrengst

| | |
|--|-------------|
| | 1397,42 kWh |
| | 2095,80 kWh |
| | 2583,14 kWh |
| | 2923,23 kWh |
| | 3160,55 kWh |
| | 3326,16 kWh |
| | 3441,73 kWh |
| | 3522,38 kWh |
| | 3637,95 kWh |

Beitem

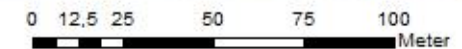
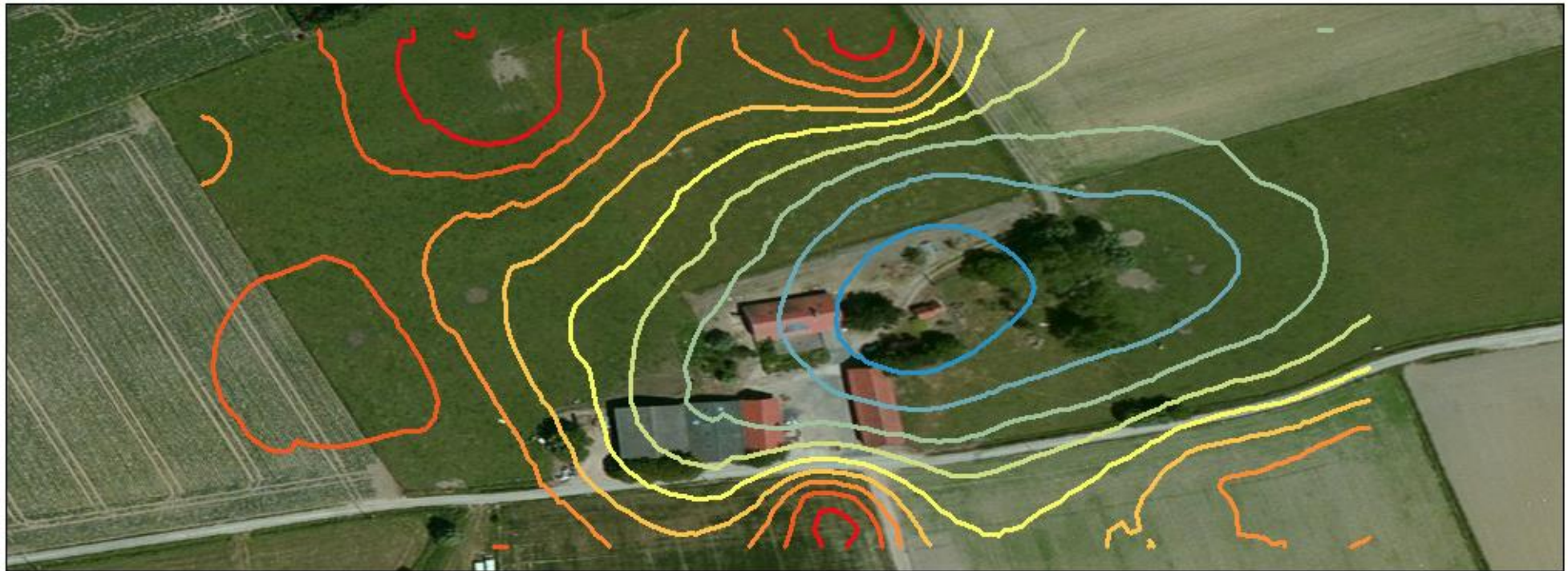
Windroos Frequentie [%]



Gemiddelde windsnelheid van de referentiemeting: 3,8m/s
Weibull parameter: 1,96
Meethoogte referentiemeting: 10m
Gemiddelde temperatuur: 10,8°C

Lokale windkaart

Ashoogte 28m

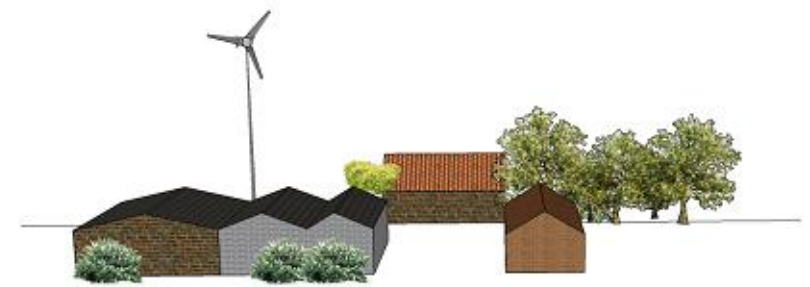
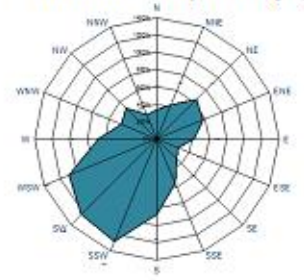


| Jaarlijkse gemiddelde windsnelheid | |
|------------------------------------|----------|
| | 2,18 m/s |
| | 2,92 m/s |
| | 3,47 m/s |
| | 3,87 m/s |
| | 4,17 m/s |
| | 4,40 m/s |
| | 4,56 m/s |
| | 4,69 m/s |
| | 4,78 m/s |

| ISKRAAT5-15/5.4 28m | |
|--|-------------|
| Jaarlijkse gemiddelde windenergieopbrengst | |
| | 2582,03 kWh |
| | 3469,17 kWh |
| | 4100,74 kWh |
| | 4550,36 kWh |
| | 4870,46 kWh |
| | 5098,34 kWh |
| | 5260,58 kWh |
| | 5376,08 kWh |
| | 5458,30 kWh |

Beitem

Windroos Frequentie [%]



Gemiddelde windsnelheid van de referentiemeting: 3,8m/s
Weibull parameter: 1,96
Meethoogte referentiemeting: 10m
Gemiddelde temperatuur: 10,8°C

10.3 Goed uitgekozen windturbine

Op en rond het Greenbridge wetenschapspark in Oostende zijn verschillende kleine windturbines geïnstalleerd en gemonitord door Power-Link. Deze monitoring maakt het mogelijk om een inschatting te maken van de terugverdientijd in Vlaanderen voor deze windturbines. In Figuur 17 zien we de berekening van de TVT van de windturbines UniWind 10, Evance R9000, Raum 3.5 en Skystream 3.7. Zo zien we dat de terugverdientijd voor deze windturbines heel uiteenlopend is. De Raum 3.5 windturbine scoort slecht, met een TVT van 46.69 jaar, omwille van technisch falen (6 maand/jaar buiten dienst). Uit deze steekproef kan al aangetoond worden dat niet alle kleine windturbines even goed scoren, en zeker niet alle kleine windturbines zichzelf terugverdienen.

| Type | UniWind 10 | Evance R9000 | Raum 3.5 | Skystream 3.7 |
|--------------------------------|------------|--------------|-----------|---------------|
| Vermogen [kW] | 10,00 | 5,00 | 3,50 | 2,40 |
| Opbrengst [kWh/jaar] | 7.825,10 | 6.827,75 | 1.521,56 | 3.216,24 |
| Bandingfactor | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| buiten dienst [maanden/jaar] | 1,00 | 0,00 | 6,00 | 0,00 |
| Availability [%] | 0,92 | 1,00 | 0,50 | 1,00 |
| Spec. Opbrengst [kWh/kWp] | 782,51 | 1.365,55 | 434,73 | 1.340,10 |
| CF | 0,09 | 0,16 | 0,05 | 0,15 |
| vollasturen [h/jaar] | 782,51 | 1.365,55 | 434,73 | 1.340,10 |
| Opbrengst [€/jaar] | 2.074,43 | 1.810,04 | 403,37 | 852,63 |
| Minderverbruik [€/jaar] | 1.565,02 | 1.365,55 | 304,31 | 643,25 |
| GSC [€/jaar] | 509,41 | 444,49 | 99,05 | 209,38 |
| installatieprijs excl. BTW [€] | 32.615,00 | 32.000,00 | 16.500,00 | 9.000,00 |
| onderhoudskost [€/jaar] | 50,00 | 50,00 | 50,00 | 50,00 |
| TVT [jaar] bandingfactor 0,8 | 15,7 | 17,7 | 40,91 | 10,56 |
| TVT [jaar] incl. onderhoud | 16,1 | 18,2 | 46,69 | 11,21 |
| €/kW | 3.261,50 | 6.400,00 | 4.714,29 | 3.750,00 |
| €/kWh ¹⁴ | 0,84 | 0,94 | 2,20 | 0,58 |

Tabel 18. Vergelijkende studie van 4 kleine windturbines (SWT Field Lab, 2014)

De UniWind, Evance R9000, Skystream 3.7 kunnen zichzelf terugverdienen indien deze windturbines geplaatst worden op een locatie met een soortgelijk windaanbod als dat van Power-Link in Oostende.

¹⁴ Berekend over een periode van 5 jaar

11 Checklist voor kleine en middelgrote windturbines

Als leidraad voor installateurs en potentieel geïnteresseerden in de plaatsing van een kleine of middelgrote windturbine maar ook voor partijen die betrokken zijn bij het beoordelingsproces werd een checklist uitgewerkt. De informatie in deze checklist schept duidelijkheid over de werking van de verschillende soorten turbines, de soorten mastconfiguraties, en de vragen die moeten gesteld worden alvorens een project te starten, etc. Kortom, deze checklist helpt de lezers inzicht te krijgen over de haalbaarheid van een klein of middelgroot windproject.

11.1 Motivatie

De motivatie voor het plaatsen van kleine en middelgrote windturbines (KMWT's) is vaak heel uiteenlopend. Het kan puur uit idealisme, om hernieuwbare energie te stimuleren of bijvoorbeeld om onafhankelijk te zijn van het net, in combinatie met zonnecellen. Maar KMWT's worden ook gebruikt om het groen imago van een bedrijf op te krikken of als architecturaal ornament. De reden waarom het project wordt uitgevoerd zal invloed hebben op de materiaalkeuze, de economische factoren en hoe het systeem uitgebaat en onderhouden wordt (Windenergy, 2015).

Enkele vragen die gesteld moeten worden bij aanvang van het project:

- **Waar zal de energie voor gebruikt worden?**

In off-grid systemen (eilandbedrijf) moet alle verbruikte energie ook lokaal opgewekt worden. De meeste turbines zijn netgekoppelde systemen, waarbij het net gebruikt wordt als back-up tijdens windluwe perioden en als opslagsysteem (terugdraaiende teller) als er een energieoverschot is. De energie kan ook verkocht worden om extra inkomsten te genereren voor een (landbouw)bedrijf bijvoorbeeld.

- **Zal de geproduceerde hoeveelheid energie de eigen energiebehoefte geheel of gedeeltelijk dekken?**

Afhankelijk van de grootte (geïnstalleerd vermogen) van de installatie gelden andere aansluitingsvoorwaarden. De aansluiting van systemen tot 10kW is relatief eenvoudig (en goedkoop), maar een beperking van het vermogen betekent uiteraard ook een beperking van de energiehoeveelheid die het systeem kan opwekken.

- **Zal de energie verkocht worden?**

Indien de installatie hoofdzakelijk bedoeld is om energie te verkopen, gaat de voorkeur naar grote windturbines. Grotere installaties kunnen energie produceren aan een lagere kost en zijn dan ook sneller terugverdiend. Kleine en middelgrote windturbines zijn geschikt voor lokaal verbruik.

- **Is de energiekost belangrijk?**

De energieprijzen zal een grote invloed hebben op de materiaalkeuze. Een algemene regel is dat naar mate de grootte van het systeem toeneemt de kost per geïnstalleerde kW afneemt, wat het project economisch interessanter maakt. Als het budget beperkt is of wanneer de turbine enkel het verbruik in een off-grid systeem moet dekken, gelden andere randvoorwaarden wat de keuze beïnvloedt.

- **Wat is het budget?**

Het budget is vaak de beperkende factor voor KMWT. De totale kostprijs moet passen binnen het budget van het bedrijf, en met een return on investment die over het algemeen laag is vergeleken met grote windturbines of pv-installaties zijn andere investeringen vaak aantrekkelijker.

11.2 Economische haalbaarheid

De slaagkans van een KMWT project staat of valt meestal met de terugverdientijd. Voor een zo nauwkeurig mogelijke schatting dient heel wat informatie verzameld te worden. De belangrijkste zaken zijn:

- een betrouwbare schatting van het windaanbod op de site
- de hoogte van de mast
- de vermogencurve van de turbine (bij voorkeur onafhankelijk bepaald)
- de totale installatiekost
- eventueel de rentevoet voor de lening
- de jaarlijkse onderhoudskost, verzekering, netvergoeding, etc.
- jaarlijks en maandelijks elektriciteitsverbruik
- informatie van de netbeheerder over de aansluitmogelijkheden, energiemetering en injectietarieven
- mogelijke ondersteuningsmechanismen

Kenmerkend, voor kleine en middelgrote windenergiesystemen, is dat de geproduceerde energie gebruikt wordt om de lokale energievraag geheel of gedeeltelijk te dekken. Het elektrisch net wordt gebruikt als buffer om de onbalans tussen vraag en aanbod op te vangen. Afhankelijk van de grootte van de installatie worden de afname en injectie afzonderlijk gemeten (>10 kW generatorvermogen) of wordt er gewerkt met een terugdraaiende teller (≤10 kW generatorvermogen).

Eens de injectietarieven gekend zijn, de maandelijks productie geschat is en de installatie en onderhoudskosten gekend zijn, kan de vereenvoudigde terugverdientijd bepaald worden.

Indien er een injectieteller is, wordt deze bepaald door de som van alle kosten (installatiekosten en jaarlijkse kosten) te delen door de geschatte jaarlijkse productie vermenigvuldigd met het injectietarief.

Bij installaties tot 10 kW met terugdraaiende teller worden geen inkomsten gegenereerd d.m.v. injectie maar wordt dit uitgedrukt in uitgespaarde energiekost. De vereenvoudigde terugverdientijd wordt hier bepaald door de som van alle kosten te delen door het product van de geschatte jaarlijkse productie en de elektriciteitsprijs voor afname.

Deze vereenvoudigde terugverdientijd geeft een ruwe schatting over hoeveel jaar de installatie zal terugverdiend zijn, zonder daarbij rekening te houden met de netto constante waarde, inflatie, en de verwachte stijging van de energieprijzen. In de meeste gevallen is deze methode conservatiever dan een meer doorgedreven analyse.

11.3 Windaanbod

Een windturbine die onvoldoende wind vangt is als een zonnecel in de schaduw: ze produceert niets. Het lijkt evident, maar toch blijft het bepalen van het windaanbod (op as-hoogte) de meest onderschatte stap in de weg naar het succesvol implementeren van KMWT's.

Locaties met een gemiddelde windsnelheid van 5,5 m/s of meer hebben geen nood aan een gedetailleerde windstudie. In Vlaanderen zijn dergelijke windsnelheden, op lage hoogte, enkel haalbaar langs de kuststrook. Eventueel kan op andere locaties een hogere mast een oplossing bieden (> 15m). Op locaties met een gemiddelde windsnelheid lager dan 4,5 m/s (op as-hoogte) is de plaatsing van KMWT af te raden. Bij gemiddelde windsnelheden tussen de 4,5 en 5,5 m/s is het aan te raden een windstudie uit te voeren om de haalbaarheid van het project te bepalen (Gipe P., 2004).

Op de projectwebsite www.windkracht13.be kunnen windkaarten geraadpleegd worden om de gemiddelde windsnelheid na te gaan op hoogtes gaande van 10 tot 40m. Ze geven een indicatie van de gemiddelde windsnelheid voor locaties in Vlaanderen.

Windkaarten kunnen gebruikt worden als hulpmiddel, maar kunnen de nauwkeurigheid van een plaatselijke meetcampagne niet evenaren. Het microklimaat in de nabijheid van obstakels kan

afwijkingen van $\pm 30\%$ veroorzaken t.o.v. de windsnelheid die de windkaart aangeeft (Gipe P., 2004).

KMWT worden op een relatief lage hoogte geplaatst, 10 tot 40m. Op deze lage hoogte is de wind sterk beïnvloed door lokale obstakels en de ruwheid van het aardoppervlak zelf. De interactie met obstakels vertraagt de wind en maakt hem turbulent. Een windkaart kan onmogelijk rekening houden met lokale obstakels. Het is daarom aangewezen de windsnelheid effectief te meten op de locatie en hoogte waar eventueel een turbine geplaatst zal worden.

Hiervoor kan een studiebureau ingeschakeld worden maar dit kost al snel een paar duizend euro. Bovendien is het aanbod beperkt. Een goedkoper alternatief is zelf de nodige meetapparatuur aankopen om het windaanbod in kaart te brengen. Fabrikanten bieden naast anemometers (windsnelheidsmeters) ook dataloggers, batterijvoedingen en de nodige behuizing aan. Voor een paar honderd euro kan een dergelijk systeem aangeschaft worden.

Hoelang moet er gemeten worden om een representatief beeld te krijgen van het windaanbod op een bepaalde site? Hoe langer de meetperiode hoe betrouwbaarder uiteraard het resultaat zal zijn. Vaak wordt een minimum periode van 1 jaar aangeraden om seizoensinvloeden in rekening te brengen. Maar het ene windjaar is het andere niet.

De gemiddelde windsnelheid kan tot 25% variëren jaar op jaar. De vraag is of het een normaal windjaar was of eerder een windrijk of windluw jaar. Om deze vraag te beantwoorden moet de historische winddata van het meest nabijgelegen meteostation bekeken worden. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van de gegevens die de National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA) ter beschikking stelt (National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), 2015).

Na correlatie van de historische gegevens met de eigen data kan blijken dat er geen jaar lang gemeten moet worden. In dat geval gaat de voorkeur uit naar de windrijke maanden tijdens de winter en in de lente. Een meetperiode van vier maanden is echter het absolute minimum.

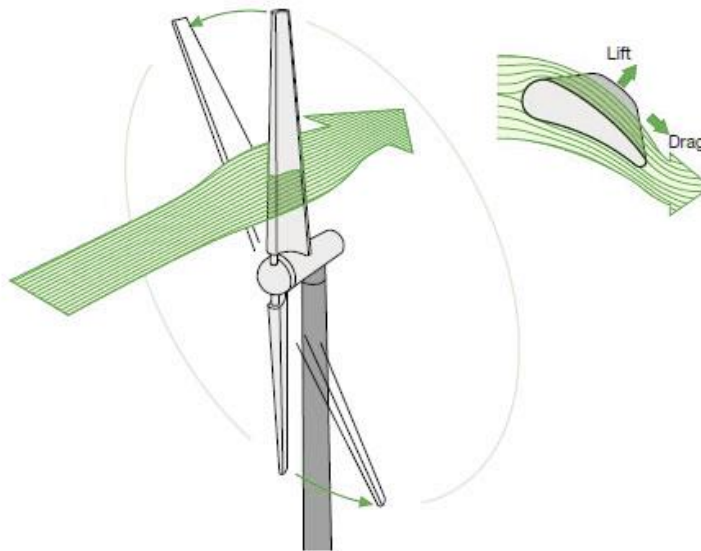
11.4 Materiaalkeuze: Turbine

Over het algemeen is een installatie opgebouwd uit een windturbine gemonteerd op een mast, een vermogenselektronische omvormer en eventueel een netontkoppelbord. Meestal is de omvormer vooraf bepaald door de windturbine producent en beperkt de keuze zich tot het kiezen van een turbine en een masttype en -hoogte. Een waaier aan windturbineproducenten, ieder met verschillende types turbines maakt de keuze er niet gemakkelijker op.

Welk type?

De markt van KMWT biedt heel wat verschillende types en modellen. Het loont de moeite even stil te staan bij de voor- en nadelen van de verschillende types. Het type rotor dat gebruikt wordt bepaalt in grote mate de efficiëntie en rendabiliteit van het systeem. Het komt er op neer met een zo hoog mogelijk rendement de kinetische energie in de luchtstroming te benutten. Belangrijker dan de oriëntatie van de as (horizontaal of verticaal) is welke kracht gebruikt wordt om de windturbine bladen rond deze as te doen roteren.

De kracht die de luchtstroming op een object uitoefent is opgebouwd uit twee componenten, de stootkracht en de liftkracht. De stootkracht, ook wel drag genoemd, heeft dezelfde richting als de luchtstroming, de liftkracht staat er loodrecht op, zoals aangegeven in Figuur 33.



Figuur 33. Drag- en liftkracht

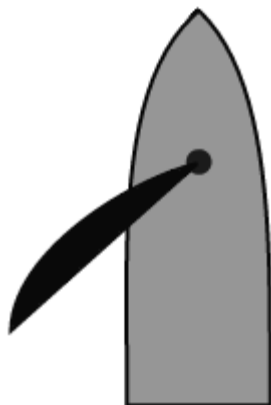
Drag

De stootkracht is evenredig met de oppervlakte, de luchtdichtheid, het kwadraat van de windsnelheid en de drag-coëfficiënt. Deze drag-coëfficiënt is afhankelijk van de vorm van het voorwerp waar de wind op invalt. De meest gekende toepassing van een drag-turbine is de cup anemometer (Figuur 34). De drag-coëfficiënt van de holle kant van de cup is groter dan die van de bolle kant, waardoor een krachtenkoppel ontstaat en de rotor ronddraait.

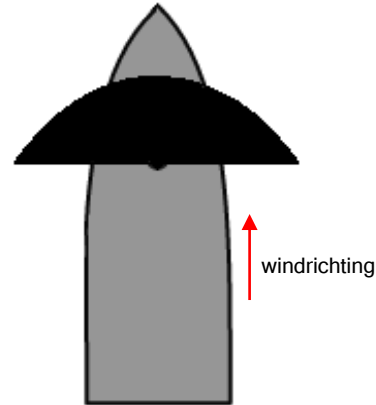


Figuur 34. Cup anemometer

Kenmerkend aan deze drag–turbines is het lage rendement. De snelheid van de bladen is steeds kleiner dan de windsnelheid. Met het gebruik van liftkrachten kan een hoger rendement bekomen worden. Het onderscheid kan aangetoond worden door de vergelijking te maken met de oudste techniek waarmee de mens de wind oogst, het zeilen. De eerste schepen voeren steeds ‘*voor de wind*’, met het zeil haaks op de windrichting (Figuur 36). Hier is het de stootkracht of drag die het schip vooruit duwt. Moderne zeilboten halen veel grotere snelheden door ‘*aan de wind*’ te varen. Hierbij staan de zeilen quasi parallel met de windrichting (Figuur 35). De kromming van het zeil wordt gebruikt om de liftkracht te maximaliseren en zo het schip vooruit te laten varen. Hierbij wordt de stootkracht zo klein mogelijk gehouden.



Figuur 35 Zeilboot gebruik makend van liftkracht



Figuur 36. Zeilboot gebruik makend van stootkracht

Lift

Windturbines die gebruik maken van liftkrachten hebben bladen met een doorsnede gelijkaardig aan dat van een vliegtuigvleugel. Dit vleugelprofiel, ook airfoil genoemd, zorgt ervoor dat er naast een stootkracht ook een liftkracht ontstaat. De liftkracht staat loodrecht op de richting van de luchtstroming. De luchtstroming beweegt sneller aan de bovenkant van het profiel dan aan de onderkant, dat resulteert in een onderdruk aan de bovenkant. Hierdoor ontstaat een opwaartse



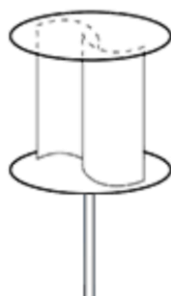
zuigkracht, de liftkracht. De liftkracht is evenredig met de oppervlakte, de luchtdichtheid, het kwadraat van de windsnelheid en de liftcoëfficiënt. Deze coëfficiënt is niet enkel afhankelijk van de vorm van de airfoil, maar ook van de invalshoek.

Meer informatie rond de krachtwerking bij windturbines is terug te vinden in de presentatie ‘Kleine en middelgrote windturbines – Technische aspecten’, te raadplegen op de projectwebsite. http://www.windkracht13.be/wp-content/uploads/2014/11/1_tech_nische_aspecten_kv_w.pdf

Horizontale of verticale as?

Windturbines kunnen opgesplitst worden in twee groepen. De verticale-as windturbines (VAWT's) en de horizontale-as windturbines (HAWT's).

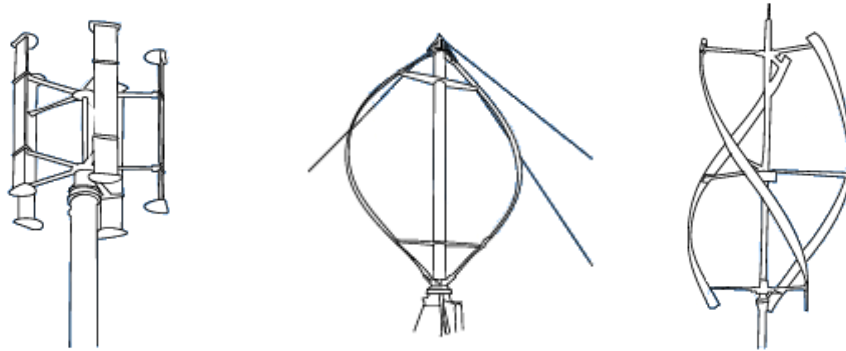
Bij de VAWT's zijn de belangrijkste types de Savonius- en de Darrieus-turbine. Beide types hebben als voordeel dat ze onafhankelijk zijn van de windrichting, wat bij HAWT's niet het geval is. Een Savonius-turbine maakt gebruik van stootkrachten en een Darrieus-turbine gebruikt liftkrachten. Een Savonius-turbine is naar ontwerp en principe een zeer eenvoudige turbine (Figuur 37). De rotor is meestal opgebouwd uit twee, drie of vier holle schoepen. Omwille van het feit dat er telkens een gedeelte van de rotor tegen de wind in beweegt (en dus een tegenwerkend koppel ontwikkelt) is het rendement van dit type windturbines zelden hoger dan 20%. Omwille van de massieve rotor is de materiaalkost groter dan bij turbines die airfoils gebruiken (liftkrachten). Het lage toerental maakt hen bovendien minder geschikt voor het opwekken van elektriciteit en eerder geschikt voor pompen.



Figuur 37. principe Savonius-windturbine; prototype in het SWT Field Lab van UGent

Een Darrieus-turbine maakt gebruik van airfoils die liftkrachten creëren op de rotor. Het rendement is daardoor beduidend groter dan dat van Savonius-turbines. De rotofficiëntie kan tot 40% bedragen. In Figuur 38 zijn de voornaamste types afgebeeld. De eenvoudigste uitvoering is de H rotor, deze maakt gebruik van rechte bladen. Hier veroorzaken centrifugaalkrachten grote belastingen aan de aanhechtingpunten van de bladen ten gevolge van het buigen van de bladen. In de jaren '20 patenteerde de Franse uitvinder D. G. M. Darrieus een windturbine met gebogen

bladen. Bij dit type ontstaat er geen buiging maar trekkracht aan de aanhechtingspunten, een kracht waar materialen beter tegen bestand zijn. Een nadeel is dat het rotoroppervlak kleiner is dan bij rechte bladen. Een andere variant maakt gebruik van helicoidale bladen, gelijkaardig aan de Gorlov-waterturbine. Bij deze uitvoering wordt het pulserend koppel, waar Darrieus-turbines mee te kampen hebben, verminderd.



Figuur 38. Darrieus H-rotor; Darrieus-turbine ; Helicoïdale Darrieus-turbine

Door gebruik te maken van liftkrachten, waarbij de bladen tegen de wind in bewegen, kan de rotor sneller bewegen dan de windsnelheid. Hierdoor kunnen hogere toerentallen bereikt worden, wat gunstig is voor het opwekken van elektriciteit. Een nadeel van Darrieus-turbines is dat ze niet zelfstartend zijn. Vanuit stilstand produceert de rotor nauwelijks koppel. Het aanlopen kan gebeuren door de generator tijdelijk als motor te laten werken. Alternatieven zijn een aangepaste rotor met een grotere drag-coëfficiënt of een Savonius-turbine die geïntegreerd zit midden in de rotor. Beide aanpassingen verhogen het startkoppel van de rotor maar verlagen de rotorefficiëntie.

HAWT's zijn de meest gekende en toegepaste soort windturbines. De rotor wordt bij alle types aangedreven door liftkrachten, toch bestaan er twee uitvoeringen: de up-wind en de down-wind rotor (Figuur 39 en Figuur 40). Bij een up-wind rotor valt de wind eerst in op de rotor en daarna op de mast. Bij een down-wind rotor is het net andersom. Voor een maximaal rendement moet het rotoroppervlak loodrecht op de aanstromende wind staan. Het in de wind positioneren (kruien) van de rotor kan passief of actief gebeuren. Een up-wind turbine heeft ofwel een windvaan (passief) of een kruimotor (actief) nodig. Een down-wind turbine heeft als voordeel dat de rotor zelf dienst doet als windvaan.



Figuur 39. Up-wind turbine, Evance R9000



Figuur 40. Down-wind turbine, Skystream 3.7

Bij kleine windturbines (≤ 10 kW) wordt vaak met een passief kruimechanisme gewerkt. Dit maakt sturingsapparatuur overbodig wat de robuustheid en kostprijs van het systeem ten goede komt. Bij grotere vermogens wordt zo goed als altijd met kruimotoren gewerkt. Een actief systeem zorgt ervoor dat de rotor stabiel in de windrichting staat en bij te hoge windsnelheden kan de rotor uit de wind gedraaid worden. Bij kleine windturbines zonder kruimotor worden passieve systemen gebruikt om de rotor uit de wind te draaien.

HAWT's hebben als voordeel dat, eenmaal de rotor juist gepositioneerd is, ieder rotorblad constant arbeid levert, waardoor ze een constanter koppel leveren dan VAWT's. Aangezien de richting van de invallende wind bij HAWT's niet verandert gedurende een omwenteling kan hier de efficiëntie nog verhoogd worden. De hoek waaronder de wind invalt op het blad kan aangepast worden door het blad rond zijn as te draaien. Het zogenaamd pitchen van de bladen laat toe om bij iedere windsnelheid de juiste hoek in te stellen. Zo wordt de liftcoëfficiënt vergroot, dit resulteert in een hoge rotofficiëntie, tot 50%. Het pitchen kan ook gebruikt worden om de rotor aerodynamisch te laten remmen. Bij VAWT's varieert deze hoek constant voor ieder blad afzonderlijk. Dit maakt een pitchsysteem voor VAWT's uitermate complex en het wordt dan ook zelden toegepast.

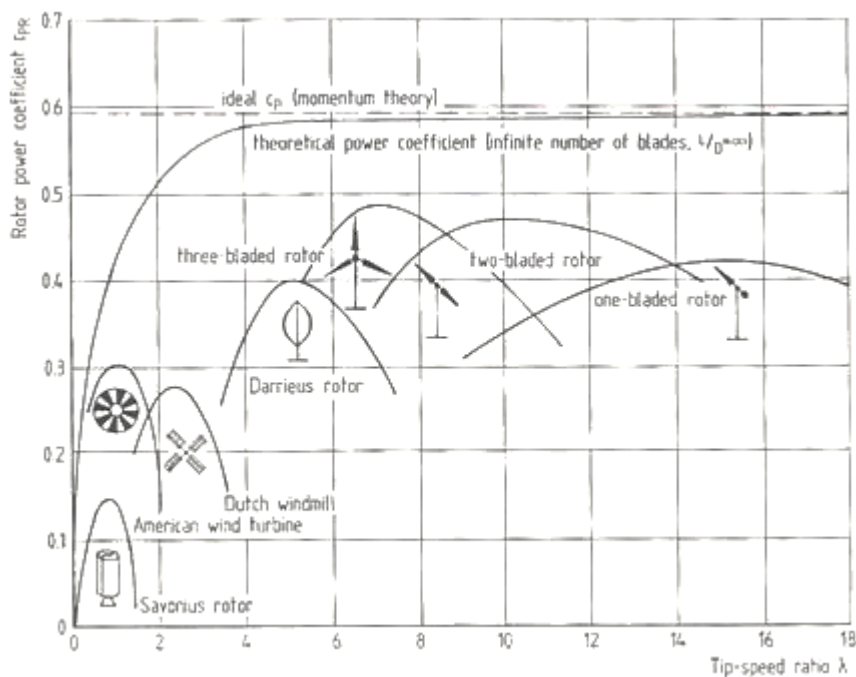
Het aantal rotorbladen van HAWT's en Darrieus-turbines beïnvloedt het toerental van de rotor. Hoe meer bladen de rotor telt hoe trager hij ronddraait bij eenzelfde windsnelheid. Het koppel van de rotor neemt in dezelfde verhouding toe. Het vermogen blijft evenwel onveranderd. Voor het aandrijven van een mechanische last is bijvoorbeeld een hoog koppel vereist. Dit verklaart waarom windturbines die water oppompen heel wat meer rotorbladen hebben dan de klassieke driebladige windturbines.

Samengevat

VAWT's hebben als voordeel dat ze niet in de wind gedraaid moeten worden (kruien), wat bij HAWT's wel noodzakelijk is. Er is ook geen mast vereist en de generator kan onderaan geplaatst worden. Zonder (hoge) mast bevindt de rotor zich echter in een luchtstroom dichter

bij de grond of het dakoppervlak, waar de windsnelheid lager is en meer turbulentie optreedt. Daarom worden VAWT's bij voorkeur wel op een voldoende hoge mast geplaatst. Op zonnige dagen ontstaat er door het uitsteken van de bladen slagschaduw rondom een windturbine. Slagschaduw kan zowel bij HAWT's als bij VAWT's optreden. Hoe groter het rotoroppervlak, hoe groter het bereik van de slagschaduw. VAWT's produceren een pulserend koppel omdat de bladen of schoepen per omwenteling maar over een beperkt deel van hun draaibeweging koppel leveren, het krachtenzwaartepunt valt niet samen met het rotormiddelpunt. Dit zorgt voor een wisselende belasting op de rotor, met trillingen en hoge dynamische belastingen tot gevolg. Het krachtenzwaartepunt bij HAWT's valt samen met het rotormiddelpunt wat zorgt voor een stabiel systeem. De krachten op de bladen zijn ook constanter wat de levensduur van het materiaal ten goede komt.

Uit energetisch oogpunt is de belangrijkste parameter de efficiëntie van het systeem. Savonius-turbines scoren op dit vlak het slechtst. Figuur 41 toont de rotoefficiëntie van de verschillende rotor types. De horizontale as geeft de tip speed ratio of snelheid (Engels: tip-speed ratio) λ weer, dit is de verhouding tussen de snelheid van het uiterste punt van de wieken en de windsnelheid zelf. De verticale as toont de rotoefficiëntie. Deze laatste is begrensd op 59,3%. Dit is de Betz-limiet, het theoretisch maximum rendement waarmee een rotor energie uit de wind kan onttrekken.



Figuur 41. Rotorefficiëntie in functie van de tip speed ratio (Hau & Von Renouard, 2006)

Darrieus-turbines worden vaak gepromoot met slogans als “de ideale turbine voor op uw dak” of “deze turbine werkt ook bij zeer lage windsnelheden”. Darrieus-turbines kunnen op locaties



met een zeer snel variërende windrichting beter de wind vangen dan HAWT's, maar over de hoeveelheid energie die er te oogsten valt wordt niet gesproken. Locaties met zeer turbulente wind of zeer weinig wind, waar de voordelen van VAWT's zich uiten, kunnen beter gebruikt worden om enkele zonnepanelen te plaatsen. Als energie opwekken de doelstelling is, dan is een groot rotoroppervlak, voldoende hoge windsnelheid en weinig turbulentie een noodzaak.

Tabel 19 geeft een beknopt overzicht van de voor- en nadelen van de verschillende types windturbines. Het specifieke ontwerp en de bouwkwaliteit van een turbine blijft uiteraard fabrikant gebonden. Het vergelijken van de prestaties en kwaliteit van windturbines gebeurt daarom het best aan de hand van powercurves opgemeten door onafhankelijke testcentra, in echte omstandigheden (in testparken). Goede voorbeelden zijn powercurves opgemeten voor het certificeren van windturbines volgens de internationale IEC 61400-12-1 norm of een afgeleide hiervan. De kwaliteit van de wind in een windtunnel en de exacte positionering van het rotoroppervlak in de windrichting kunnen niet geëvenaard worden bij KMWT's in het veld. Het is daarom zinvoller de prestaties in werkelijke omstandigheden te gebruiken als referentie. De voordelen van exotische aanpassingen aan de rotor, zoals bv. een windconcentrator, komen tot uiting in een windtunnel, maar zijn in reële condities vaak beduidend kleiner. Grotere energiewinsten aan een lagere prijs kunnen geboekt worden door bv. een hogere mast te gebruiken of het rotoroppervlak te vergroten.

| HAWT | VAWT | |
|--|--|--|
| | Darrieus-turbine | Savonius-turbine |
| + hoog rendement | + geen kruimechanisme | + geen kruimechanisme |
| + proven technology | + geen slagschaduw | + geen slagschaduw |
| + verhoogde efficiëntie door pitchen | + hoger rendement dan Savonius-turbine | + eenvoudig ontwerp |
| + zelfstartend | - niet zelfstartend | + zelfstartend |
| + lage materiaalkost | - hoge dynamische belasting | + weinig geluidsproductie |
| + volledige benutting rotoroppervlak | - gedeeltelijke benutting rotoroppervlak | - gedeeltelijke benutting rotoroppervlak |
| - kruimechanisme noodzakelijk | - geen pitchsysteem | - laag rendement |
| - slagschaduw | - geluidsproductie, trillingen | - laag toerental |
| - geluidproductie bij kleine diameters | - verhoogde slijtage | - hoge materiaalkost |

Tabel 19. HAWT versus VAWT

Meer informatie rond de verschillende types windturbines is terug te vinden in de presentatie ‘Kleine en middelgrote windturbines – Technische aspecten’, te raadplegen op de projectwebsite. http://www.windkracht13.be/wp-content/uploads/2014/11/1_tech_nische_aspecten_kv_w.pdf

11.5 Kwaliteit en conformiteit

De Internationale Elektrotechnische Commissie (IEC) bracht alle standaarden omtrent windturbines samen onder de norm IEC 61400. Deel 2 (IEC 61400-2) van deze norm beschrijft de ontwerpisen en typekeuring voor kleine windturbines. Volgens de norm zijn dat windturbines met een rotoroppervlak van maximaal 200 m², die een spanning opwekken kleiner dan 1000 Volt AC of 1500 Volt DC. Voor turbines met een oppervlakte groter dan 200 m² is de norm voor grote windturbines IEC 61400-1 van toepassing.

Voor het aspect veiligheid vereist de omzendbrief (Van Mechelen D. & Crevits H., 2009) voor HAWT's dat ze ontworpen zijn conform de norm IEC 61400-2. Deze norm doet echter geen uitspraak over de efficiëntie van de turbine. De norm IEC 61400-12-1 beschrijft hoe de karakteristieken (opbrengstcurve, rotorrendement, beschikbaarheid, etc.) van kleine windturbines moeten opgemeten worden. Een aspect dat naast veiligheid zeker niet uit het oog mag verloren worden bij het selecteren/beoordelen van KMWT's.

Gestandaardiseerde meetmethodes maken het mogelijk op een objectieve manier turbines met elkaar te vergelijken. De AEP-curve (annual energy production curve) geeft bijvoorbeeld de energieproductie weer op jaarbasis in functie van de gemiddelde windsnelheid. Rekening houdend met de windverdeling van een bepaalde locatie kan hiermee op een eenvoudige manier de jaarproductie van verschillende windturbines vergeleken worden.

In de Verenigde Staten en in het Verenigd Koninkrijk, de nummers twee en drie qua aantal geïnstalleerde kleine windturbines (rotoroppervlak ≤ 200 m²) na China, is het verplicht te voldoen aan hun eigen interpretatie van de IEC 61400 norm voor kleine windturbines, wil men van bepaalde steunmechanismen voor KMWT's kunnen genieten. De VS hanteert de AWEA 9.1 standaard en in de UK geldt de RenewableUK Small Wind Turbine Standard voor kleine windturbines met een rotordiameter tot 200 m². Beide standaarden verwijzen hierbij zowel naar de IEC 61400-2 als de IEC 61400-12-1 norm.

Het afhankelijk maken van steunmechanismen van onafhankelijk opgemeten karakteristieken is een manier om objectieve gegevens te verkrijgen en de kwaliteit van de markt te verhogen. Het doorlopen van de procedure voor certificering is echter kostelijk. Omwille van de vaak beperkte financiële draagkracht van fabrikanten en leveranciers van kleine windturbines werd in Nederland een alternatief uitgewerkt onder de Nederlandse Beoordelingsrichtlijn Kleine Windturbines 2008. De beoordelingsrichtlijn is enkel van toepassing voor netgekoppelde windturbines met een rotoroppervlak kleiner dan 20 m², of een rotordiameter kleiner dan 5 m. De beoordelingsrichtlijn beschrijft de procedure voor het bekomen van het Kleinwind-keur, een type certificaat. Het Kleinwind-keur heeft een ‘Zelfbeoordeling’ variant en een ‘Derdenbeoordeling’ variant, wat fabrikanten of verdelers de mogelijkheid biedt de beoordeling zelf uit te voeren of te laten uitvoeren door derden.

De voorschriften voor de netkoppeling van KMWT's worden gedefinieerd in de Synergrid reglementen C10/11: "Specifieke technische voorschriften voor decentrale productie-installaties die in parallel werken met het distributienet", C1/107: "Algemene technische voorschriften voor de aansluiting van een gebruiker op het LS-distributienet" en C10/19: "Aansluiten van storende belastingen in laagspanning" (www.synergrid.be).

Netgekoppelde installaties met een maximaal vermogen t.e.m. 10 kW moeten gebruik maken van een omvormer die gepubliceerd is op de Synergrid lijst c10/26 met erkende materialen, of een certificaat moet voorgelegd worden dat de omvormer voldoet aan de "Vornorm" DIN V VDE 0126-1-1.

Is het maximale vermogen van de installatie groter dan 10 kW dan is er een netontkoppelbord vereist. Dit netontkoppelbord moet ook voldoen aan de "Vornorm" DIN V VDE 0126-1-1. Na het netontkoppelbord kan dan een niet erkende omvormer aangesloten worden.

Meer informatie en cijfers rond het certificeren van KMWT's in de presentatie 'Kleine en middelgrote windturbines – Kwaliteit en conformiteit', te raadplegen op de projectwebsite.

http://www.windkracht13.be/wp-content/uploads/2015/05/kwaliteit-en-conformiteit_kv_150428.pdf

11.6 Materiaalkeuze: Mast

De mast moet er voor zorgen dat de rotor voldoende hoog boven het terrein en lokale obstakels uitsteekt en stabiel in de wind staat. Bij de plaatsing van de turbine en tijdens onderhoudswerken is ook het gebruiksgemak belangrijk. Daarnaast moet ook rekening gehouden worden met de visuele impact voor omwonenden. Met het oog op een maximale productie zijn hoogte en stabiliteit doorslaggevend.

Om efficiënt te kunnen werken moet een turbine, onafhankelijk van het type, op een mast staan van minstens 10m hoog, en dit geldt ook voor installaties op het dak van een gebouw. De enige uitzonderingen zijn locaties met zeer gunstige wind op lage hoogte, maar deze komen in Vlaanderen jammer genoeg niet voor. In de V.S. is de standaard masthoogte voor kleine windturbines 25 m, als er bomen in de buurt zijn 30 tot 35 m. De 9/150 vuistregel stelt dat het laagste punt van de rotor 9 m boven het hoogste obstakel binnen een straal van 150m moet geplaatst worden. "The higher the tower, the greater the power" (Gipe P., 2004).

Vrijstaand of getuid?

Masten kunnen ingedeeld worden in twee groepen, vrijstaande en getuide masten. Vrijstaande masten (Figuur 43) hebben een diepe of brede fundering nodig om het kantelen van de mast bij hoge windsnelheden tegen te gaan. Wanneer de ondergrond niet stevig is, kan de omvang

en dus ook de kostprijs van de fundering toenemen. De mast zelf moet bestand zijn tegen de buigbelasting, veroorzaakt door de wind.



Figuur 42. Getuide mast



Figuur 43. Vrijstaande monopole

Een getuide mast (Figuur 42) maakt gebruik van verschillende kleinere funderingen die door tuikabels met de mast verbonden zijn. Hierdoor kan voor dezelfde belasting een lichtere mast en een kleinere fundering gebruikt worden dan bij een vrijstaande mast. Bovendien kunnen de tuikabels gebruikt worden om de mast rechtop te hijsen. Een vrijstaande mast neemt minder plaats in beslag, maar is door zijn hogere materiaalkost duurder dan een getuide mast. De kostprijs van een vrijstaande mast van 15m is hoger dan die van een getuide mast van 24m.

Vakwerk of monopole?

Er zijn twee soorten vrijstaande masten: vakwerkmasten (Figuur 44), met als bekendste voorbeeld de Eiffeltoren, en buismasten, ook wel monopoles genoemd. Vaak zijn vrijstaande buismasten kantelbaar, met een scharnier onderaan de mast. Het voordeel hiervan is dat ze neergelaten kunnen worden voor het monteren van de turbine op de mast en nadien voor onderhoud of herstelling of ter bescherming bij zware stormen.

T



Figuur 44. Vakwerkmast

Vakwerkmasten zijn over het algemeen stijver dan buismasten. Een vakwerkmast vereist meestal een kraan bij het rechtop plaatsen. Kantelbare buismasten worden ook geleverd met bevestigingspunten voor een hydraulische cilinder (Figuur 45). Dit laat toe, zonder tussenkomst van een kraan, de mast hydraulisch neer te laten en terug recht te zetten. Een andere methode maakt gebruik van een hefboomsysteem dat door middel van een handtakel of een wagen rechtgetrokken wordt. De uitdaging hierbij is het afremmen van de mast eens voorbij het dode punt (Peuteman J. & Laveyne J., 2012).

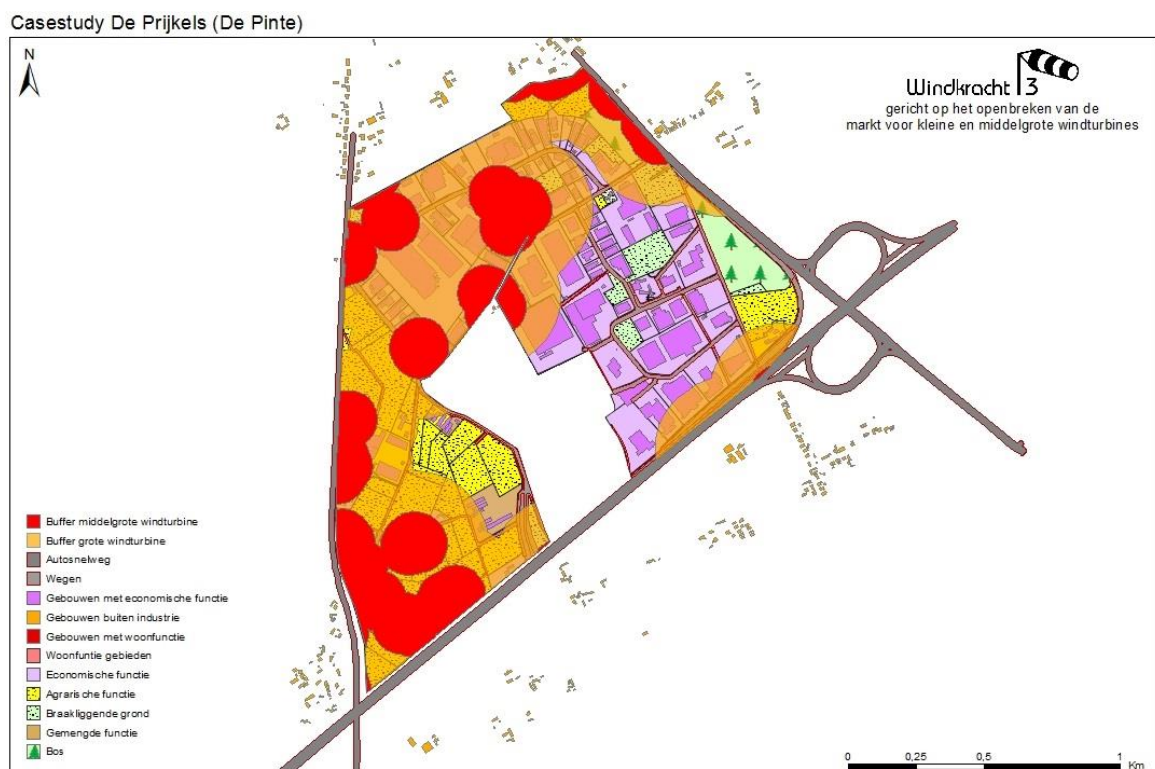


Figuur 45. Hydraulisch kantelbare monopole

Een voordeel van vakwerkmasten is dat ze beklommen kunnen worden voor onderhoud aan de turbine. De open structuur heeft als nadeel dat ze geen bescherming biedt voor elektrische apparatuur bijvoorbeeld. Grote windturbines worden bijna uitsluitend op vrijstaande monopoles geplaatst, voor kleine en middelgrote windturbines is het kostenefficiënter getuigde masten te gebruiken. Uit esthetische overwegingen wordt er desondanks vaak voor monopoles gekozen. Een voordeel van vakwerkmasten is dat ze op grotere afstand minder opvallen omdat de doorzichtige structuur opgaat in de omgeving.

12 Participatie en inspraak

Participatie en inspraak zijn belangrijk bij windturbineprojecten. Verschillende onderzoeken hieromtrent tonen aan dat er (weinig of) geen sprake is van een NIMBY-effect bij het plaatsen van nieuwe windturbines, maar dat eerder een gebrek aan inspraak aan de basis ligt van protest in de nabije woonomgeving (Mourik, Feenstra, & Raven, 2008; Travaille A., 2013; van Wageningen, 2013; Verschuere, Jim, & Sofie, 2013). Door vroeger inspraak te voorzien bij het planningsproces van nieuwe turbines en financiële participatie toe te laten bij de uitbating ervan, wordt de kans op protest vanwege omwonenden geringer.



Figuur 46. Sociale barrière, bufferzones rond gebouwen met een woonfunctie: casestudy Zaubeek

Voor omwonenden van een windturbine is het belangrijk om weten dat er rekening wordt gehouden met hun leefomgeving en levenskwaliteit en dat er volgens voorgeschreven regels wordt gehandeld bij het plaatsen van windturbines. Bij het houden van een infomoment kan het tonen van bijvoorbeeld bufferzones rond gebouwen met een woonfunctie, omwonenden gerust stellen dat zij niet buiten beschouwing worden gelaten.

Hiernaast is het ook belangrijk dat de zichtbaarheid van KMWT's in kaart wordt gebracht. Dat een kleine of middelgrote windturbine maar in geringe mate een verandering brengt in het landschap en de omgeving van de omwonenden is een belangrijke voorwaarde naast het feit dat

een windturbine geplaatst wordt volgens de bestaande ruimtelijk-juridische reglementering. De mate van visuele impact en de inpasbaarheid van windturbines in het landschap is doorslaggevend voor de omvang en de diepgang van protest bij omwonenden.

Bij een interactief infomoment is het dus van belang dat de visualisatie van de windturbine in het landschap wordt weergegeven.



Figuur 47. Zichtbaarheidsanalyse van KMWT's zorgt voor een realistische weergave van de impact op het landschap (ROM3D, 2015)



Figuur 48. Zichtbaarheidsanalyse van KMWT's zorgt voor een realistische weergave van de impact op het landschap (Windmolenplanner, 2015)



Figuur 49. Simulatie 3 MW turbine en 160 kW turbine op gelijke afstand, niveau maaiveld (Windmolenplanner, 2015)



Figuur 50. Simulatie 3 MW turbine en 160 kW turbine, luchtfoto (Windmolenplanner, 2015)

Het onderzoek van Van den Haute “De visuele impact en de inpasbaarheid van windturbines in het Oost-Vlaamse landschap, gebruik makend van eye tracking” uit 2013 bevestigt dat het landschapstype een invloed heeft op het kijkpatroon (Van den Haute F., 2013). Zo zijn het voornamelijk de infrastructurele en suburbane landschappen waar windturbines het minst dominant zijn. De visuele impact van kleine en middelgrote windturbines kan aan de hand van een viewshed-analyse in kaart worden gebracht.



Figuur 51. Sociale barrière, viewshed analyse voor casestudy Kiewit
(Windkracht13, met behulp van Google Earth Pro)

Beleving van windturbines is een belangrijk maar moeilijk te grijpen onderdeel van de discussie rond windenergie. Het gebruik van gefotoshopte foto's of een 3D simulatie van een windturbine in de omgeving kan hierbij een beter beeld scheppen.





Figuur 52. Sociale barrière. Gephotoshopte weergave van omgeving maakt de impact voor omwonenden duidelijk (casestudy Zaubeek)

Dergelijke 3D-simulaties laten zien hoe windturbines in het landschap staan en hoe ze draaien. Dit maakt het mogelijk om een realistisch windenergiebeleid op te stellen waarbij het onderdeel beleving de plek kan krijgen die zij verdient. Naast milieu, veiligheid en ecologie is ‘landschap’ steeds vaker onderdeel van de totale ruimtelijke afweging. 3D-simulaties maken het mogelijk alle aspecten van de landschappelijke impact te kunnen beoordelen; veel meer dan wanneer alleen kaarten of fotovisualisaties worden gebruikt.

De zoektocht naar potentiële locaties voor windturbines wordt hierdoor vele malen eenvoudiger. Voorkeurslocaties en voorkeursopstellingen worden ingegeven vanuit landschappelijke criteria zoals ‘aansluiten bij bestaande structuren’ en ‘liever lijnen dan clusters’.

Windturbines kunnen eenvoudig in verschillende opstellingen en op verschillende locaties worden neergezet, waardoor verkenningen meer realistisch en sneller uitvoerbaar zijn. Door de eenvoudige wijze waarop windturbines gepositioneerd kunnen worden in het (virtuele) landschap kan tijdens workshops ‘live’ en samen met deelnemers ontworpen worden. Opstellingen en camerastandpunten worden opgeslagen in scenario’s en worden bij volgende sessies weer opgeroepen. Opstellingen worden zo opgeslagen dat technische en milieukundige onderzoeken direct mogelijk zijn.

De besturing van deze programma’s is gebaseerd op 3D-games en maakt het voor gebruikers (eventueel onder begeleiding) mogelijk om zelf door het landschap te bewegen en alle mogelijke kijkrichtingen te proberen. Windturbines zijn geen statische objecten. Het draaien van de wieken is een essentieel onderdeel van de beleving die ook in sommige programma’s mogelijk is.

13 Referenties

- 3E & INAGRO. (2013). *REG IN KMO'S Eindrapport*: Agentschap Ondernemen.
- Aberdeenshire Council. (2015). Concerned About Wind Turbines in Aberdeenshire. Geraadpleegd op 24 augustus 2015, via <http://www.cawt.co.uk/index.php>
- Bortolini, M., Gamberi, M., Graziani, A., Manzini, R., & Pilati, F. (2014). Performance and viability analysis of small wind turbines in the European Union. *Renewable Energy*, 62(0), 629–639. doi: 10.1016/j.renene.2013.08.004
- Cabooter, Y., Dewilde, L., & Langie, M. (2000). *Een windplan voor Vlaanderen*.
- Corinna K. (2014). Experience with renewable electricity (RES -E) support schemes in Europe. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/documents-and-links/ecofys-support_policies_2014_04.pdf
- D'eigens, J., & Barbery, S. (2009). *Ruimte voor windturbineprojecten in West-Vlaanderen*.
- Departement Landbouw en Visserij. (2015). VLIF-investeringssteun voor land- en tuinbouwers. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via <http://lv.vlaanderen.be/nl/subsidies/vlif-steun/vlif-investeringssteun-voor-land-en-tuinbouwers>
- Departement Ruimtelijke Ordening en Mobiliteit. (2010). *Provinciale screening windturbines, Provinciale screening windturbines*.
- Dewael P., Stevaert S., Dua M., Sauwens J., & Van Mechelen D. (2000). Omzendbrief : EME/2000.01 Afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van windturbines
- Emis. (2015). Nieuwe bandingfactoren voor zonnepanelen, groenestroom- en warmtekrachtinstallaties. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via <http://emis.vito.be/nieuwsbrief/nieuwe-bandingfactoren-voor-zonnepanelen-groenestroom-en-warmte-krachtinstallaties>
- Energie Wallonie. (2015). Energie éolienne. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via <http://energie.wallonie.be/fr/1-eolien.html?IDC=6170>
- Everaert, J., Peymen, J., & Straaten, D. v. (2011). *Risico's voor vogels en vleermuizen bij geplande windturbines in Vlaanderen, Dynamisch beslissingsondersteunend instrument*: Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
- Hau, E., & Von Renouard, H. (2006). *Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics*. Germany: Springer.
- Hjuler Jensen P., Morthorst P.E., Skriver S., Rasmussen M., Larsen H., Hansen L. H., & P.E., J. L. (2002). *Økonomi for vindmøller i Danmark*. Roskilde: Risø Danmark.
- Jüttemann, P. (2014). Klein-windkraftanlagen. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via <http://www.klein-windkraftanlagen.com/allgemein/was-das-eeg-2014-fuer-kleinwindkraftanlagen-bedeutet/>
- Landbouw Vlaanderen. (2015). e-loket landbouw Vlaanderen. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via <https://www.landbouwwlaanderen.be/eLoket/Domain.Eloket.Portaal.Wui>
- Leterme Y., Van Mechelen D., & K., P. (2006). Afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van windturbines.
- Mermuys K. (2010). *Kleine en middelgrote windturbines*: Inagro.
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, a. N. R. e. E. (1998). *Windenergie winstgevend*. Brussel.
- Ministerie van Economische Zaken Landbouw en Innovatie. (2010). *Praktische toepassing van mini-windturbines*.
- Mourik, R., Feenstra, C., & Raven, R. (2008). *Voorbeelden voor draagvlakbevordering bij duurzame energieprojecten op eilanden en in kleine gemeenschappen*: Energy research Centre of the Netherlands.

- Muyters P., Van den Bossche F., & J., S. (2014). Omzendbrief RO/2014/02 "Afwegingskader en randvoorwaarden voor de inplanting van windturbines".
- National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), U. S. (2015). Daily Observational Data. Washington, DC.
- Oost-Vlaanderen Energielandschap (2015). Kaart met de initiële zoekzones voor potentiële inplantingslocaties van pilootprojecten rond windturbines Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via <http://rsv.vlaanderen.be/RSV/Strategischeprojecten/Zoeknaarprojecten/Projecten/projld/25>
- Patrick Jüttemann. (2015). Klein-windkraftanlagen. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via <http://www.klein-windkraftanlagen.com/allgemein/preise-fuer-kleinwindkraftanlagen-fehlinvestitionen-vermeiden/>
- Peeters, K., & Vandebossche, F. (2013). Bijlage III/1: Berekeningswijze onrendabele top voor groene stroom voor projecten met startdatum vanaf 1 januari 2013 die vallen in de representatieve projectcategorieën.
- Provincie Limburg. (2012). Analyseplan: aanduiding van prioritaire gebieden voor de plaatsing van windturbines. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via http://issuu.com/provincie_limburg/docs/windplan_a_weerhouden_terreinen/1
- Renewable UK. (2013). *Small and Medium Wind UK Market Report*. Francis Street, London SW1P 1DH, United Kingdom: Greencoat House.
- RES LEGAL Europe. (2014). RES LEGAL Europe Comparison Tool – Feed-in tariff. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via <http://www.res-legal.eu/home/>
- ROM3D. (2015). WIN 3D. Geraadpleegd op 20 Augustus 2015, via <http://www.rom3d.nl/>
- Runacres M., Vermeir J., & De Troyer T. (2012). Gebruik van microwindturbines voor het leveren van hernieuwbare energie aan particulieren en kleine bedrijven.
- RVO, R. O. N. (2014a). Rekenvoorbeeld SDE+ bijdrage – Wind op land < 6 MW.
- RVO, R. O. N. (2014b). Wind SDE+ 2014. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/wind-sde-2014>
- Schauvliege J. (2010). *Antwoord op vraag nr. 135 van 8 januari 2010 van Irina De Knop*. Vlaams parlement.
- Travaille A. (2013). *Beïnvloeding van regionale weerstand tegen aanleg van windmolens door het delen van profijt*. Universiteit Utrecht. Geraadpleegd via http://www.hieropgewekt.nl/sites/default/files/u6046/weerstand_bij_aanleg_van_windmolens_anj_o_travaille.pdf
- Van Ackere, S., Van Eetvelde, G., Schillebeeckx, D., Papa, E., Van Wyngene, K., & Vandeveld, L. (2015). Wind resource mapping using landscape roughness and spatial interpolation methods. *Energies*, 8(8), 8682–8703. doi: 10.3390/en8088682
- Van Ackere S., & Van Wyngene K. (2015). Windkracht 13. Geraadpleegd op accessed on 3 July 2015, via <http://www.windkracht13.be/>
- Van den Haute F. (2013). De visuele impact en de inpasbaarheid van windturbines in het Oost-Vlaamse landschap, gebruik makend van eye-tracking.
- Van Mechelen D., & Crevits H. (2009). Omzendbrief LNE/2009/01 Beoordelingskader voor de inplanting van kleine en middelgrote windturbines.
- van Wageningen, D. (2013). Ruimtelijke inpassing van windturbines. Onderzoek naar potenties voor het gebruik van participatieve planningsprocessen bij de ruimtelijke inpassing van windturbineprojecten.
- Verschuere, B., Jim, S., & Sofie, V. B. (2013). Stedelijk coalitie-denken: een verkennende studie. Vlaams Energieagentschap. (2014a). *Deel 1: rapport OT/Bf voor projecten met een startdatum vanaf 1 januari 2015*.
- Vlaams Energieagentschap. (2014b). Rapport 2014/1, Deel 1: ontwerprapport OT/Bf voor projecten met een startdatum van 1 januari 2015, Vlaams Energieagentschap. Geraadpleegd op 20

augustus 2015, via

http://www2.vlaanderen.be/economie/energiesparen/milieuvriendelijke/monitoring_evaluatie/2015/20150625DefinitiefRapport20151Deel2Actualisaties1.pdf

Vlaams Energieagentschap. (2015). Verhoogde investeringsaftrek voor energiebesparende investeringen.

VMM. (2014). *Luchtkwaliteit in het Vlaamse Gewest—Jaarverslag immissiemeetnetten*. A. Van de Maelestraat 96, 9320 Erembodegem: Vlaamse Milieumaatschappij.

VREG. (2014). Groenestroomcertificaten. Geraadpleegd op 21 Augustus 2015, via <http://www.vreg.be/nl/groene-stroom>

Windmolenplanner. (2015). Windmolenplanner, de impact van windturbines visueel getest. Geraadpleegd op 20 augustus 2015, via <http://windmolenplanner.be/>



ISBN 978-9-08223-303-2



9 789082 233032 >

