



WIND BOVEN (NIEUW) BOS

QUICKSCAN
04 04 2025



Bosgroep Zuid Nederland

KRUIT
KOK landschaps
architecten

INHOUD

2 ADVIES

7 1| INLEIDING

15 2 | TECHNISCHE ASPECTEN BIJ WINDMOLENS EN BOS

- 15 2.1 Belemmeringen in de locatiebepaling
- 17 2.2 Voorbeelden van wind boven bos
- 19 2.3 Turbulentie rondom de windmolen
- 21 2.4 Benodigde infrastructuur ondergronds en stations
- 23 2.5 Bouw en benodigde infrastructuur
- 25 2.6 Ruimtelijke en planologische aspecten van wind boven bos

27 3 | KLIMAATBESTENDIGE BOSSEN

- 27 3.1 Wat zijn klimaatbossen?
 - 29 3.1.1. Nieuw bos
 - 31 3.1.2. Agroforestry
- 33 3.2 Brandveiligheid wind boven bos

39 4 | WINDMOLENS EN FLORA EN FAUNA

- 39 4.1 Insecten en windmolens
- 41 4.2 Vogels en windmolens
- 49 4.3 Vleermuizen en windmolens
- 53 4.4 Overige zoogdieren en windmolens
- 55 4.5 Minimalisering van natuurimpact in de vormgeving van de windturbine
 - 55 4.5.1. Kleurstelling
 - 57 4.5.2. Verlichting
 - 57 4.5.3. Geluidsniveau reductie
 - 59 4.5.4. Stop/start principe en waarschuwingsgeluiden

61 5 | INTEGRALE SPELREGELS WIND BOVEN NIEUW BOS

81 | BIJLAGE

- 81 Verslagen interviews

89 | BIBLIOGRAFIE

95 | COLOFON

ADVIES

Wind boven bos is niet een nieuw idee. In onder meer Zweden, Duitsland, Frankrijk en Ierland zijn er al diverse windturbines in bestaande en nieuw aangeplante bosgebieden geplaatst. Deze projecten worden op diverse manieren gemonitord.

Op basis van deze onderzoeken op diverse thema's en daaruit afgeleide spelregels voor inrichting en beheer, concluderen we dat energieopwek door middel van windturbines boven (nieuw) bos een realistische en duurzame oplossing is voor een serie aan ruimtelijke vraagstukken. De vraag is *"Is wind boven nieuw bos een realistische oplossing voor de REKS problematiek in het zuiden van het Hart van Brabant?"*

ONZEKERHEDEN

Het antwoord hierop ligt genuanceerd. De technische en juridische belemmeringen en de beperkingen vanuit defensie en de luchtvaart, geven op dit moment ruimte in slechts enkele kleinere gebieden waar 2-3 windmolens boven bos ontwikkeld kunnen worden. Deze gebieden liggen echter wel strategisch, ze kunnen fungeren als de ontbrekende schakels in het Natuur Netwerk Brabant en staan ook als gewenste verbindingen op de kaarten van de groen blauw gebiedsgerichte aanpak Regte Heide & Riels Laag en Kempenland West.

Op dit moment vindt overleg plaats met Defensie over belemmeringen in relatie tot de energietransitie, waarbij gezamenlijk wordt gezocht naar oplossingen om rekeninghoudend met defensiebelangen toch ruimte te bieden voor de ontwikkeling van windmolens in de energiehubs van Hart van Brabant. Dit betekent dat mogelijke locaties nog veranderen van plaats en grootte of zelfs geheel van de kaart kunnen verdwijnen. Daarnaast is de ruimtelijke planologisch eis van de provincie om in clusters van minimaal 3 windmolens te bouwen mogelijk een belemmering, omdat niet op alle locaties 3 grote windmolens mogelijk zijn.

VOORDELEN OP KORTERE TERMIJN

Windmolens boven (nieuw) bos kunnen met gedegen planning en realisatie de biodiversiteit versterken, hittestress tegengaan en verkoeling geven aan aangrenzende stedelijke gebieden, en koolstof in de atmosfeer voorkomen, in aanvulling op hun rol in de energietransitie. De combinatie van vastlegging van koolstof door de bomen en vermijding van uitstoot door het opwekken van windenergie, plus mogelijke vervanging van koolstofintensieve grondstoffen door duurzaam geproduceerd hout, levert CO₂ winst op meerdere vlakken tegelijkertijd.

Windmolens in een bos kunnen visueel minder opvallend zijn dan windmolens die in het open veld staan. De bomen kunnen helpen om de molens uit het zicht te houden, op korte afstand. Slagschaduw van windturbines zijn vooral in lente en zomer in de bossen niet waarneembaar. Het ruisen van het bos en de bomen kan helpen om het geluid van de draaiende rotoren te dempen, waardoor de overlast voor recreanten en omwonenden wordt verminderd.

Nieuw bos kan ook recreatief interessant zijn en zo bestaande natuurgebieden ontlasten en ruimte te geven aan nieuwe recreatievormen. Ook vanuit recreatieve waarden geredeneerd is de combinatie met bos sterk. De bouwwegen en het ondergrondse energienetwerk kunnen dienstdoen als de basis voor de recreatieve ontsluiting.

In het beleid van de Provincie Noord-Brabant is de ontwikkeling van nieuw bos een belangrijk thema. De provincie beoogt de aanleg van 5000 hectare bos buiten het Brabantse Natuurnetwerk. De ambities op het vlak van nieuw bos en de ambities voor energieopwekking met wind kunnen elkaars katalysator zijn.

De bouw van windmolens kan een bijdrage leveren aan de financiering van die bosaanleg op landbouwgrond, terwijl met de aanleg van bos bestaande natuur meer robuust gemaakt worden, of beter nog, met elkaar verbonden kan worden. Kansen liggen in het creëren van ontbrekende schakels en verbindingen in het natuurnetwerk en het robuuster maken van het Natuur Netwerk Brabant door de aanleg van bufferbossen met windenergie opwek.

Eén ander realistisch scenario is het omvormen van bijvoorbeeld in grootschalige jonge agrarische heideontginningen, met een lage natuurwaarde, waar een combinatie van bosaanleg, agroforestry en energieopwek een sterke landschappelijke en economische kwaliteitsimpuls kan betekenen.

De energietransitie kan dus een katalysator zijn voor de transitie van het landschap voor klimaatadaptatie en een toekomstbestendig duurzaam landbouwsysteem. Nieuwe bossen en gebieden met agroforestry verbeteren namelijk de klimaatadaptatie van het landschap. Duurzame houtproductie of agroforestry kunnen nieuwe verdienmodellen zijn voor de agrarische sector. Nieuw bos kan op termijn een bijdrage leveren aan de productie van duurzame grondstoffen voor de bio-based economy, bijvoorbeeld voor de circulaire woningbouw.

Echter hiervoor moet ruimte in de onderhandelingen over de kaders van de belemmeringen gezocht worden.

VOORDELEN OP LANGERE TERMIJN

Nieuw bos begint met jong bos. In de aanplant fase is een meer open en kruidenrijke vegetatie aanwezig, die in de jonge fase van het bos steeds meer afneemt. Het bos gaat zich langzamerhand sluiten. Na ongeveer 10 jaar is een dicht bos ontstaan en daalt de diversiteit door gebrek aan licht in het bos. De levensduur van een windmolen van 25 jaar overlapt bij net aangeplant bos in het begin met de relatief soortenrijke open fase van bos en vanaf de sluiting van het bos met de fases waarin de biodiversiteitswaarde van bos het laagst is: de donkere en soortenarme dichte fase en stakenfase.

Op basis van vergunning is de windturbine een tijdelijk object, maar in praktijk blijkt dat een nieuwe generatie windmolen daarna opnieuw wordt neergezet om de investeringen in de ondergrondse infrastructuur te kunnen afschrijven.

In totaal kan men ervan uitgaan dat windenergie opwek gemiddeld 50 jaar duurt, terwijl de bosontwikkeling veel langer doorgaat. De windmolen die hierop volgt, de zogenaamde tweede generatie windmolen, wordt geplaatst in een jong bos voor de volgende 25 jaar. Na de afschrijving van de tweede generatie molen is er een mooi jong volwassen bos ontstaan dat aan het begin staat van de boomfase, waarin de ecologische waarde van het bos weer oploopt. Het bladerdak wordt weer minder dicht waardoor meer licht toetreedt in het bos en flora- en fauna zich kan vestigen en de opgroeiende steeds grotere bomen bieden zelf een steeds interessanter habitat aan soorten. De energietransitie naar windenergie kent dus een ander tijdsritme dan de bosontwikkeling.

Belangrijk is om juridisch planologisch de bestemming voor de opwek van energie als tijdelijk met een limiet van 2*25 jaar, en de ontwikkeling van bos als permanent te duiden. Ook kan men de plicht tot circulariteit eisen bij de bouw en de ontmanteling van de windturbines.

Op deze manier kunnen aaneengesloten grotere bosgebieden ontstaan met grote voordelen op langere termijn. Denk aan bescherming van grondwater, het vasthouden van water, het verminderen van recreatiedruk op ecologische kerngebieden, het reduceren van hittestress, het creëren van bossen ter verkoeling van stedelijke gebieden, het opvangen van klimaatveranderingen en het versterken van de biodiversiteit op de locatie zelf.

NADELEN VAN WIND BOVEN BOS

Windmolens boven nieuw bos of natuur roept ook vragen op wat betreft de negatieve effecten van windmolens. Vooral vogelsoorten en vleermuizen, maar ook insecten kunnen door de rotors van windmolens geraakt worden en de aanwezigheid van de molen kan voor deze dieren de habitatkwaliteit verlagen. Bekende locaties waar veel trekvogels worden waargenomen moeten daarom gevrijwaard blijven van windmolens, maar ten zuiden van Tilburg komen deze gebieden weinig voor.

De additionele jaarlijkse sterfte als gevolg van aanvaringen moet bij planning en plaatsing van windturbines ruim beneden het ORNIS-criterium van 1% additionele sterfte. Deze norm wordt gehanteerd om te bepalen of er sprake is van negatieve effecten op populatieniveau. Dit kan opgelost worden door op twee schaalniveaus te opereren.

Door tussen de windturbines een landschap te creëren met hoge biotoopwaarden, ontstaan als het ware migratie- en fourageercorridors tussen de molens.

Rond de molens kan men door middel van het nemen van traditionele brandcompartimenteringsmaatregelen zorgen voor een omgeving met een lagere biodiversiteit (bijv. aanplant van alleen berken).

Vervolgens is het belangrijk de molens te voorzien van moderne apparatuur om de molen stil te zetten wanneer de kans op botsing met vleermuizen en vogels groot is. Dit speelt vooral bij roofvogels en vleermuizen, waarbij de molen automatisch stilgezet kan worden als die in de buurt zijn of de vliegomstandigheden voor vleermuizen uitzonderlijk goed zijn (bij weinig wind en droog weer). Dit betekent dat de opbrengsten iets minder zullen zijn per windmolen.

OVERIGENS

Bos met windturbines lijkt een betere combinatie te zijn dan de combinatie windmolens met korte vegetaties of open water, omdat hier waarschijnlijk meer soorten worden aangetrokken die slachtoffer kunnen worden van de rotors van de molens.

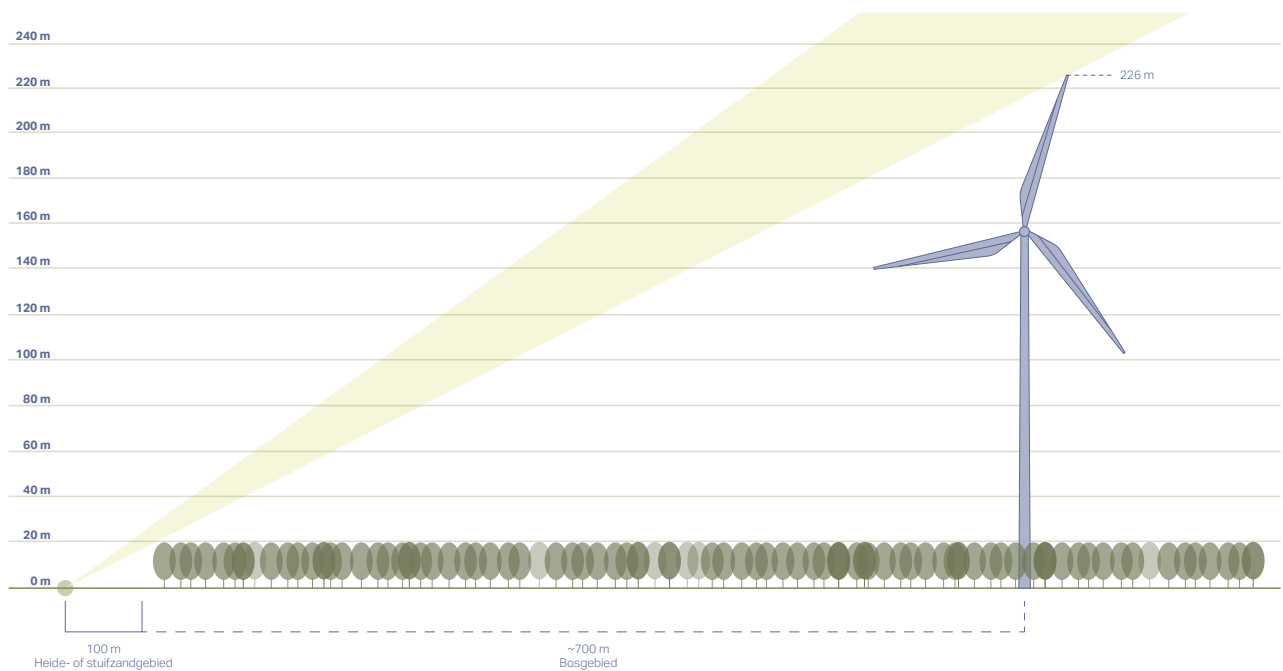
CONCLUSIE

Met een gedegen analyse, een dosis creativiteit en flexibiliteit in de verdienmodellen zijn de negatieve aspecten oplosbaar. Bij het plannen van windturbines in (nieuw) bos gaat het om slimme combinaties van ruimte en gebruik, gefaseerd ontwikkelen in de tijd, en ruimhartig compenserende en mitigerende maatregelen meenemen vanaf het begin.

We kunnen energie opwekken in de nabije toekomst en we creëren een duurzaam klimaatbos voor de komende eeuw.



WINDMOLENS BOVEN BOS EN IN HET VELD



Zicht op windturbine in een bos

1 | INLEIDING

Voor u ligt de quickscan windenergie boven nieuw bos. Deze quickscan geeft de mogelijkheden en onmogelijkheden aan voor de opwek van windenergie boven nieuw bos in het zuiden van het Hart van Brabant.

Wind boven bos is niet een nieuw idee. In onder meer Zweden, Duitsland, Frankrijk en Ierland zijn er al diverse windturbines in bosgebieden geplaatst. Deze projecten worden op diverse manieren gemonitord. Helaas lopen de onderzoeken achter de technologische ontwikkelingen van de opwek van windenergie aan. Bewezen effecten kunnen door technische innovaties verminderd zijn, bijvoorbeeld het geluidsniveau van de windturbines.

Windmolens boven nieuw bos kunnen verschillende voordelen bieden.

Windmolens zijn een van de schoonste vormen van energieproductie en hebben over het algemeen een zeer lage CO₂-uitstoot tijdens hun levenscyclus. Het te planten bos is cruciaal in het vastleggen van CO₂ uit de atmosfeer, door fotosynthese, de opslag van organisch materiaal in de strooisel laag, het humuspakket en dieper in de bodem.

Windmolens in een bos kunnen visueel minder opvallend zijn dan windmolens die in het open veld staan. De bomen kunnen helpen om de molens uit het zicht te houden, op korte afstand. In Beieren is dit een van de redenen om wind boven bos en nieuw bos te ontwikkelen (Wind Farms Adapt to Forest Conditions, 2011). Slagschaduw van windturbines zijn vooral in lente en zomer in de bossen niet waarneembaar. Het ruisen van het bos en de bomen kunnen helpen om het geluid van de draaiende rotoren te dempen, waardoor de overlast voor recreanten en omwonenden wordt verminderd.

Door bossen te beheren op een duurzame manier kunnen de (nieuwe) bossen met windmolens bijdragen aan het versterken van de biodiversiteit. Cruciaal gesitueerde bossen kunnen onderbrekingen in het natuurnetwerk dichten door middel van wind boven bos en versnippering tussen de diverse natuurgebieden tegen te gaan (mondelinge mededeling Robin van Dijk).

Klimaatbossen met windmolens kunnen zorgen voor het vasthouden en bergen van water (het bos als spons), het verkoelen van het stedelijk gebied (het klimaatbos als airco) en het beschermen van drinkwaterwingebieden.



BRABANTSE BOSSENSTRATEGIE; VASTLEGGING CO₂



BRABANTSE BOSSENSTRATEGIE: ENERGIEOPWEKKING EN HOUTTEELT VOOR WONINGBOUW

Wind boven bos kan ook de beleidsdoelstelling van méér bos in Noord-Brabant ondersteunen. De Provincie Noord-Brabant heeft de Brabantse Bossenstrategie opgesteld (Noord-Brabant, sd). Deze strategie gaat in op de ecologische, economische en recreatieve waarden van bossen in Noord-Brabant, evenals op de manieren waarop het bosbeheer kan bijdragen aan het behoud van biodiversiteit, klimaatadaptatie, CO₂-vastlegging en duurzame houtproductie, onder andere voor woningbouw. Op deze manier ontstaat een nieuwe circulaire economie tussen wonen en energieopwekking.

Dit wil de provincie organiseren door de ontwikkeling van 13.000 ha nieuw bos vóór 2030. Een groot deel van het nieuwe bos (circa 8.000 ha) wordt gerealiseerd binnen het Natuur Netwerk Brabant. De overige 5.000 hectare wordt daarbuiten aangelegd.

En de provincie heeft als ambitie om bestaand bos klimaatbestendig te maken (60.000 hectare bestaand bos voor 2050).

Financiële dekking is nog niet volledig binnen deze strategie, de combinatie met de opwek van windenergie kan ook deze beleidsdoelstellingen realiseren (mondelinge mededeling Silko Mergental).

Nadelen zijn er zeker verbonden aan het plaatsen van windmolens boven een (nieuw aan te planten of bestaand) bos.

De bouw en werking van windmolens kunnen verstorend zijn voor een bestaand bosecosysteem. Bomen kunnen worden gekapt om ruimte te maken voor de molens, wat de biodiversiteit kan beïnvloeden. Windmolens vereisen toegangspaden, ondergrondse infrastructuur en ruimte voor onderhoud en bouw.

Bij de ontwikkeling van nieuw bos kan hiermee rekening gehouden worden. De opbouw van het bos is ook onderdeel van het netwerk van de bouw en het onderhoud van de windmolens. Ook als de windmolen na 25 jaar vervangen gaat worden. In het hoofdstuk bouw geven we ruimtelijke richtlijnen hiervoor en aandacht aan de wens tot volledig circulaire windturbines in de nabije toekomst.

Windmolens kunnen een gevaar vormen voor vogels en vleermuizen. Ze kunnen in de rotoren vliegen, in de turbulente stroom achter de windmolen terecht komen en hierdoor gewond raken of gedood worden. Maatwerk is noodzakelijk. In de hoofdstukken over windmolens en vogels, windmolens en vleermuizen, windmolens en insecten komen we terug op deze effecten, en geven we oplossingsrichtingen.

In deze quickscan gaan we niet in op het juridisch planologische traject van de ontwikkeling van windturbines.



NIEUW BOS IN HET JAAR VAN AANPLANT (WEERT, 2005)

LEESWIJZER

Deze quickscan is opgezet langs drie lijnen;

De eerste lijn bestaat uit een overzicht van recente literatuur over windenergie in combinatie met bosontwikkeling en de volgende thema's, die we onderbouwen met de uitspraken van de geïnterviewde experts:

- Bouw en turbulentie
- Insecten, vogels en vleermuizen en windmolens
- Overige zoogdieren en windmolens
- Windmolens en natuurbranden

Deze literatuurstudie leggen we in korte en bondige samenvattingen vast in hoofdstukken 2, 3 en 4. We staven dit met de uitspraken van de geïnterviewde experts.

In de bijlage is de tweede lijn vastgelegd, in een bundeling van de gespreksverslagen van de experts. We hebben gesproken met:

- Henk Sierdsema, SOVON
- Erik Broer, Zoogdierenvereniging
- Toine Cooijmans, Natuurmonumenten
- Jozef Sebregts, gemeente Tilburg, Belemmeringen
- Jannes Craens, partner Energietransitie Enexis, Regio Hart van Brabant
- Silko Mergenthal, projectleider Actieplan Brabantse Bomen, Provincie Noord-Brabant
- Robin van Dijk, teamlid bossenteam, Provincie Noord-Brabant

De geraadpleegde literatuur is in de bibliografie opgenomen.

De derde lijn, de ruimtelijk analyse van het projectgebied in een apart deel gebundeld.

Op basis van deze drie lijnen is een aantal scenario's voor wind boven bos uitgewerkt, die zowel inzicht geven in de ruimtelijke en functionele mogelijkheden als de ecologische aspecten. De diverse manieren van ontwikkelingen van nieuw bos, zoals beschreven in hoofdstuk 3 zijn geïllustreerd in deze scenario's. In hoofdstuk 5 zijn de conclusies van wind boven bos weergegeven.

We wensen u veel leesplezier,

Mariëlle Kok en Etiënne Thomassen



INTERMEZZO

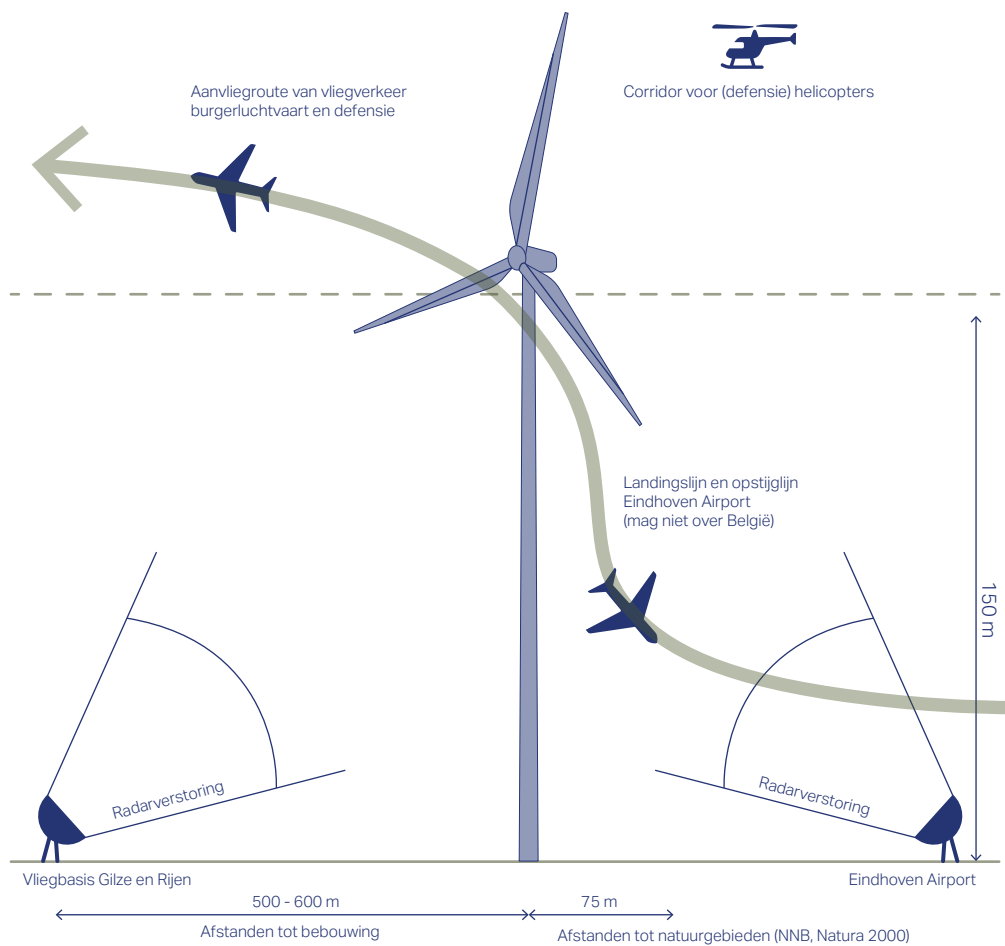
Windmolens zijn een van de schoonste vormen van energieproductie en hebben over het algemeen een zeer lage CO₂-uitstoot tijdens hun levenscyclus.

Er zijn echter wel enkele momenten waarop CO₂-uitstoot optreedt, zoals:

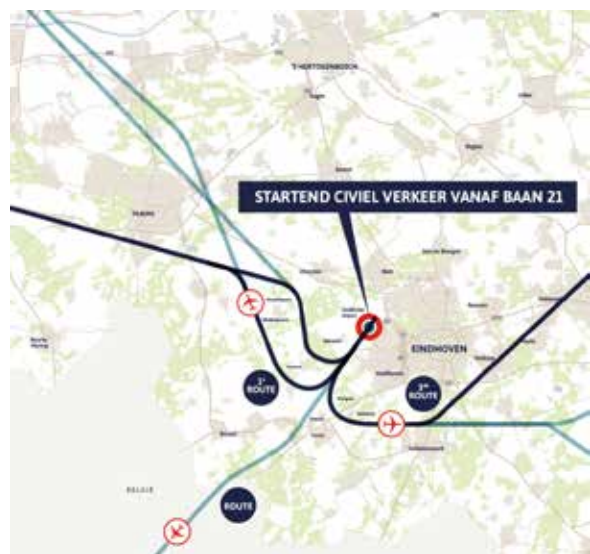
1. **Productie van de windmolen:** De bouw van een windmolen vereist materialen zoals staal, beton, zeldzame aardmetalen (voor de motoren) en kunststof voor de wieken. De productie van deze materialen en het transport naar de bouwlocatie veroorzaken CO₂-uitstoot, vooral door het gebruik van fossiele brandstoffen in de productieketens.
2. **Bouw en installatie:** Tijdens de installatie van de windmolen, bijvoorbeeld het transporteren van onderdelen en het gebruik van machines, komt er ook CO₂ vrij. De windturbine bouwers als Vestas claimen nu dat een groot deel van de materialen van de windmolen opgebouwd is uit recycled materiaal. Onderzoek en innovaties bij de fabrikanten worden gedaan om op redelijke termijn volledig recyclebare en duurzamere windturbines te produceren.
3. **Onderhoud:** Hoewel windmolens relatief weinig onderhoud vereisen, is er wel energie nodig voor onderhoudswerkzaamheden en voor het transport van technici en onderdelen.

CO₂-compensatie

Windmolens beginnen hun CO₂-uitstoot al snel te "compenseren" na de installatie, meestal binnen een paar maanden tot een jaar, omdat ze geen CO₂ uitstoten tijdens hun energieproductie. Gedurende hun levensduur (meestal 20-30 jaar) produceren ze dus veel meer schone energie dan de CO₂-uitstoot, die geassocieerd is met de bouw en installatie.



Belemmeringen rondom een windmolen (in 2D en 3D)



Vliegroutes burgerluchtvaart Vliegveld Eindhoven vanaf de twee banen over Hart van Brabant

2 | TECHNISCHE ASPECTEN BIJ WINDMOLENS EN BOS

2.1 BELEMMERINGEN IN DE LOCATIEBEPALING

Bij de zoektocht naar geschikte locaties voor windmolens boven nieuw bos wordt rekening gehouden met diverse randvoorwaarden, afstanden tot andere functies (in het platte vlak (2D)), en het gebruik van de ruimte (in 3D) en de tijd voor de ontwikkeling van het bos. De belemmeringen in 2D en 3D blijken in het Hart van Brabant vanwege de vele vliegvelden, de vrije vliegcorridors en de radarverstoring van de windmolens zeer groot te zijn (mondelinge mededeling Jozef Sebrechts).

Op dit moment vindt overleg met Defensie plaats over belemmeringen in relatie tot de energietransitie. Gezamenlijk wordt gezocht naar oplossingen om rekeninghoudend met defensiebelangen toch ruimte te bieden voor de ontwikkeling van windmolens in de energiehub van Hart van Brabant. Gelijktijdig wordt door Defensie binnen het Nationaal Programma Ruimte voor Defensie juist gezocht naar meer ruimte voor defensieactiviteiten. De zuidzijde van de regio Hart van Brabant is daarbij in beeld voor extra ruimte voor laagvliegen. Dit kan resulteren in meer belemmeringen voor de energietransitie. We merken dat de belemmeringenkaart een dynamische kaart is, waarbij mogelijke locaties nog veranderen van plaats en grootte of zelfs geheel van de kaart kunnen verdwijnen.

De ruimtelijke eisen van de afstand van de windturbine ten opzichte van woningbouw en natuurgebieden zijn onderwerp van discussie.



EEN VAN DE 4 WINDTURBINES IN ROBBENOORDBOS



WINDPARK IN HILCHENBACH

2.2 VOORBEELDEN VAN WIND BOVEN BOS

Wind boven nieuw bos is in Nederland bijzonder. In het Robbenoordbos in de Wieringermeer (Noord-Holland) staan sinds 2021 vier windmolens in jong bos. Het is een uniek project aangezien in Nederland nog niet eerder windmolens in een bos zijn geplaatst. De werkzaamheden zijn onderdeel van de aanleg van Windpark Wieringermeer (Elshout, sd). Nuon bouwt hier 82 turbines, ECN zeventien. Elke molen krijgt een vermogen van 3,6 megawatt. Het hele windpark in de Wieringermeer levert de stroom van 370.000 huishoudens. Om de vleermuizen te beschermen zijn de vier molens in het bos voorzien van sensoren. Bij gunstige condities voor vleermuizen om actief te worden, vallen de molens stil. Dit wordt nu gemonitord, de resultaten zijn nog niet bekend.

We kijken vooral naar aangelegde windparken die in bestaand bos worden geplaatst, om inzicht te krijgen in een juist eindbeeld. Voorbeelden van de plaatsing van windmolens in bos waarbij ook intensief gemonitord is, zijn te vinden in Duitsland en in Frankrijk.

Een van de eerste windparken in bos is Hilchenbach in Duitsland. Om deze 5 windmolens te plaatsen is gemiddeld 0,5 tot 2 hectare bos gekapt per molen. De Windpark Hilchenbach, beheerd door RothaarWind GmbH & Co. KG, bestaat uit vijf windturbines die zijn geïnstalleerd op de heuvels rondom Hilchenbach. Het project is een samenwerking tussen de stad Hilchenbach en 300 lokale bewoners, die profiteren van pacht en opbrengst uit de windturbines. Overige opbrengsten van de energieopwek worden gebruikt voor o.a. een natuurlijker beheer van het bos. In het windpark is een aparte recreatieve route ontwikkeld. De 'Windwanderweg' biedt informatie over de opwek van windenergie (RothaarWind, sd).

Hilchenbacher Windwanderweg

STATION 1 Heimische Energie
Vom Hauberg zum Bürgerwindpark...

Der Hauberg: Nahrungs- und Energiequelle
Seit Jahrhunderten wurden die Wälder rund um Hilchenbach als so genannte „Hauberg“ genutzt. Hauberge waren Eichen-Birken-Niedervälder. Sie lieferten Brennholz sowie Hackschnitzel und waren eine wesentliche Grundlage der Eisenverhüttung, die im Siegerland seit der Kohlenzeit große Bedeutung hatte. Nach dem „Abtrieb“ (der Abholzung) ließ man die Bäume selbstständig wieder ausfallen.
Auf der jetzt offenen Fläche wurden einige Jahre Roggen oder Buchweizen angebaut. Anschließend diente der Niedervald dem Vieh als Weideweide, bis er wieder abgeholzt wurde und ein neuer Zyklus von rund 20 Jahren begann.

Der Hauberg als Gemeinschaftseigentum des Ortes
Hauberge waren der gemeinsame Besitz der Bewohner eines Ortes. Später gingen heraus die Waldgenossenschaften hervor. Ein gewaltiger Vorwand und ein so genannter Hauberg- oder Waldvorsteher verwalteten den Gemeinschaftsbesitz. Noch heute befindet sich der größte Teil des Waldes in unserer Region im Gemeinschaftsbesitz der Waldgenossenschaften.

Im Jahr 2001 schlugen die Planungs- und heutige Windparkbetriebsgesellschaft „RothaarWind“ sowie die Waldgenossenschaft „Heinze Hauberg“ der Stadt Hilchenbach und der Waldgenossenschaft „Hadem“ den Bau eines Bürgerwindparks im Wald vor. Der Begriff Bürgerwindpark bedeutet, dass sich Bürger einer Region zusammenschließen, um gemeinsam einen Windpark zu finanzieren, zu errichten und zu betreiben. Er bedeutet auch, dass nicht anonyme Finanzinvestoren oder Großkonzerne, sondern möglichst viele Menschen vor Ort von den Erträgen des Windparks profitieren.

Bürgerwindpark: Energie aus der Region, Gewinn für die Region
Nach sechs Planungsjahren wurde am 10. April 2007 mit dem Bau der fünf Windenergieanlagen begonnen. Am 3. Dezember 2007 wurde der erste Windstrom in das Stromnetz eingespeist; am 19. März 2008 konnten mit der Inbetriebnahme der letzten Anlage die Montagearbeiten abgeschlossen werden.
88 umweltbewusste Bürgerinnen und Bürger, überwiegend aus Hilchenbach und der Region, sind Anteilseigner der Betriebsgesellschaft RothaarWind und damit Mitgestalter des Windparks geworden. Auch die Stadt Hilchenbach selbst hat sich an dem Projekt beteiligt.

Ein uraltes Prinzip neu belebt
So stellt der Bau dieses Bürgerwindparks auf dem Grund und Boden der Hauberggenossenschaften die Fortführung eines uralten, bewährten Prinzips dar: Die Einwohner der Region nutzen gemeinsam „ihre“ Umwelt, um ihren Lebensunterhalt zu erwirtschaften. Sie bewirtschaften die Natur nachhaltig und schonend und leisten einen Beitrag zum Schutz des Weltklimas. Erwirtschaftete Gewinne werden verteilt und stärken die regionale Wirtschaftskraft.

Der Hilchenbacher Windwanderweg...
...führt Sie auf einem 4,5 km langen Rundweg durch den Bürgerwindpark Hilchenbach. An jeder Anlage informiert Sie eine Schautafel, wie die Naturkraft „Wind“ mit modernster Technik genutzt wird – zum Vorteil der Region und zum Vorteil der Umwelt!

Übersicht der Infostationen:

- 1 Heimische Energie
Vom Hauberg zum Bürgerwindpark
- 2 Der Wind
Woher er die Luft manchmal eilig hat
- 3 Was die Windkraft leisten kann
Saubere Energie für die Zukunft
- 4 Die Technik im Windpark
Windmühlengenieur RICHARD EISE
- 5 Die Geschichte der Windkraft
Ein Jahrtausende alte Technik

Wie hoch ist eigentlich so ein Windrad?
Das ist natürlich unterschiedlich – manche Windräder sind kleiner, andere größer. Je mehr Strom ein Windrad herstellen kann, umso höher ist es meist. Unsere Windräder haben allerdings besonders hohe Türme, denn sie stehen mitten im Wald. Da die Blätter der Windräder „abkönnern“, müssen die Windräder viel höher sein als die Bäume. Die zur höchsten Rotationshöhe sind es 180m. Wir haben zum Vergleich einmal eine Familie neben das Windrad gestellt. Du müsstest etwa 100 Erwachsene aufeinanderstapeln, damit sie so hoch werden wie das Windrad!

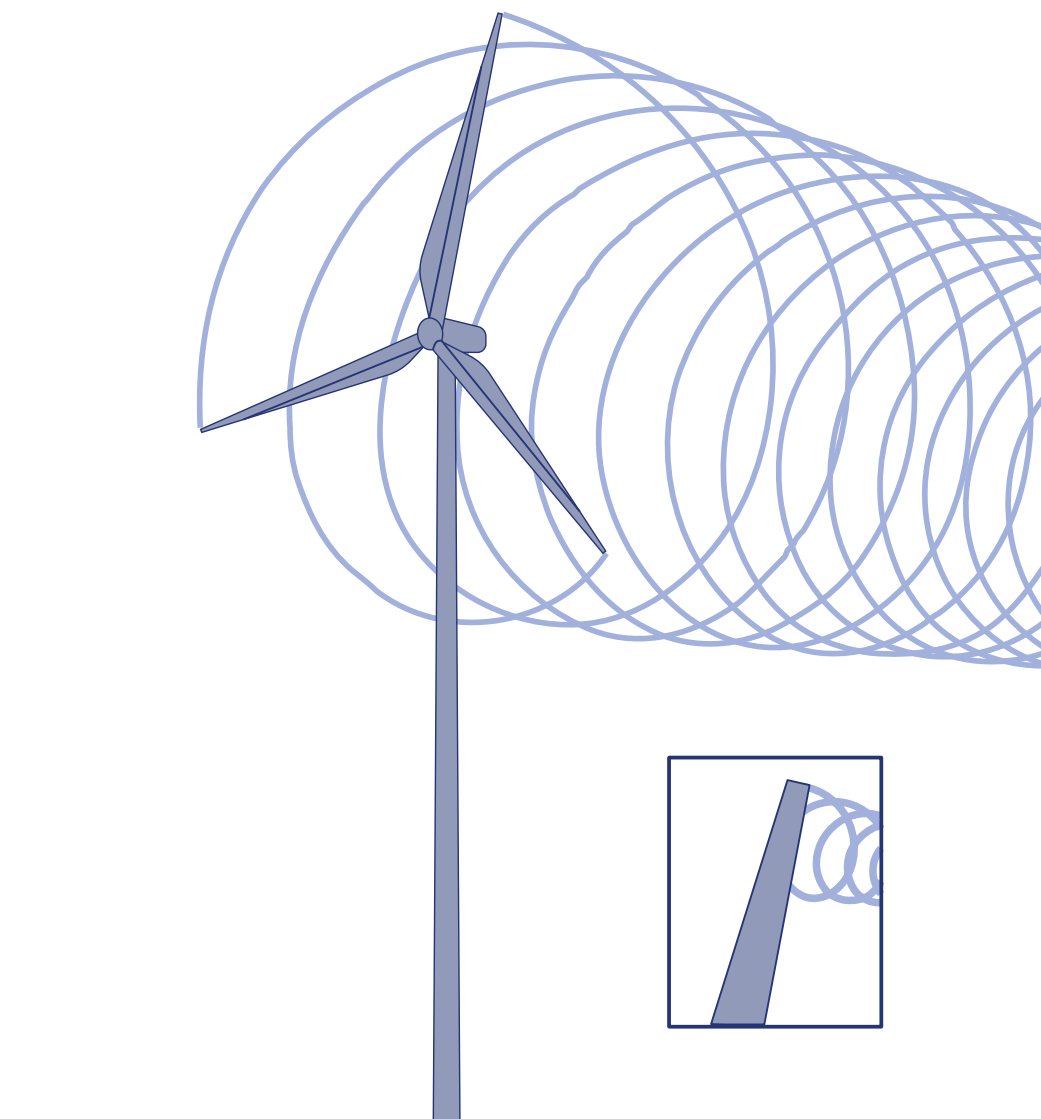
Bitte nehmen Sie Rücksicht auf die Natur: Wandern Sie auf den ausgewiesenen Wegen und respektieren Sie Wildruhezonen!

Achtung! Bei winterlicher Witterung erfolgt das Betreten des Windwanderweges wegen der Möglichkeit herabfallenden Eises auf eigene Gefahr!

Windwanderweg in Hilchenbach



TURBULENTIE IN HET ZOG VAN DE WINDTURBINE



Turbulentie zog en drie tipwervels

2.3 TURBULENTIE RONDOM DE WINDMOLEN

Om de onderzoeken naar de effecten van windturbines op fauna te doorgronden is enige kennis van de turbulentie rondom de molen noodzakelijk.

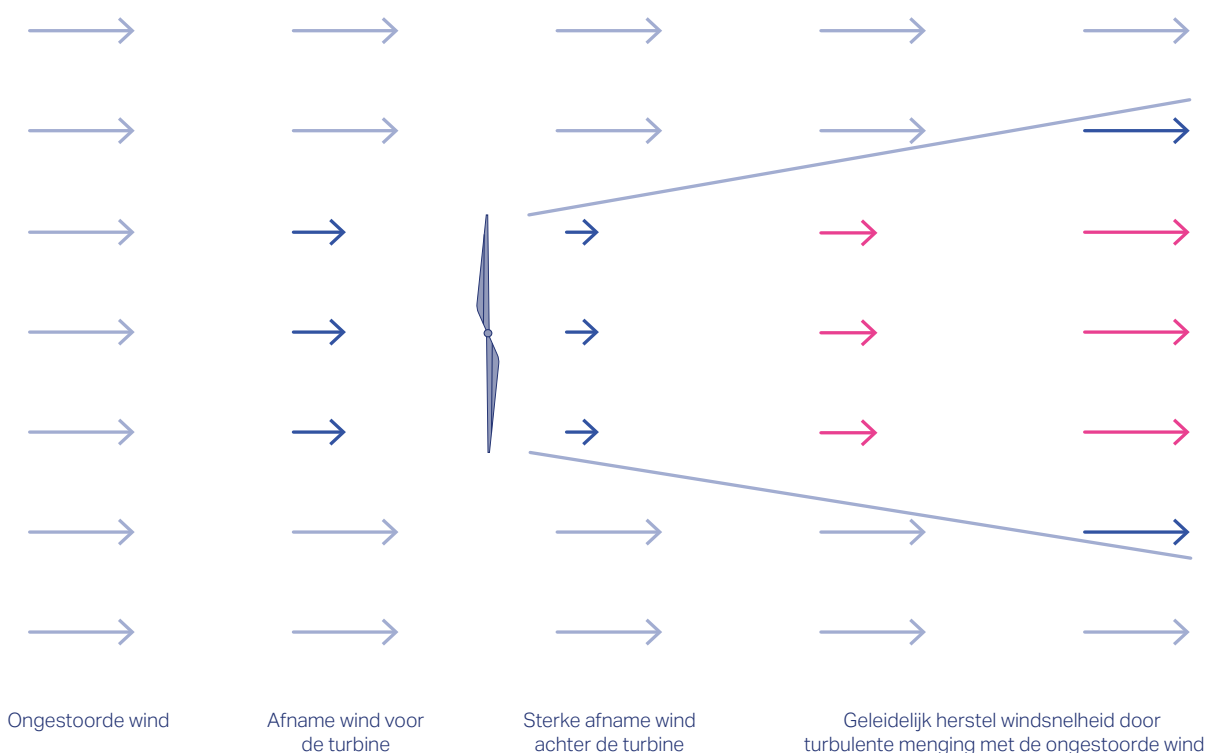
Het onttrekken van energie uit de wind zorgt voor een sterke afname van de wind en een toename van de hoeveelheid turbulentie vlak achter de windturbines, in het zogenaamde zog. Naarmate de afstand tot de windturbine toeneemt ontwikkelt de wind zich geleidelijk naar de oorspronkelijke situatie van vóór de passage van de windturbine. De lichtsnelheid achter de turbine herstelt zich door de turbulente wervels, die ervoor zorgen dat de sneller bewegende lucht rondom het zog wordt gemengd met de langzamere lucht binnenin het zog (Roode, sd).

In de visualisatie is de werveling achter de windmolen in combinatie met de kleinere wervelingen ontstaan aan de tippen van de ronddraaiende rotorbladen goed te zien.

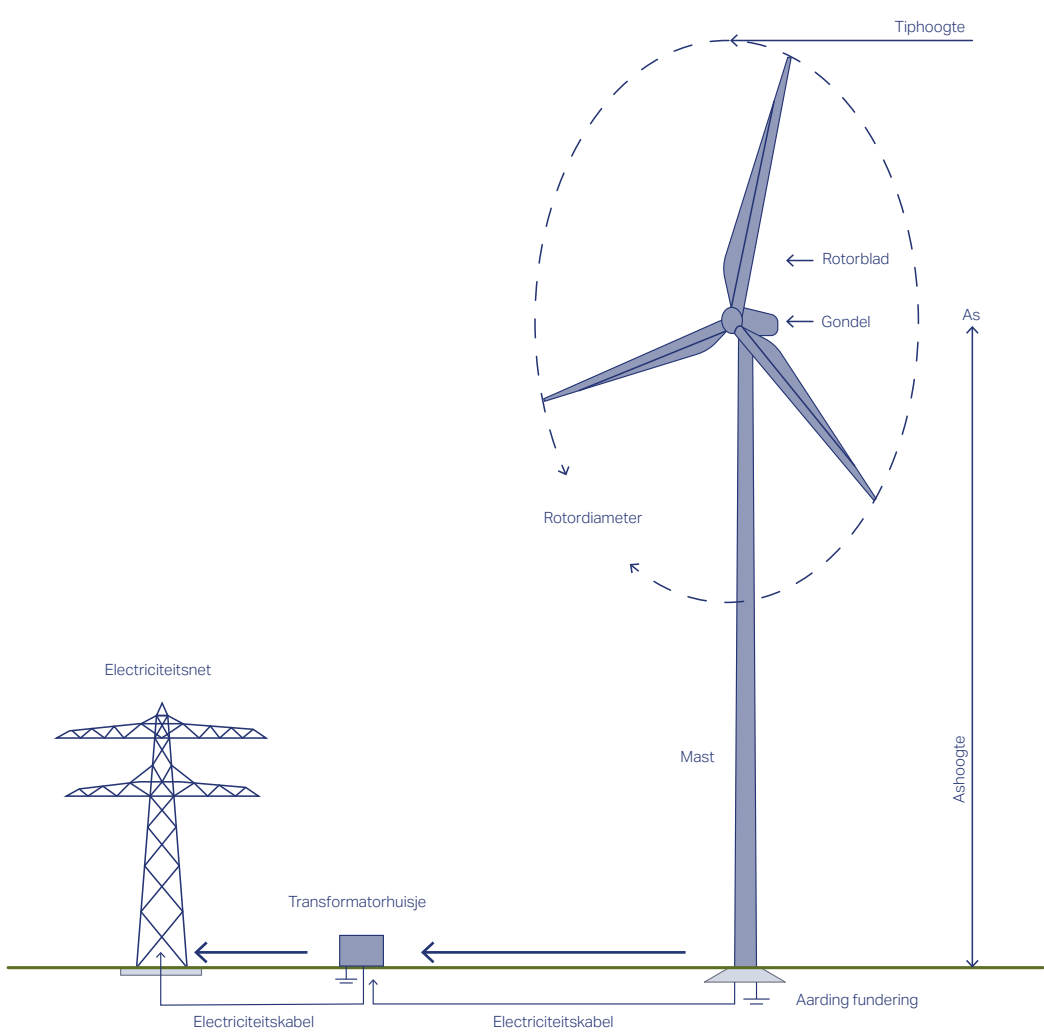
Deze wervelkolom is zeer gevaarlijk voor kleine vogels en voor vleermuizen. Dit effect wordt barotrauma genoemd. Vleermuizen kunnen intern schade oplopen (imploderen door de drukverschillen) en de vliezen tussen de vingers kunnen scheuren (mondelinge mededeling Erik Broer).

Uit de "verkenning (on)mogelijkheden van windenergie in bosgebieden" blijkt dat windmolens in bossen een hogere mast nodig hebben om turbulentie effecten te verkleinen en de lagere windsnelheid boven bos te compenseren. Aangeraden wordt om windmolens van minimaal 3 tot 3,5 megawatt in te zetten met een mast van tenminste 110 meter en een vergelijkbare rotordiameter. Door in verhouding kleinere rotordiameter te gebruiken is de afstand tussen de wieken en boomtoppen groot en de turbulentie achter de windturbines klein. Op deze manier worden aanvaringen met vleermuizen en vogels die in een zone van tussen de 0 en 60 meter boven de boomtoppen vliegen voorkomen ((Wing, Alterra (onderdeel natuur), Bosch & Van Rijn (onderdeel Financiën), & Student Hogeschool Van Hall Larenstein, 2016).

Eén ander effect van de turbulentie is dat warme luchtlagen vermengd met koudere luchtlagen worden. Bovendien remmen molens de wind af en veranderen de luchtstromingen ter plaatse. Daardoor warmt de lucht bij de grond op, windmolens worden zelfs af en toe in de landbouw gebruikt om boom- en wijngaarden te beschermen tegen koude en vorst (Deeg, 2022). Bossen kunnen deze warmere lucht absorberen. De veranderingen in warme en koude luchtstromen kunnen bijvoorbeeld roofvogels verrassen, die afhankelijk zijn van thermiek.



Windverloop om en door de windturbine



Netwerk rondom energieopwek met windturbines

2.4 BENODIGDE INFRASTRUCTUUR ONDERGRONDS EN STATIONS

Windmolens in een nieuw bos brengen ook andere functionele aspecten met zich mee dan het plaatsen van windmolens in het open veld. Hiervoor is enige kennis van de technische aspecten van de windturbine zelf als ook de opbouw van het netwerk noodzakelijk.

De windmolen heeft drie rotorbladen, verbonden met een rotor aan een gondel. Dit is de behuizing boven aan de mast. Een speciale motor ('kruimotor') zorgt ervoor dat de gondel steeds zo gepositioneerd wordt, dat de bladen op de wind gericht zijn. Om de juiste richting van de gondel te bepalen, meet een windvaan boven op de molen voortdurend de windrichting. In de gondel bevindt zich een generator: een grote dynamo die de draaiende beweging van de rotor omzet in elektriciteit. De generator is aangesloten op een transformator: die zet de door de generator verkregen laagspanning om in hoogspanning.

Hoe hoger de windmolen, hoe meer wind de bladen vangen en hoe meer energie opgewekt wordt. In de gondel is ook een computer die door middel van GSM, kabels of satellietschotel verbonden is met externe computers. Zo kan de molen op afstand worden bediend en gemonitord.

De gondel is dus de machinekamer van de molen. Dit geeft risico voor brand op grote hoogte, bijvoorbeeld door blikseminslag. In het hoofdstuk brandveiligheid gaan we hierop in omdat windmolens in een bos vaak ver van de bewoonde wereld staan (aanrijroutes etc.)

De windmolens in het zuiden van het Hart van Brabant zullen aansluiten op de middenstations Tilburg West of Tilburg Zuid. Deze middenstations zullen uitgebreid worden. Tilburg Zuid tussen Goirle en Tilburg lijkt de meest logische locatie op basis van de mogelijke locaties (mondelinge mededeling Jannes Craens).

De stroom die de windmolen opwekt heeft laagspanning en wordt door een transformator in de buurt van de molen omgezet in stroom met hoogspanning, die geleverd kan worden aan het elektriciteitsnet. Het netwerk van leidingen kan gecombineerd worden met de toegangsroutes van het (nieuwe) bos.

Het traject voor de realisatie van een windturbine vanaf collegebesluit duurt gemiddeld tussen de 4-6 jaar. Deze periode geeft normaal gezien genoeg tijd om de voorbereiding en uitvoering van het beoogde netwerk tracé te realiseren. De aanleg van het tracé zelf duurt ongeveer een half jaar (mondelinge mededeling Jannes Craens).



De omvang van de bouw van een windmolen

2.5 BOUW EN BENODIGDE INFRASTRUCTUUR

Ook de wijze van de bouw en de aanvoer van het materieel kunnen van invloed zijn op de open ruimte rondom en de breedte van de wegen naar de windmolen, én de ruimtelijke opbouw van het te ontwikkelen nieuwe bos.

Het is altijd maatwerk omdat de rotorbladen en de mast in delen aangevoerd moeten worden en door middel van een kleinere en later een hogere hoogwerker in elkaar geplaatst moeten worden. In de studie gaan we uit van een molen van met een tiphoogte van 226 m. Bij het Windpark Hilchenbach is bewust gekozen voor een rotordiameter van 82 meter en een masthoogte van 139 meter (totaal van 221 meter), vanwege de maximale ruimte aanwezig voor de bouw. In Duitsland gaat men uit van de richtlijn van 0,5 hectare als ruimte voor de molen en bouwruimte van 0,2-0,4 hectare, die later ingevuld kan worden met opgaande beplanting (Wieviel flache benötigt ein Windrad?, sd). Bij recentere windmolenprojecten in bestaand bos kon dit gereduceerd worden tot 0,2 tot 0,3 hectare per windmolen door een slimmere bouwtechniek (Wing, Alterra (onderdeel natuur), Bosch & Van Rijn (onderdeel Financiën), & Student Hogeschool Van Hall Larenstein, 2016).

Ook de tijdsduur van de bouw van de molen grijpt in in de ontwikkeling van het bos en de biodiversiteit. In de laatste 10 jaar zijn in de deelstaat Hesse 472 windmolens gebouwd in bestaand bos, met een clustering van gemiddeld 6 windmolens met een gemiddelde hoogte tussen de 145-212 m. De bouwtijd van idee tot exploitatie duurt gemiddeld 5 jaar (Rehling, Delius, Ellerbrok, Farwig, & Peter, 2023). In 5-12 maanden werd de turbine gebouwd.

De levensduur van een windmolen is gemiddeld 25 jaar. Op basis van vergunning is de windturbine een tijdelijk object, maar in praktijk blijkt dat een nieuwe generatie windmolen daarna opnieuw wordt neergezet om de investeringen in de ondergrondse infrastructuur te kunnen afschrijven. In totaal kan men ervan uitgaan dat windenergie opwek gemiddeld 50 jaar duurt, terwijl de bosontwikkeling voor een nog langere tijd standhoudt.

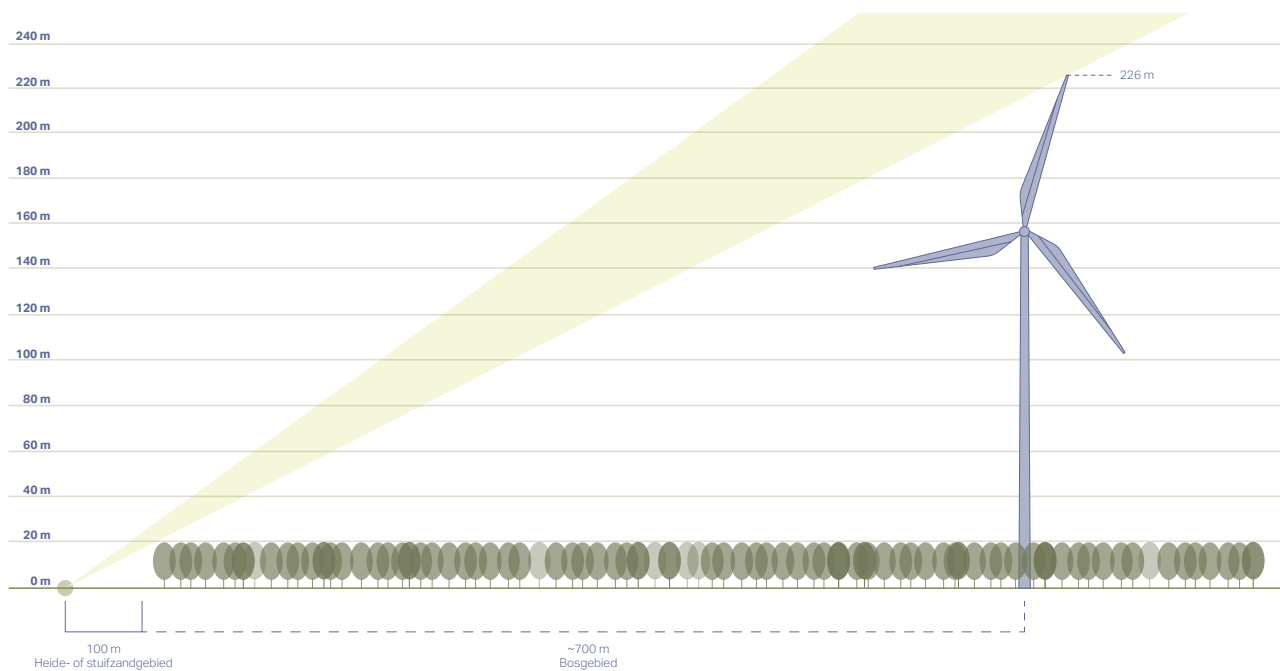
Belangrijk is om juridisch planologisch de bestemming voor de opwek van energie als tijdelijk met een limiet van 2*25 jaar, en de ontwikkeling van bos als permanent te duiden.

Bij de vervanging van de windmolen is het van belang dat deze de bosontwikkeling van het nieuwe bos niet tenietdoet. Ook dit valt op te lossen met een slimme en efficiënter ruimtelijke planning van de aanvoerwegen en de open ruimte als bouwruimte rond de windturbine (zie hoofdstuk 5). Na verwijdering van de tweede generatie windturbine kan de open ruimte dan weer ingevuld worden met jong bos of spontane bosontwikkeling, wat gunstig is voor een gedifferentieerde leeftijdsopbouw van het bos.

De fabrikanten zijn volop bezig met de circulariteit van de windturbines. Onderzoek en innovaties richten zich op vooral 100% recyclebare bladen, modulaire en demonteerbare ontwerpen, hergebruik van staal en elektronica, gebruik van cementvrije of CO₂-arme betonsoorten en levensduurverlenging door gebruik van zelfherstellende coatings op turbinebladen. De industrie verwacht rond 2040 volledig recyclebare windturbines, inclusief generator en fundering op de markt te hebben, dit valt in de periode van de ontwikkeling van wind boven bos.



Vershil in zicht op windturbines in open veld en in nieuwe bos



Afstand van waarnemer en windturbine in een bos

2.6 RUIMTELIJKE EN PLANOLOGISCHE ASPECTEN VAN WIND BOVEN BOS

De zichtbaarheid van een windturbine opstelling wordt bepaald door de afstand van de windturbine tot de waarnemer, het weer en de mate van afscherming door andere landschapselementen, zoals bebouwing en beplanting.

De hoogte van moderne windturbines blijkt voor velen lastig in te schatten, doordat geen relatie te leggen is met de hoogte van andere landschapselementen, die vaak niet hoger dan 30 m zijn.

De afstand waarover een windturbine zichtbaar is, is afhankelijk van de hoogte van de windturbine. Vaak kan deze afstand ook niet goed ingeschat worden. Een grote turbine op grote afstand kan dichterbij lijken te staan dan een kleinere turbine op korte afstand.

Ook de schaal en openheid van het landschap zijn van invloed op de zichtbaarheid van windturbines. Windmolens in een bos zijn visueel minder opvallend dan windmolens die in het open veld staan.

De bomen kunnen helpen om de molens uit het zicht te houden, op korte afstand. In Beieren is dit een van de redenen om wind boven bos en nieuw bos te ontwikkelen (Wind Farms Adapt to Forest Conditions, 2011).

Slagschaduw van windturbines zijn vooral in lente en zomer in de bossen niet waarneembaar. Het ruisen van het bos en de bomen kunnen helpen om het geluid van de draaiende rotoren te dempen, waardoor de overlast voor recreanten en omwonenden wordt verminderd.

De Provincie Noord-brabant heeft de ruimtelijke planologisch eis om in clusters van minimaal 3 windmolens te bouwen (Omgevingsverordening Noord-Brabant, artikel 5.51 Windturbines in Landelijk gebied, lid 1b), dat kan in een lijn- of clusteropstelling.

Het scenario-onderzoek wijst uit dat een dergelijke opstelling alleen met windmolens lager dan de tiphoogte van 150 meter is te realiseren. De ruimtelijke mogelijkheden zijn te beperkt om hogere windturbines met een tiphoogte van 226 meter, waartussen een afstand van minimaal 750 meter in acht genomen moet worden, om een ruimtelijk samenhangende cluster van minimaal 3 windmolens neer te zetten. Hierbij mag bij de vraag gesteld worden of met dergelijke afstanden überhaupt nog sprake kan zijn van ruimtelijke samenhang tussen de windturbines.

Of lagere windmolens nog realiseerbaar zijn is echter onzeker. Hogere molens boven bos blijken voor fauna bovendien gunstiger te zijn dan lagere windturbines, vanwege de grotere vrije vliegruimte boven de toppen van het bos en ruimte tussen de molens (zie hoofdstuk 4).

Aan de zuidzijde van de regio Hart van Brabant is de realisatie van hogere windmolens alleen mogelijk als de planologisch eis van de provincie te discussie gesteld kan worden.



KLIMAATBOS DRAS



KLIMAATBOS DROOG

3 | KLIMAATBESTENDIGE BOSSEN

3.1 WAT ZIJN KLIMAATBOSSEN?

Klimaatverandering verandert de groeiplaatsomstandigheden van bos en met veranderende groeiplaatsomstandigheden verandert ook de vegetatie en de boomsoortgeschiktheid.

De mate waarin, snelheid waarop en hoe het klimaat zal veranderen is onderdeel van voortdurende wetenschappelijke discussie en afhankelijk van beleidsvoornemens van overheden en de daadwerkelijke uitvoering ervan.

Een opwarming tot circa 3 graden temperatuurstijging ten opzichte van voor de industriële revolutie wordt momenteel als een realistische inschatting gezien door de meerderheid van de wetenschappers die bijdroegen aan de laatste IPCC-rapportage over klimaatverandering. Dat zou in Nederland leiden tot gemiddelde jaartemperaturen die in de jaren '50 van de vorige eeuw in Zuid-Frankrijk normaal waren, waarbij veel vaker extreme hitte en droogte te verwachten is. Tegelijkertijd wordt het vertragen of stilvallen van de warme golfstroom steeds meer als een realistische mogelijkheid gezien, wat in Nederland net tot snelle en heel sterke afkoeling zou leiden. Het jaar 2024 was opnieuw recordwarm, maar tegelijkertijd heel erg nat. Op dit moment kampen bossen niet met droogte, maar met een hoeveelheid water waar ze soms niet op zijn aangepast. We merken dus aan den lijve dat het klimaat snel verandert, dat de extremen toenemen maar dat de verandering op dit moment ook niet met zekerheid te voorspellen is.

Dat maakt het in principe onmogelijk te voorzien welke soortensamenstelling in de toekomst het beste zal passen op een bepaalde plek. Daarom is het bij de aanleg van bossen misschien wel belangrijker dan ooit om te kiezen voor een hoge diversiteit aan soorten die elkaar versterken en zo mogelijk de ontwikkeling van de groeiplaats ondersteunen. Zo ontstaat een bos dat zo vitaal mogelijk is en daarmee tegen een stootje kan. Veerkracht is de ecologische term waarmee bedoeld wordt dat een bos sterk genoeg is om drukfactoren op te vangen of zo nodig in staat is zich aan te passen aan nieuwe situaties. Een klimaatbestendig bos is daarmee dus vooral een veerkrachtig bos. Dit is recent als volgt gedefinieerd: een vitaal bos is een bosecosysteem dat, nu en in de toekomst, verstoringen en milieuveranderingen kan ondervangen en zich hieraan aanpast, waardoor de aan bos gebonden biodiversiteit en diensten zich handhaven en kunnen ontwikkelen (Van Maaren et al., 2024).

Voor toekomstige koolstofvastlegging is de vitaliteit en veerkracht van een bos van groot belang. Een focus op boomsoorten met hoge groeikracht voor maximale koolstofvastlegging is risicovol, omdat de kans bestaat dat bepaalde soorten het in de toekomst niet langer redden op de gekozen plek. Daarom is het verstandig vooral de focus te leggen op maximale potentiële adaptie (veerkracht) in plaats van maximale mitigatie of substitutie (koolstofvastlegging). Daarbij blijven bodem en water sturend in de uiteindelijke bosgemeenschap, op de gradiënt van beekdal naar hoge zandrug verschillen de groeiplaatsomstandigheden en dus de soortensamenstelling. In een bos dat wordt aangelegd met dit principe zijn die risico's niet weg, maar geminimaliseerd door grotere vitaliteit en spreiding van risico's via boomsoortdiversiteit.



KLIMAATBOS STAKENFASE



KLIMAATBOS AFTAKELINGSFASE

3.1.1. Nieuw Bos

Klimaatbossen zijn dus bossen die zo goed mogelijk zijn aangepast aan een onzekere toekomst. Dat kan door een soortenmix toe te passen die bestaat uit soorten waarvan we verwachten dat ze zijn opgewassen tegen een brede range van omstandigheden en verwachtte extremen op de beoogde groeiplaats. Bovendien kan met slimme boomsoortenkeuze de bosbodemontwikkeling ondersteund worden, wat de vitaliteit op lange termijn ten goede komt door verhoogde nutriënten- en vochtbeschikbaarheid.

Nieuwe bossen worden meestal aangelegd op voormalige landbouwgronden. Deze zijn normaalgesproken sterk verrijkt ten opzichte van natuurlijke omstandigheden. Bij natuurinrichting wordt vaak getracht de oorspronkelijke bodemrijkdom te herstellen door de groeiplaats te verschraken. Bij bosaanleg wordt dit meestal achterwege gelaten omdat het met hoge kosten gepaard gaat en bossen bij hoge voedselrijkdom soortenrijke en waardevolle gemeenschappen vormen. Er wordt wel geëxperimenteerd met het versterken van afwisseling in het terrein door grondwerk of het onderwerken van de bouwvoor om initiële verruiging te voorkomen.

Verschillende boomsoorten zijn in staat via hun bladstrooisel nutriënten rond te pompen in het ecosysteem en vanuit de diepere bodem beschikbaar te stellen aan de hele bosgemeenschap. Deze soorten noemen we ook wel rijkstrooiselsoorten. De meeste van deze boomsoorten zijn relatief veeleisend aan de bodem, zoals bijvoorbeeld linde, esdoorn en kers. Meer zuurtolerante boomsoorten die een meer beperkt positief effect hebben, noemen we ook wel neutrale strooiselsoorten of kwartiermakers omdat ze in staat zijn verzuurde bodems te verbeteren, zoals berk. Op voormalige landbouwgronden kunnen rijke strooiselsoorten vaak goed uit de voeten. Recent onderzoek heeft uitgewezen dat dit de floradiversiteit in jonge bossen duidelijk ten goede komt (Van den Berg et al., 2022).

Soortkeuze moet natuurlijk worden afgestemd worden op de groeiplaatsomstandigheden (droog/nat, rijk/arm), waarbij steeds gestreefd wordt naar een rijk palet aan boomsoorten en een hoog aandeel boomsoorten met goede strooiseleigenschappen. Minimaal dertig procent bijmenging van soorten met goed strooisel wordt aanbevolen. Struiken kunnen niet alleen toegepast worden langs de bosranden maar ook in de kern van het bos.

Voor de plantsoenkeuze geeft de Rassenlijst Bomen (<https://www.rassenlijstbomen.nl/>), een overzicht van soorten en herkomsten die voor Nederland worden aangeraden. Dit verzekert de kwaliteit van het uitgangsmateriaal. Autochtone herkomsten ondersteunen de biodiversiteitsfunctie. Andere selectieherkomsten zijn geselecteerd op hun bewezen goede groei en vitaliteit.

Voor maximale genetische diversiteit wordt ook wel aangeraden bij een aanplant per soort meerdere verschillende herkomsten te planten (Vander Mijnsbrugge et al., 2017). Inmiddels worden ook proeven opgezet met nieuwe boomsoorten, voornamelijk uit Europa, waarvan de verwachting is dat deze meer droogte- en hittebestendig zijn. Dit vereist zorgvuldig onderzoek naar geschiktheid en ter voorkoming van aanplant van potentieel sterk invasieve soorten.



VOORBEELDEN VAN AGROFORESTRY

In Vlaanderen is een lijst ontwikkeld met boomsoorten die het in de toekomst in Vlaanderen minder goed zullen gaan doen en soorten waarvoor dit gebied waarschijnlijk geschikt gaat worden (Desie et al., 2024). Met goede monitoring van de ontwikkeling kan voor een klein aandeel van de aanplant voor zulke soorten gekozen worden. Als basis moeten inheemse en ingeburgerde boomsoorten gebruikt worden.

Het verwezenlijken van een sterk gemengd bos is het meest praktisch te bereiken door boomsoorten in groepen van dezelfde soort te planten. Bij voldoende omvang drukken verschillende soorten elkaar dan niet weg door verschillen in groeiritme. Uiteindelijke kroonomvang van een boomsoort kan als minimale doorsnede van een groep gelden. Een concurrentiekrachtige soort kan ook in duidelijk kleinere groepen gezet worden terwijl een trage groeier een grotere groep kan gebruiken. Ook hier geldt weer dat variatie de diversiteit natuurlijk vergroot.

In Nederland heeft een plantafstand van 1,5 x 1,5 meter zich tot standaard ontwikkeld (4.500 stuks per ha). Dit is het laagste plantaantal waarbij ook nog voldoende natuurlijke takafstoting plaatsvindt, waardoor zonder beheer nog een redelijk aantal bomen voldoende houtkwaliteit ontwikkelen. Tegenwoordig wordt dit ook wel verminderd tot 2.000 a 2.500 stuks als men bereid is op te snoeien voor houtkwaliteit of dit niet belangrijk vindt. Wie biodiversiteit via aanplant wil maximaliseren kan via het variëren van plantsafstanden veel bereiken. Dan ontwikkelt zich plaatselijk heel dicht bos met slanke bomen en elders met brede diepkronige bomen. Ook spontane bosverjonging kan natuurlijk worden overwogen in plaats van aanplant, maar is lastiger planbaar. Hier kan met aanvullende aanplant de soortenmix verrijkt worden.

3.1.2. Agroforestry

Agroforestry en voedselbossen staan sterk in de belangstelling als alternatieve voedselproductiesystemen en mogelijkheid voor een meer divers verdienmodel voor boeren. Voedselbossen zijn complexe zeer gevarieerde systemen met een bosachtige structuur waar een hoge diversiteit aan producten wordt geteeld. Binnen agroforestry worden bomen gemengd met akkerbouw en veeteelt en is meer gericht op efficiënte productie en oogst. Een combinatie van deze systemen met windenergie lijkt heel goed mogelijk.

Agroforestry kan bijdragen aan de vraag naar duurzaam geproduceerd hout bijvoorbeeld voor de toepassing in houtbouw en tegelijkertijd is er ook voor de landbouw een infrastructuur nodig. De omloop waarin de bomen geteeld worden kan ook afgestemd worden op de vervangingstermijn van windmolens. Voor agrariërs is het van belang dat het om tijdelijk bos gaat en dat niet duurzaam een natuurfunctie aan het gebied wordt toegewezen.



PEELBRAND IN 2020

3.2 BRANDVEILIGHEID WIND BOVEN BOS

Door de klimaatveranderingen is het risico op natuurbranden vergroot. In de periode tussen 2017 en 2022 waren in Nederland ongeveer 3667 landschapsbranden, vooral in de droge jaren van 2018 en 2022 en op de zandgronden.

De brand in de Peel in 2020 was de grootste natuurbrand van 710 hectare in deze periode. De zogenoemde Peelbrand begon op 20 april 2020 en duurde tot 16 juni. In Moergestel was een grote brand in 2020, waar 4 hectare heide en 50 hectare bos in vlammen opging. De rook kwam tot in Goirle en Tilburg.

Vele natuurbranden in Nederland komen voor in de veengebieden en heidegebieden. Slechts 21% van de branden komen voor in de bossen (Stoof, Kok, Forradellas, & Marle, 2023).

In het verleden werden productiebossen zodanig ingericht dat branden beheersbaar waren door bijvoorbeeld open brandgangen van 10 - 15 meter tussen de bospercelen te creëren om overslag te voorkomen, dobbes (door wallen omgeven laagtes als dan niet gevuld met water) aan te leggen en houtwallen van 5 - 10 m breedte met brandvertragende soorten als berken aan te planten (Bakker, 1993). Op de Kampina vinden we deze berkenhoutwallen nog steeds terug, terwijl het productiebos omgevormd is naar natuur.

Ook wist men in het verleden dat branden voorkwamen op de zandgronden. Men was het gewend en gebruikte de branden ook om gronden vruchtbaarder te krijgen. Wallen rondom met aansluitend greppels werden gebruikt als brandvertrager bij branden maar ook als irrigatiesysteem in drogere tijden of waterbergingen in nattere periodes. Compartimentering was de middeleeuwse oplossing van risicospreiding.

In deze quickscan willen we onderzoeken wat de risico's zijn van de combinatie van klimaatbossen met windmolens en wat we in ruimtelijke zin kunnen doen om het risico zo laag mogelijk te maken.

Een brand in een natuurgebied staat namelijk nooit op zichzelf, maar hangt samen met waterbeheer, agrarische, toeristische en andere activiteiten in het omliggende landschap. Natuurbranden voorkomen en bestrijden is in de toekomst een structureel onderdeel van het systeem van brandweezorg en van de ruimtelijke opbouw van een nieuw bos (Natuurbranden in Nederland worden heviger en slechter beheersbaar, sd) .

Op dit moment is er geen nationaal handelingsperspectief om de consequenties van natuurbranden te beperken. In het rapport Natuurbrandsignaal 2023 van NIPV pleit men voor een actieplan. Dit actieplan kan gebaseerd worden op het systeem van meerlaagse veiligheid, waarbij maatregelen in verschillende lagen elkaar aanvullen en versterken:

- Laag 1: Maatregelen die een kans op het ontstaan van een natuurbrand proberen te verkleinen (tot een bepaald niveau).
- Laag 2: Maatregelen die de impact van een natuurbrand moeten beperken: landschapsinrichting, compartimentering, aanpassing vegetatie, aangepast bouwen in risicogebieden, droogtemaatregelen en maaibeheer.
- Laag 3: Maatregelen die de incidentbestrijding en crisisbeheersing bij een natuurbrand verbeteren: nieuwe tactieken en technieken, training, adaptieve strategieën.



DOBBE IN HET BOS



BERKENSINGELS ALS BRANDWERING OP DE KAMPINA



BRANDGANG IN HET BOS



BERKENSINGEL IN DE PEEL



DE GONDEL IS DE ARCHILLESCHIEL IN DE WINDTURBINE



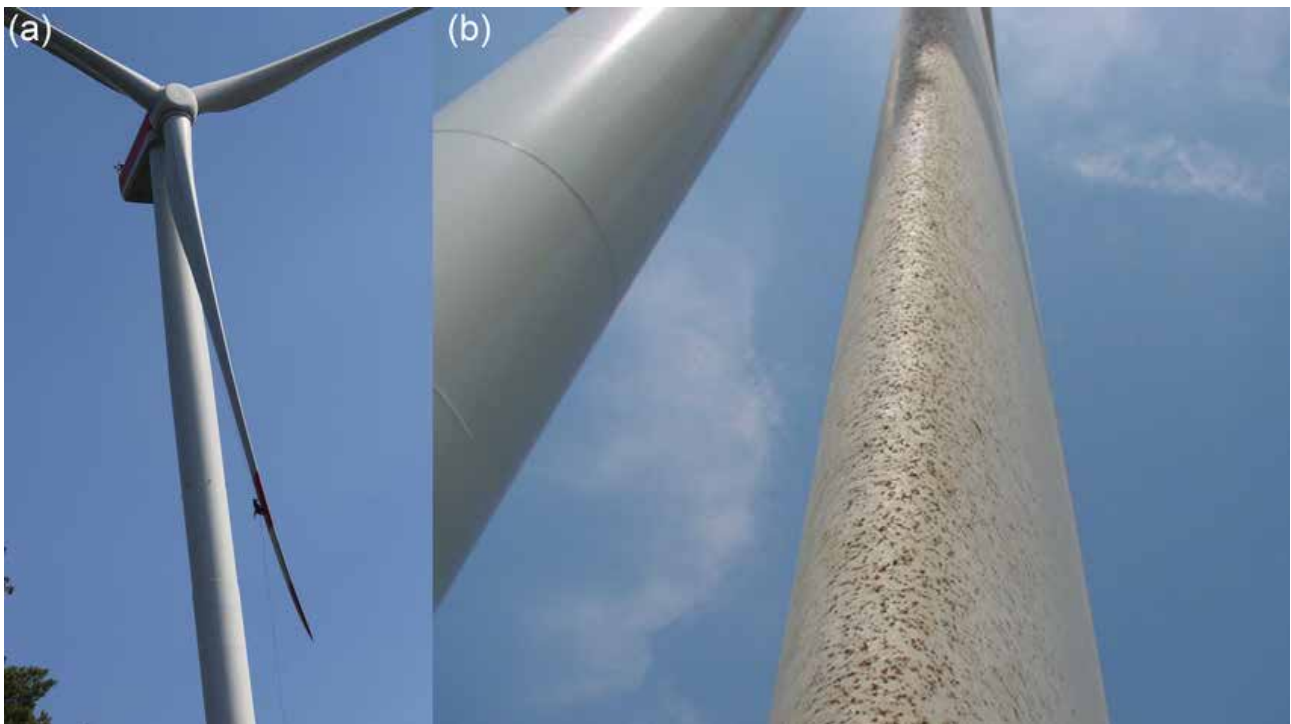
WINDTURBINE VAT VLAM IN ORKAAN , SCHOTLAND IN 2011 (FOTO: STUART MCMAHON)

De CFPA Europe heeft een lijst van regels opgesteld om overslag van bosbrand bij windturbines te voorkomen. Echter de Europese richtlijn is niet geheel duidelijk. De windmolen moet in een vrije ruimte staan, vrij van heesterbeplanting in een strip van 25 meter. Onduidelijk is of hiermee een straal van 25 meter of de diameter van 25 meter wordt bedoeld ((Ditlev & Rusch, 2022) p.18).

Brandrisico bij windmolens zelf is zeer gering. De belangrijkste oorzaken zijn blikseminslag, vaak in combinatie met onvoldoende onderhoud of fouten tijdens reparaties en onderhoud (koude procedures worden voorgeschreven). Ook moet uitdrukkelijk zijn voorgeschreven dat men in de wijde omtrek van windmolens niet mag roken.

De CFPA Europe heeft een lijst van regels opgesteld om brand in de windturbines te voorkomen. De meest risicovolle locatie is de gondel, waar alle apparatuur is verzameld. Eén brand in een windturbine heeft tot gevolg dat brandende elementen een tweede brand kunnen veroorzaken op de grond. Bij een bosbrand is vaak de afstand tussen de locatie van de windturbine en de brandweer groot en sterke wind kan het vuur snel verspreiden in het bos (Ditlev & Rusch, 2022). Ook ontbeert de lokale brandweer aan expertise om branden in een windmolen op grote hoogte te bestrijden. Brandweerorganisaties maken zich hier grote zorgen om.

Voorgeschreven is om een branddetectie in de gondel en bij de transformator te installeren, waarna turbine automatisch direct stopt. Maar dat garandeert niet dat er op de grond geen brand kan ontstaan.



SCHOONMAKEN VAN ALLE INSEKTENSLACHTOFFERS OP DE NEUS VAN ROTORBLAD



*De koninginnenpage wordt vaak boven het bladerdak van het bos gezien waar mannetjes en vrouwtjes elkaar ontmoeten; dit gedrag wordt 'hill-topping' genoemd. Om die reden zijn ze kwetsbaar voor windturbines.
(foto: Bert van Rijsewijk, Vlinderstichting)*

4 | WINDMOLENS EN FLORA EN FAUNA

4.1 INSECTEN EN WINDMOLENS

Elke windmolen krijgt op de neus van de rotorbladen vele slachtoffers van insecten. Dit zorgt voor een minder efficiënte opwek, maar ook voor een afname in het aantal insecten ter plaatse. In Duitsland maakt men zich er erg druk over vanwege de grote afname van het aantal insecten in het algemeen. Er zijn schattingen uit 2018 dat de 30.000 windmolens op land in Duitsland het verlies opleveren van ongeveer 1200 ton insecten biomassa in de periode april tot oktober (Voigt, Insect fatalities at wind turbines as biodiversity sinks, 2021). Omgerekend zijn dit 40 miljoen insecten als slachtoffers per windmolen.

Vooraf zwermdende insectensoorten, hill-topping vlinders (als de koninginnenpage) en overige insecten boven de boomtoppen zijn in de zomer en bij de migratie in de herfst zijn het slachtoffer, evenals insecten die rusten in de schemering op de warme windmolen. Invasieve soorten (zoals het Japanse lieveheersbeestje) gebruiken de windmolens echter als warme overwinteringsplek, waardoor ze de strengere winter kunnen overleven en hun populatie kunnen vergroten (Dudek, Dudek, & Tryjanowski, 2015), en vaak inheemse soorten verdrukken.

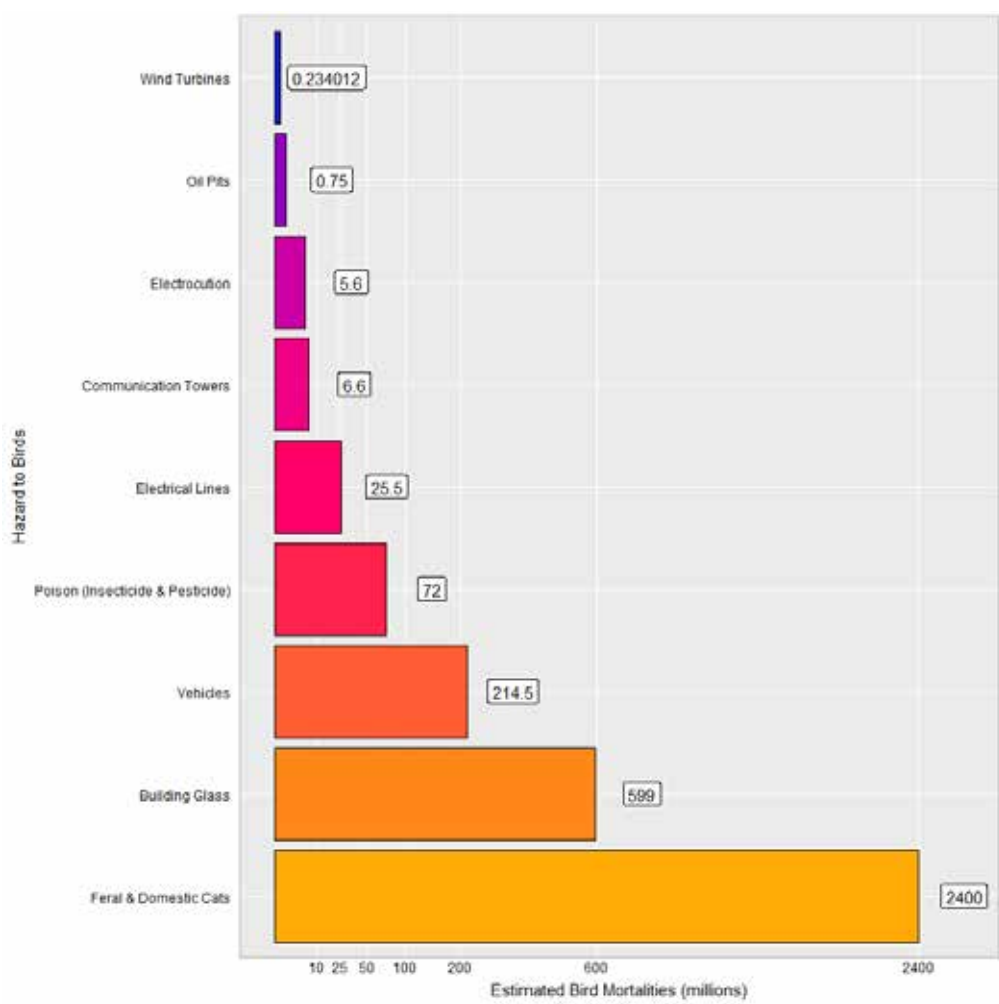
De insecten rondom de molen trekken ook vogels en vleermuizen aan (Voigt, Insect fatalities at wind turbines as biodiversity sinks, 2021).

De reden waarom de insecten rondom de molens graag vertoeven is wetenschappelijk nog in onderzoek. De turbulentie achter de molen, de lokale warme en koude luchtstromingen zijn de meest waarschijnlijke oorzaken.

In Ierland heeft men een andere strategie gevonden om dit probleem te ondervangen. De windfarms worden geheel "pollinator-friendly" ingericht. Hiervoor is het "all-ireland pollinatorplan" ontwikkeld. Juist rondom windmolens worden geen pesticiden gebruikt, en kunnen kruidenrijke vegetaties blijven staan. Men wil de leefgebieden van de populaties op deze manier vergroten. De 400 windfarms kunnen volgens de Ierse overheid de biodiversiteit en natuurlijke habitat versterken (Byrne, et al., 2021), ondanks de insecten slachtoffers bij de windturbines.



ZWERM VOGELS BIJ WINDTURBINE



Jaarlijks gemiddelde vogelsterfte per risico in de VS (Ritchie, 2024)

4.2 VOGELS EN WINDMOLENS

Vogels lopen het risico om slachtoffer te worden van windmolens.

De impact op de vogelstand wordt in de literatuur op twee manieren benaderd. Vele voorstanders van windenergie geven vooral aan dat windmolenslachtoffers in het niet vallen bij het aantal slachtoffers, ontstaan door het jachtgedrag van katten, door openstaande ramen en glaswanden in gebouwen en door hoogspanningsleidingen.

Henk Sierdsema van SOVON vindt dat windmolens een negatief effect op de geschiktheid van een gebied voor vogels hebben en zolang de windmolens aanwezig zijn is er sprake van een gedegradieerd natuurgebied. Windmolens zijn altijd negatief voor vogels. Molens vormen niet enkel een direct gevaar, maar veranderen het leefgebied van vogels. Het geluid van de windturbines heeft een negatieve invloed op de communicatie tussen vogels.

Volgens Henk Sierdsema is een windturbine één van de gevaarlijke obstakels die vogels tegenkomen. De gevarenzone vanwege de draaiende rotorbladen ligt gemiddeld pakweg tussen 50 en 160 meter hoogte (Venhuizen, 2024), gebaseerd op de vlieghoogtes en de gemiddelde hoogte van de windturbine en lengte van de rotorbladen.

In Nederland komen verspreid over het jaar meer dan 400 vogelsoorten voor. Lang niet alle soorten lopen een even groot risico op negatieve effecten door windturbines. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn tijd van het jaar (broedvogel, niet-broedvogel, trekvogel), maar ook bijvoorbeeld grootte van en het vlieggedrag van de vogels.

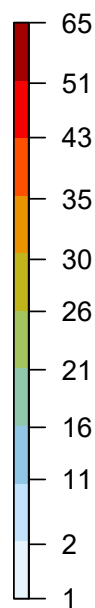
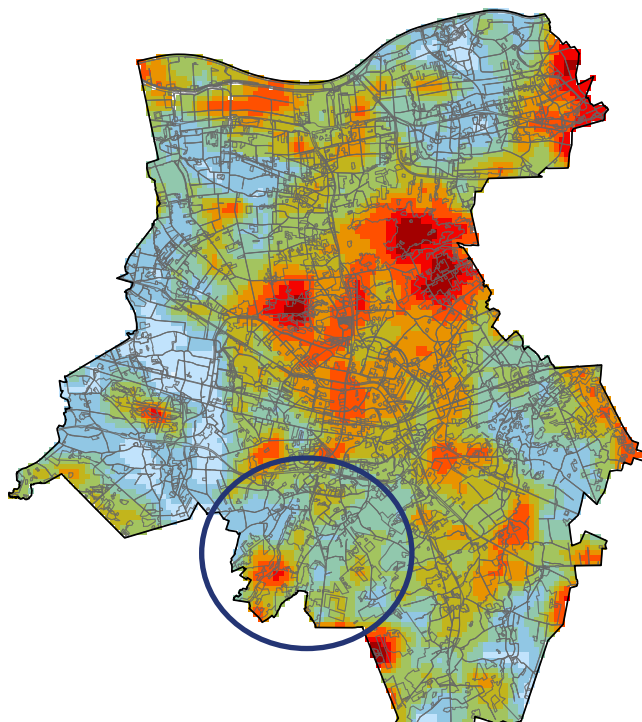
SOVON heeft in 2021 in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit Windenergie gevoeligheidskaarten en het bijbehorend achtergrondrapport gepubliceerd. Het projectgebied van deze quickscan Hart van Brabant ligt nog redelijk gunstig, zoals te zien in op de kaarten op de volgende pagina's.

De mate waarin deze effecten optreden hangt af van de vogelsoort, de locatie, de periode (dag of nacht, seizoen), de weersomstandigheden en de getroffen maatregelen om deze effecten te voorkomen of te beperken.

De windmolen geeft barrièrewerking in het luchtruim en verstoring in de windturbulentie. Vogels op trek en vogels op weg van en naar de broed- of slaappleats vliegen vaak om. Dit kost extra tijd en energie. Vogels moeten daardoor meer eten terwijl er minder foerageertijd beschikbaar is. Een ander (mogelijk) effect is een lager broedsucces: jonge vogels worden langer alleen gelaten en moeten langer op voedsel wachten.

Eén windmolen kan staan in de routes van seizoenstrek, slaaptrek en foerageertrek. De slagschaduw, het geluid en windturbulentie van de windturbine geven nadelige effecten op rust-, foerageer-, broed- en ruigebieden van de verschillende vogelsoorten.

regionale legenda

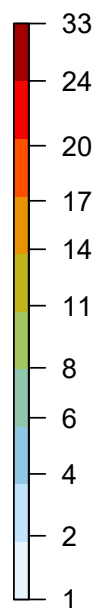
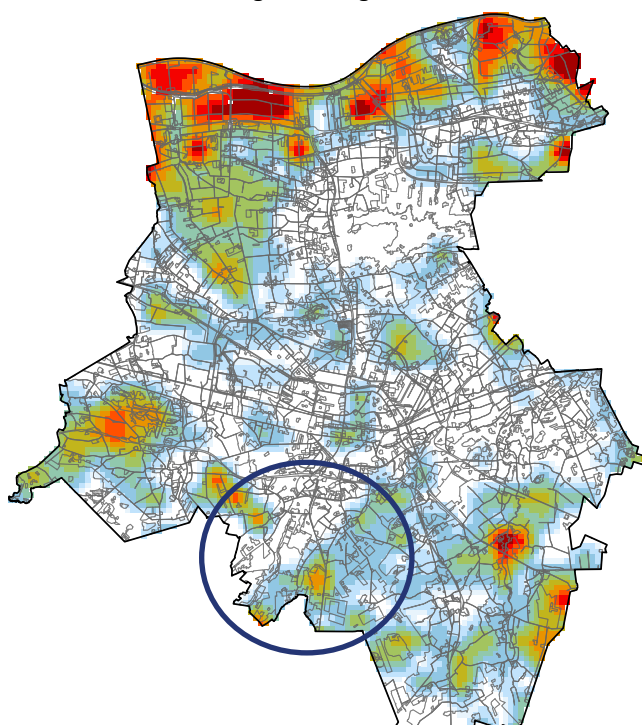


Relatieve schaal van

- 1 (weinig risico voor aanwezigheid gevoelige soorten)
- tot 65 (hoog risico voor aanwezigheid gevoelige soorten)

Sovon Gevoeligheidskaart broedvogels en windturbines

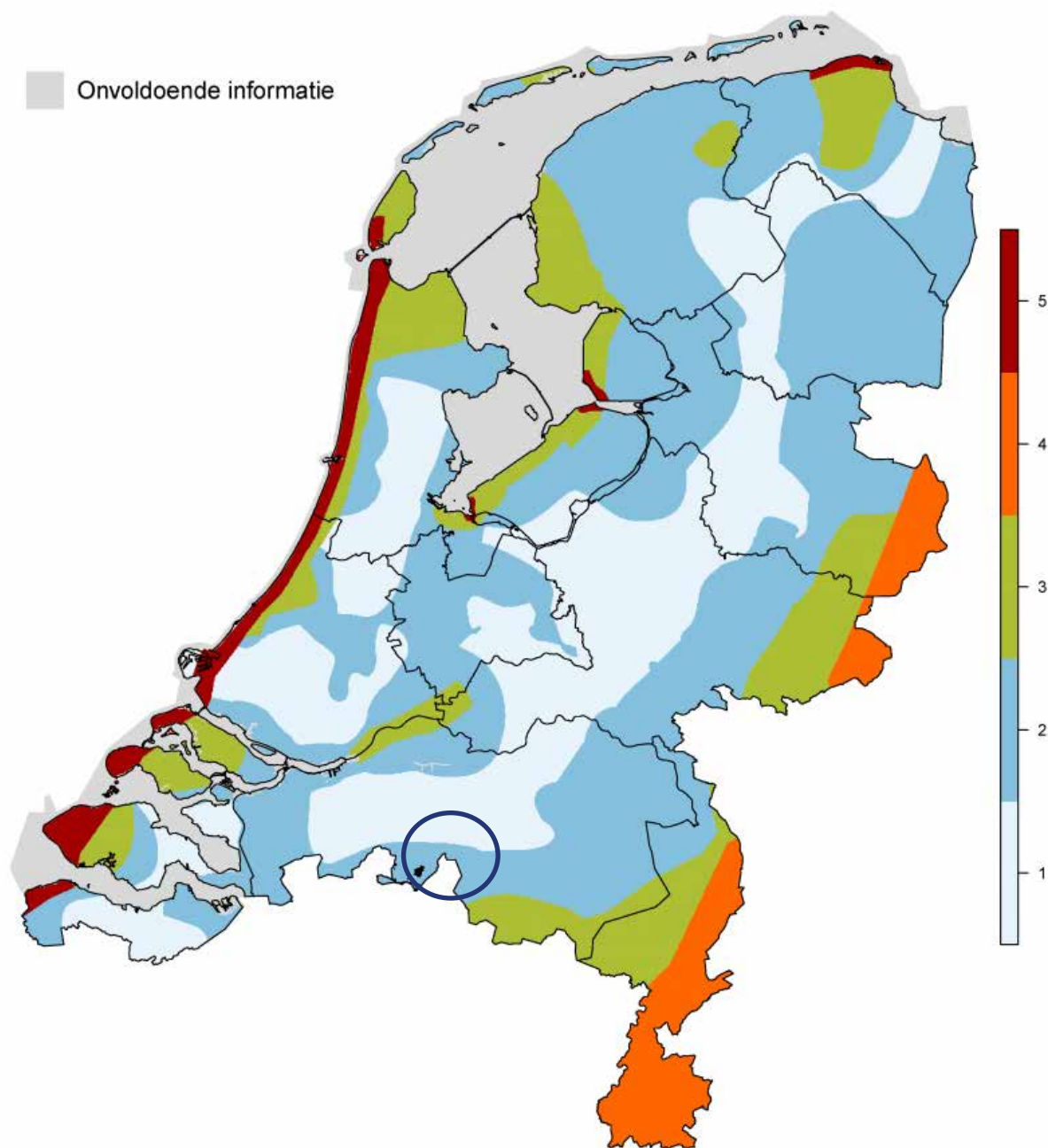
regionale legenda



Relatieve schaal van

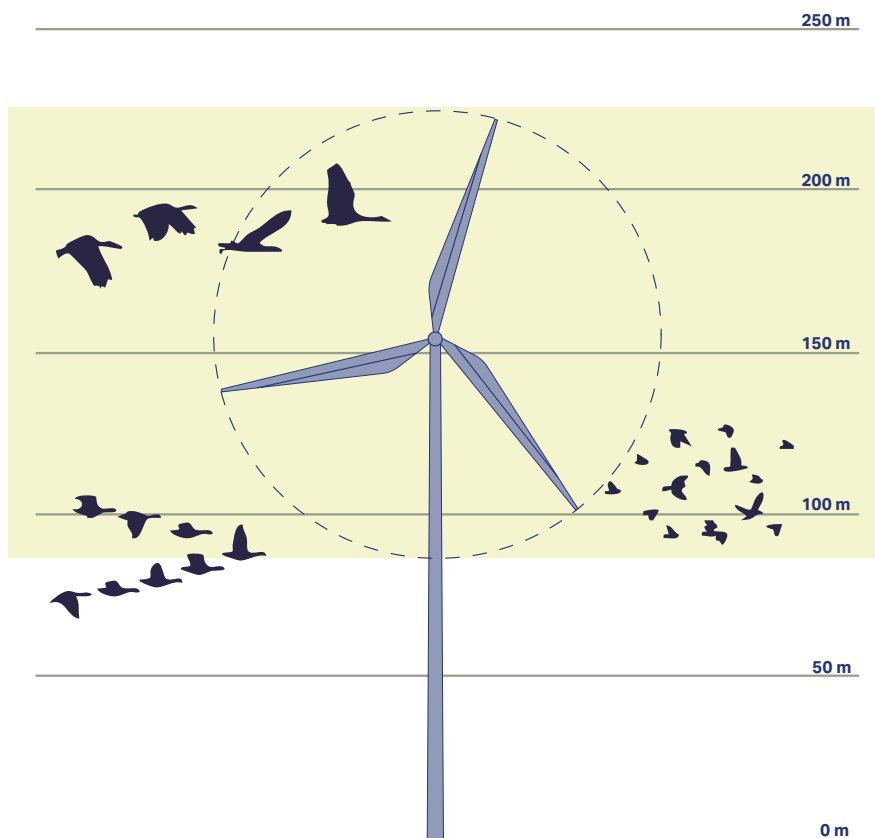
- 1 (weinig risico voor aanwezigheid gevoelige soorten)
- tot 33 (hoog risico voor aanwezigheid gevoelige soorten)

Sovon Gevoeligheidskaart niet-broedvogels en windturbines

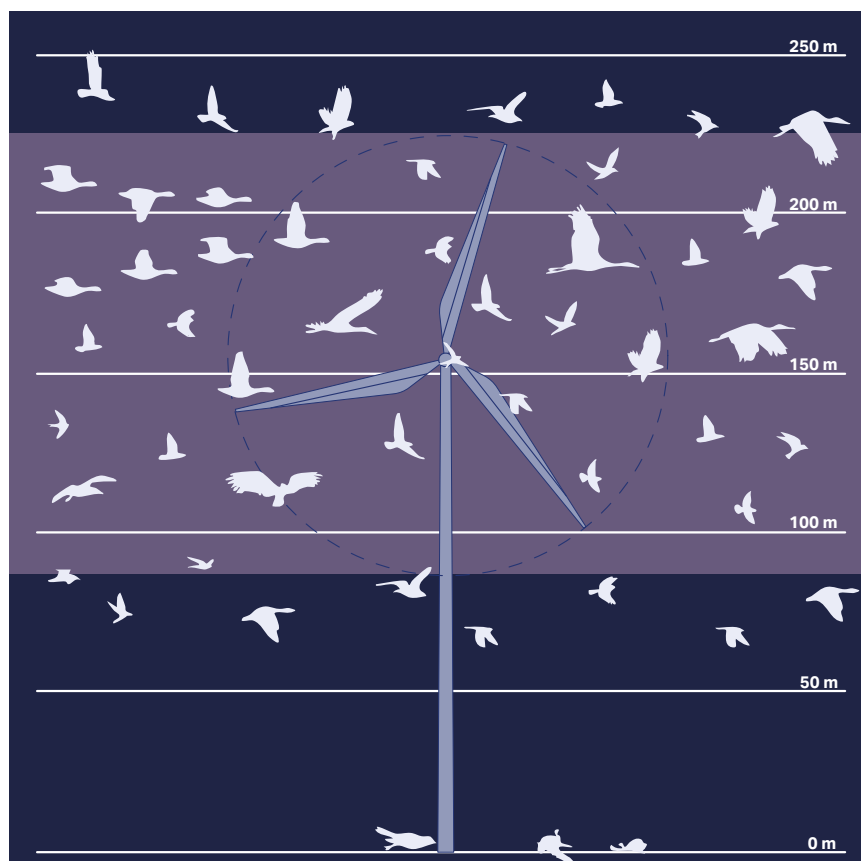


Treksterkte

- 1 laagste treksterkte
- 5 hoogste treksterkte (sterk gestuwde trek)



Vogelvluchten overdag (in zwermen of in groepen), de gele zone is de gevaarlijke zone



Vogelvluchten in de nacht (individueel) (illustraties geïnspireerd op artikel in het NRC (Venhuizen, 2024))

Dit zijn de belangrijkste slachtoffers van windmolens:

1. Trekvogels

- **Voorbeelden:** Spreeuwen, ganzen, kraanvogels, zwanen, en duiven
- **Risico:** Trekvogels die lange afstanden afleggen, vooral tijdens de migratie, kunnen in de buurt van windmolenparken terechtkomen. Dit is vooral een probleem bij windmolenparken die langs belangrijke migratieroutes. De meeste vogels trekken 's nachts. De atmosfeer is dan rustiger en er zijn geen dagactieve roofdieren. De vogels vliegen 's nachts veelal individueel. Sommige vogels maken overdag gebruik van de onrustige atmosfeer waarin thermiek ontstaat waarop ze kunnen zweven. Ze vliegen over het algemeen wat lager dan de vogels 's nachts. Ook vliegen vogels in het najaar vaak extra laag vanwege de harde tegenwind. Die zou op grotere hoogte nóg harder zijn.
- Zo bleek in 2022 uit een internationale analyse in Journal of Applied Ecology (Gauld & Silva, 2022) dat tientallen grotere Europese broedvogelsoorten gemiddeld op maar liefst 14 procent van hun route over land het risico lopen om tegen een windturbine te botsen. Op 9 procent van de route vormen hoogspanningskabels het gevaar. Welke soorten kwetsbaar zijn verschilt van plek tot plek, maar sommige soorten hebben pech: onder andere lepelaar, wilde zwaan, kraanvogel en ooievaar hebben langs vrijwel hun gehele route botsingskansen.

2. Roofvogels

- **Voorbeelden:** Buizerd, slechtvalk, havik, en vis- en zeearend, uil, wespendif, torenvalk, sperwer
- **Risico:** Roofvogels jagen vaak op prooi met zicht gericht op beneden, zgn. bidden (mondelinge mededeling Henk Sierdsema). Wanneer ze in een duikvlucht zitten kunnen ze moeilijk de rotorbladen ontwijken. Daarnaast kunnen grote roofvogels zoals de zeearend in de buurt van windmolenparken komen, waar ze mogelijk in de wieken terechtkomen. De impact bij van sterfte bij vogelsoorten met een lage reproductie (grotere soorten) is groot op de populatie van deze soorten.

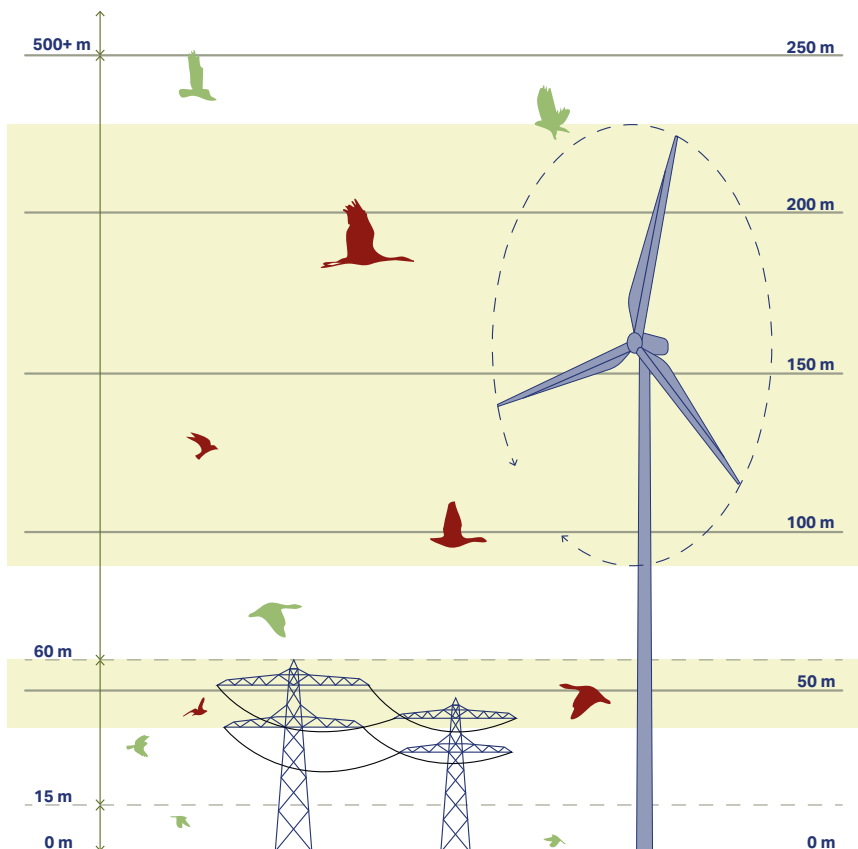
3. Kleine zangvogels

- **Voorbeelden:** Spreeuwen, mussen, lijsters, en vinken
- **Risico:** Kleine vogels, zoals zangvogels, die groepsgewijs vliegen of migreren, lopen het risico in windmolenbladen terecht te komen. Deze vogels vliegen vaak in grote zwermen, wat hun risico vergroot. Als kleinere vogels de rotorbladen hebben overleefd, zorgt de turbulentie achter de windmolen voor levensgevaarlijke situaties.

Bosvogels en struweelvogels hebben minder last van windmolens, omdat deze vogels lager vliegen en gebruik maken van de bosranden en de bosdelen. De open plekken worden vermeden.

In Frankrijk wordt onderzoek gedaan naar de verschillende vlieghoogtes en de vogelsoorten in combinatie met bestaande windmolens. Men onderscheidt:

- Vogels die op bodem leven (1-15 m aan de voet van de mast): bijv. fazant
- Vogels die rond de mast vliegen (15-60 m): bosvogels, struweelvogels
- Vogels die tussen de molens vliegen (70-500 m)
- Vogels die zeer hoog vliegen (>500 m)



Hoogspanningsleidingen geven nog meer vogelslachtoffers



Maatregelen ter voorkoming van botsing

Voor dit projectgebied zou een dergelijk onderzoek nuttig zijn om op voorhand te weten welke vogelsoorten in welke periode van het jaar letterlijk in het zog van de windmolens komen, om het programma van eisen van de turbine aan te scherpen (de hoogte van de mast en de lengte van de rotor, aanvullende maatregelen) en het draaiprogramma van de molen te bepalen (de periodes van stilstand).

Maatregelen om vogelsterfte door windmolens te verminderen:

■ **Locatiekeuze:**

Windmolenparken worden vaak vermeden in gebieden die belangrijk zijn voor vogelmigratie of in gebieden waar zeldzame of bedreigde vogelsoorten zich bevinden. In Frankrijk zijn richtlijnen opgesteld om tussen de lijnvormige opstelling van de windmolens ideale corridors te ontwerpen, die door vogels en vleermuizen juist gebruikt gaan worden (Gaultier, Marx, & Roux, 2019). Duidelijke maatvoering van deze corridor is niet aangegeven. Bij molens met een tiphoogte van 226 meter is de onderlinge afstand minimaal 3* de tiphoogte. Deze ruimte zou ingevuld kunnen worden als corridor, mits de maatvoering ervan aansluit op het ecosysteem van de aanwezige fauna.

■ **Technologische oplossingen:**

Er zijn technologieën ontwikkeld om het risico voor vogels te verminderen, zoals radar- en camera-gestuurde systemen die vogels detecteren en turbines tijdelijk stilzetten of een afschrikkend geluid op afstand produceren, zodat vogels hun koers verleggen.

Eén voorbeeld is het windpark Krammer en in een windpark op Oostflakkee in het Krammer-Volkerak. Hier zijn detectiesystemen ontwikkeld, dat de naam 'dt-bird' draagt. Als een zeearend in de buurt vliegt, wordt er een geluid uitgezonden dat het beest waarschuwt. Vliegt de roofvogel tóch door, dan wordt de windmolen stilgezet.

In Nederland is het systeem van Robin-radar ontwikkeld (Radar Observation of Bird Intensity) juist om aanvaringen van vogels met vliegtuigen te voorkomen. Dit geïntegreerd radar- en camerasysteem wordt vooral in de VS gebruikt om vogelpatronen te monitoren en daarna de windmolens stil te zetten (Robin Radar Systems, sd).

■ **Windturbine shutdown:**

Het periodiek stilzetten van windmolenparken in de periode waarin de kans op aanvaringen het grootst is (bijvoorbeeld in de eerste maanden van het jaar).

■ **Aanpassing van het ontwerp:**

Sommige windmolens zijn ontworpen met meer zichtbare bladen, zoals markeringen of reflecterende oppervlakken, zodat vogels de molens beter kunnen zien en vermijden (zie hoofdstuk kleur) of met een constant geluidseffect (voor kleinere vogels) of een eenmalige akoetische waarschuwing (voor grotere vogels).

	Status	Licht jachtgebied	Licht vliegroute	Verblijfplaats		Afstand	Vliegroutes		Jachtgebied		
Baardvleermuis	Z					1-10 km					
Watervleermuis	A					1-20 km					
Meervleermuis	Z					1-30 km					
Franjestaart	Z					1-10 km					
Ingekorven vleermuis	ZZ					1-10 km					
Gewone dwergvleermuis	A					1-15 km					
Ruige dwergvleermuis	VA					1-20 km					
Rosse vleermuis	VA					1-40 km					
Laatvlieger	A					1-20 km					
Tweekleurige vleermuis	ZZ					1-30 km					
Grootoorvleermuis	VA					1-5 km					
Grijze grootoorvleermuis	ZZ					1-5 km					

Schematisch overzicht van de 12 meest voorkomende Nederlandse vleermuissoorten en hun landschapsgebruik. Legende: A = algemeen in Nederland, VA = vrij algemeen, Z = zeldzaam, ZZ = zeer zeldzaam.

Verder wordt per soort aangegeven of ze gevoelig zijn voor licht, of ze hun verblijfplaats in bomen of gebouwen kiezen, wat hun homerange is, of hun vliegroutes structuren volgen of ook door open gebied lopen en welk typen jachtgebied hun voorkeur heeft (na Limpens et al., 2004).

4.3 VLEERMUIZEN EN WINDMOLENS

De meeste vleermuizen navigeren via echolocatie. Vleermuizen gebruiken beplantingselementen als oriëntatie en als jachtgebied. Bossen en bosranden vormen een ideale biotoop voor verschillende vleermuissoorten (zie tabel).

Vooraf in Duitsland worden veel onderzoeken gedaan naar de effecten van windturbines in bestaand bos op de populaties van vleermuizen. Men kijkt daarbij naar diverse foeragerende vleermuizen, vleermuizen die op jacht zijn boven de boomtoppen die direct met de wieken in aanraking kunnen komen, maar ook vleermuizen die onder die toppen blijven om voedsel te verzamelen. Die 'ondertoppers' blijken de locaties van de windturbines tot een afstand van 450 meter vanaf de windmolen vermijden (reductie van 50% van de activiteit in de zomermaanden) (Schrauwers, 2022).

Vleermuizen gaan niet hoog de lucht in om te jagen als het te hard waait en gaan ook niet vliegen als het regent. Maar migrerende vleermuizen die zich bijvoorbeeld verplaatsen van slaapplek naar een plek om te jagen, vliegen ook op grotere hoogte. Zowel voor jagende en migrerende vleermuizen is er overlap tussen windmolenhoogtes en vlieghoogtes.

Windturbines hebben de verschillende effecten op de biotoop voor vleermuizen:

- **Aantrekkingskracht van windmolens:**

Deze bestaat uit de aanwezigheid van insecten en insecten slachtoffers bij de windmolens (zie hoofdstuk 4.1). De windturbine kan voor vleermuizen een aantrekkelijk jachtgebied vormen. Vleermuizen gebruiken de molens mogelijk voor echolocatie, om prooien op te sporen (Venhuizen, 2024). Ook trekt het rode lichtbaken op de windturbines de vleermuizen aan (Voigt, Rehnig, Lindecke, & Pëtersons, 2018). In het hoofdstuk verlichting 4.5.2. komen we hierop terug.

- **Botsingen met de rotorbladen:**

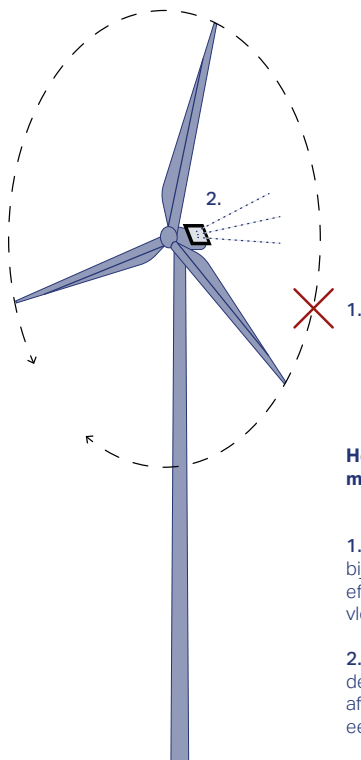
Dit is waarschijnlijk de meest bekende impact. Vleermuizen kunnen door de draaiende bladen van de windmolens worden geraakt, wat leidt tot verwondingen of sterfte. Vooral bij bepaalde soorten, zoals de gewone dwergvleermuis of de grootoorvleermuis, komt dit voor. Het probleem is vaak het grootst in de overgangsseizoenen (vooral in de lente en in de nazomer en de herfst), wanneer vleermuizen vaak migreren of op zoek zijn naar voedsel.

- **Veranderingen in het ecosysteem:**

Windmolens kunnen ook invloed hebben op het lokale ecosysteem. Bijvoorbeeld, door veranderingen in de windpatronen in een bos die van invloed zijn op de verspreiding van insecten. Als het voedselaanbod voor vleermuizen verandert, kan dit de vleermuizenpopulaties beïnvloeden.



GEWONDE VLEERMUIS DOOR WINDTURBINE



Het voorkomen van botsingen met windturbines door vleermuizen

1. **Inperking:** het uitschakelen van turbines bij lagere windsnelheden. Dit is een zeer effectieve methode om botsingen met vleermuizen te voorkomen.
2. **Ultrasonische afschrikmiddelen** zenden desoriënterende geluiden uit om vleermuizen af te schikken. Dit kan voor sommige soorten een nuttige strategie zijn.

Maatregelen ter voorkoming van botsingen

■ **Barotrauma:**

Barotrauma (beschadiging door drukverschillen) is een ander risico voor vleermuizen in de nabijheid van windmolens. Vleermuizen die naar hogere plekken in de lucht stijgen om te jagen, kunnen een grotere kans hebben om barotrauma op te lopen. Soorten zoals de rosse vleermuis en gewone - en ruige dwergvleermuis, die vaak in open luchtruimen jagen, zijn vaker slachtoffer van deze schade. Barotrauma kan optreden wanneer vleermuizen snel door het gebied met draaiende bladen vliegen, waarbij de drukverschillen hun longen of inwendige organen beschadigen zonder dat er een directe botsing is.

■ **Gedragsverandering:**

Sommige vleermuizen kunnen reageren op de aanwezigheid van windmolens door hun gedrag te veranderen. Vleermuizen kunnen proberen hun vliegroutes te veranderen om de windmolens te vermijden. Hierdoor worden ze gedwongen om minder optimale jachtgebieden te gebruiken. Langere vliegroutes kosten meer energie, en beïnvloeden hun overlevingskansen, vooral als het gaat om soorten die afhankelijk zijn van specifieke habitatkenmerken voor hun voortplanting en jacht.

Sommige vleermuissoorten die voornamelijk in dicht bos of lager bij de grond jagen, zoals de laatvlieger of bosvleermuis, lopen minder risico. Deze soorten houden zich vaak aan de beschutte, dichter begroeide gebieden van het bos en vermijden de hogere luchtlagen.

Er wordt steeds meer onderzoek gedaan naar manieren om de negatieve effecten van windmolens op vleermuizen te minimaliseren. Dit kan bijvoorbeeld door windmolens te plaatsen in gebieden waar weinig vleermuizen actief zijn. Door monitoring van vleermuizen kunnen risicogebieden vroegtijdig geïdentificeerd worden.

Het aanpassen van de snelheid van de molens verkleint de kans op negatieve effecten in bijvoorbeeld de paringsperiode van juni tot september en in de nachten met lagere windsnelheden (Guest, et al., 2022).

Ook voor vleermuizen zijn stilstandvoorzieningen ontwikkeld die als zeer effectief gezien worden. Vooral bij lage windsnelheden zijn de risico's hoger, omdat vleermuizen dan hoger gaan vliegen. Bij hogere windsnelheden en slechte weersomstandigheden gaan vleermuizen niet vliegen.

Akoestische waarschuwingen in het ultrasone spectrum kunnen bepaalde vleermuissoorten afschrikken.



4.4 OVERIGE ZOOGDIEREN EN WINDMOLENS

Er is beperkt specifiek onderzoek beschikbaar naar de effecten van windturbines op zoogdieren in bosrijke gebieden. De beschikbare studies richten zich voornamelijk op vogels en vleermuizen. Het rapport "Nota effecten windpark op Kloosterbos Wachthebeke", concludeerde dat windturbines geen of een verwaarloosbaar effect hebben op zoogdieren en andere op de grond levende soorten op basis van onderzoek in Duitsland (Grontmij, 2010).

Langdurig onderzoek (1998 – 2001) in Duitsland heeft uitgewezen dat windturbines geen of een verwaarloosbaar effect hebben op zoogdieren en andere op de grond levende soorten. Meer specifiek werd in opdracht van een landelijke jachtvereniging onderzoek verricht door de Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover in Nedersaksen op de effecten van windturbines op ree, haas, vos en patrijs. De dichtheden van de populaties in de gebieden met turbines en de controlegebieden zonder turbines bleken even hoog te zijn, ook in de directe omgeving van de turbines. Ook bleek een hoge mate van gewenning aan de turbines op te treden.

Daarnaast komen er nog een aantal avond- en nachtactieve soorten voor (Egel, muizensoorten) en dieren die vooral een ondergronds leven leiden (Mol, muizen). Ook voor deze groepen worden geen negatieve effecten verwacht, door het ontbreken van slagschaduw en het laag bij de grond voortbewegen. Sommige ervan doen ook een winterslaap; gezien er in de lente- en zomerperiode geen slagschaduw zal optreden in het bos (zie hoger) zullen zij zelden of nooit slagschaduw opmerken.

De effecten op de das is in de literatuur verschillend beschreven. De das schijnt zeer gevoelig te zijn voor de ondergrondse trillingen van de windturbine. Dit kan hun gedrag verstoren of hen uit hun territorium verdrijven. Maar dat wordt in andere onderzoeken ook weer ontkend. Gedegen onderzoek is hier noodzakelijk.

De bouwfase van de windturbine levert wel grote stress op bij zoogdieren. Belangrijk is om deze fase zo compact mogelijk in tijd en plaats te houden en buiten de broedseizoenen en buiten de voortplantingsseizoenen van zoogdieren. Het meest cruciale tijdvak voor de das is bijvoorbeeld van februari tot juli, wanneer er jonge dassen op de kraamburcht aanwezig kunnen zijn. Bij de locatiekeuze van de windmolen is het van belang om gevoelige habitats en plaatsen waar zeldzame of beschermde zoogdieren leven te vermijden.



GEVAARLIJKE CAPRIOLEN TER VERKOMING VAN BOTSINGEN VAN GROTERE VOGELS MET ROTORBLADEN



MOCK-UP PICTURE IN KADER VAN ONDERZOEK NAAR MAATREGELEN TER VERKOMING VAN BOTSINGEN, UK

4.5 MINIMALISERING VAN NATUURIMPACT IN DE VORMGEVING VAN DE WINDTURBINE

4.5.1. Kleurstelling

De meeste windturbines zijn wit tot licht grijs in de kleur RAL 9001, RAL 9003, RAL 9010 RAL 9016 en RAL 7035. Deze kleuren zijn vastgesteld in de Staatscourant van 16 juni 2020. Deze kleuren zijn bepaald onder meer door de luchtvaart. Eén lichte molen is van bovenaf goed zichtbaar op het aardoppervlak. Wit wordt ook vaak gebruikt omdat metaal en andere materialen slecht tegen warmte kunnen (vervorming), en dan snel verouderen. De witte kleur verlengt dus de levensduur van de installatie.

Ook denkt men dat de witte kleur een esthetische keuze is: witte windturbines vallen minder op in het landschap, maar blijven wel zichtbaar. Dat vaak voor een voet gekozen wordt met een gradiënt van groen naar wit, is om de windmolen visueel in het landschap te vervagen.

Wit is voor vogels vaak onzichtbaar. Op basis van onderzoek naar de manier van kijken van vogels, is men tot een oplossing gekomen om één rotorblad zwart maken. Eén zwarte wiek per windmolen verlaagt de motion smear (bewegingsonscherpte). Dit leverde 71,9 % minder slachtoffers op bij een experiment in Noorwegen op de Smola Windfarm (May, Nygard, Falkdalen, Aström, & Hamre, 2020). Dit windpark is 18 km² en bestaat uit 68 windturbines.

Onderzoek van een zwart rotorblad van een windmolen in Eemshaven door bureau Waardenburg heeft weinig effect aangetoond, maar recentere onderzoeken in de VS geven zeer goede resultaten. Door te experimenteren met zwart/grijs en wit en andere kleuren als groen, rood en geel probeert men een optimum te vinden op de windfarms langs de oostkust.

Uit dit onderzoek volgt ook dat insecten juist door de kleuren rood en geel worden aangetrokken, waarschijnlijk vanwege de attractiewaarde van de bloemkleuren. Paarse wieken zouden minder insecten lokken, maar daarmee is het probleem niet opgelost. Insecten kunnen ook op de warmte van turbines afkomen (Venhuizen, 2024).

Het toepassen van de kleur zwart is voor insecten dus ongunstig, vanwege de warmte. In dat opzicht is een witte kleur weer een betere optie.



NACHTBEELD



HET ADLS-SYSTEEM ZORGT DAT DE RODE LAMPEN OP DE VIER WINDMOLENS IN ANGERLO AANGAAN, ALS ER EEN VLIEGTUIG OF HELIKOPTER NADERT

4.5.2. Verlichting

Windturbines worden vanwege de hoogte van het element verlicht, overdag met een wit licht en 's nachts met een rood baken.

Op objecten hoger dan 150 m dient obstakelverlichting aanwezig te zijn voor de luchtvaart, rood licht in de nacht en wit licht overdag. Dit is ook vastgesteld in de Staatscourant van 16 juni 2020.

Het witte licht heeft door te kiezen voor meer warm wit licht minder effecten op vogels en vleermuizen. In de voorschriften is niet omschreven of het warm of koud wit licht moet zijn, dus de keuze ligt voor de hand.

Het rode licht in de nacht heeft grote aantrekkingskracht op vleermuizen (Voigt, Rehnig, Lindecke, & Pëtersons, 2018). Er is de mogelijkheid om een naderingsdetectiesysteem te plaatsen. Dit ADLS-systeem zorgt voor minder hinder van het licht van een windturbine, doordat de rode verlichting op een windturbine alleen aangaat wanneer er een vliegtuig of helikopter in de buurt van de turbine is (ilent.nl, 2024).

4.5.3. Geluidsniveau reductie

Geluid van de windturbines heeft verschillende effecten op de fauna. Het moeilijk vast te stellen wat precies het effect is omdat de aero-akoestieke technologie van de turbines in een stroomversnelling zit en de onderzoeken in het veld gebaseerd zijn op verouderde technologie van de windturbines.

Innovaties aan de rotorbladen, bijvoorbeeld door middel van smart blades, en de speciale modelleringen aan de tip van het rotorblad geven minder heftige microturbulenties en veranderen het geluidslandschap rondom de turbine.

Technische innovaties in de vormgeving van de gondel geven ook weer een ander geluidslandschap. Belangrijk is om de criteria voor diersoorten nu goed te bepalen zodat de technische universiteiten de juiste geluidspectra meenemen naast de menselijke ervaringscriteria voor geluid in deze onderzoeken.

Uit onderzoek naar de invloed van geluid vanuit infrastructuur (wegen ed.) is bekend dat continu geluid een sterke invloed kan hebben op habitatgeschiktheid. Geluid vanuit infrastructuur kan ervoor zorgen dat de zang wordt overstemd en een vogel geen partner kan vinden of op een andere toonhoogte gaat zingen waardoor die minder aantrekkelijk wordt. Over dit geluidseffect bij windmolens is nauwelijks onderzoek beschikbaar.

Gericht onderzoek naar het effect van het geluid van windmolens is nodig, ook boven bos. Bij bos is het denkbaar dat de geluidseffecten verschillen tussen de seizoenen en onder en boven het kronendak. In de lente is het kronendak ook nog grotendeels kaal en zal weinig geluid geblokkeerd worden.



WINDPARK ZEEWOLDE SCHAKELT ZICH ZELF UIT BIJ NADERING VAN ZEEAREND (FOTO: DIRK VAN STRAALen)



RADARSYSTEEM WINDTURBINE ROBIN RADAR

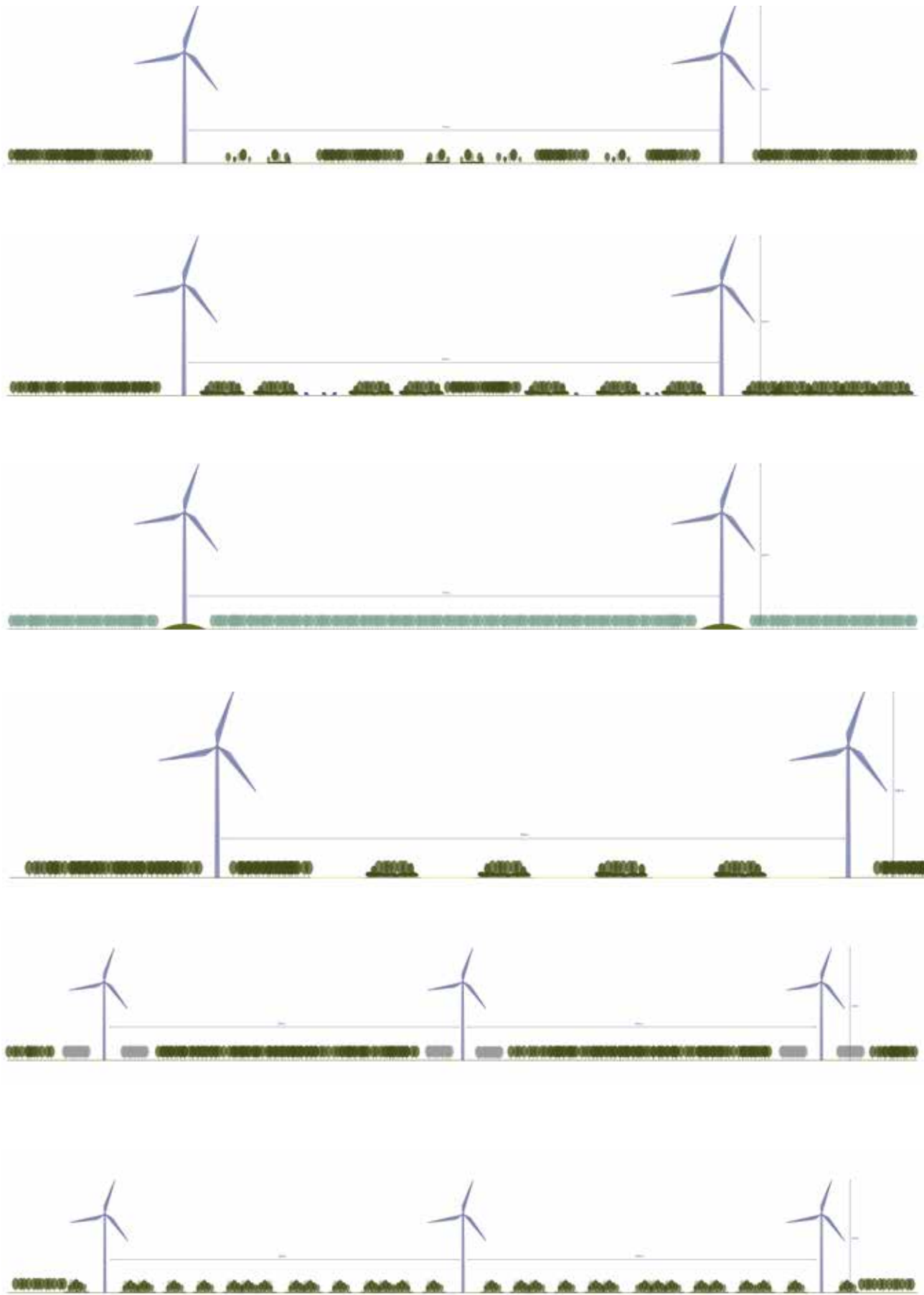
4.5.4. Stop/start principe en waarschuwingsgeluiden

Stilstandregelingen bij windmolens worden gevoed door informatie vooral uit radarsystemen in de omgeving van de molen. Een voorbeeld is het ROBIN systeem.

Veel vleermuissterfte kan worden voorkomen door de turbines automatisch stil te zetten bij lage windsnelheden. Ook zogenaamde 'batdetectoren' kunnen – mits goed opgesteld – de noodzaak tot stilstand helpen signaleren.

Vogelsterfte kan vaak aanzienlijk worden beperkt door gebruik van monitoringssystemen die de turbines stilzetten bij waarneming van veel of grote vogels.

Geluidssystemen op de molen kunnen constante waarschuwingsgeluiden afgeven bij kleine vogels of een eenmalige akoestische waarschuwing bij grotere vogels.



Diverse mogelijkheden van verschillende soorten bos in combinatie met windturbines van 226 en 150 m tiphoogte

5 | INTEGRALE SPELREGELS

WIND BOVEN NIEUW BOS

KNOPPEN OM TE DRAAIEN

Met gedegen planning en realisatie kunnen windmolens boven bos sterk bijdragen aan een serie van ruimtelijke vraagstukken, de biodiversiteit versterken, hittestress tegengaan en koolstof in de atmosfeer voorkomen, in aanvulling op hun rol in de energietransitie. Er zijn echter ook een aantal nadelen, die met een gedegen analyse, een dosis creativiteit en flexibiliteit in de verdienmodellen oplosbaar zijn. Hierbij gaat het om slimme combinaties van ruimte en gebruik, gefaseerd ontwikkelen in de tijd, en ruimhartig compenserende en mitigerende maatregelen meenemen vanaf het begin.

In dit hoofdstuk geven we spelregels aan deze planvorming.

Men kan aan de volgende knoppen draaien voor een optimaal maatwerk op één locatie.

- Ruimtelijk/esthetisch
 - zicht en geluid
 - samenhang en grootte
- Functioneel
 - verschillende soorten bos, natuurbos, klimaatbos, agroforestry, voedselbos
 - recreatieve zonering (intensief-extensief, afhankelijk van de locatie van het nieuwe bos ten opzichte van bebouwingslocaties)
- Ecologisch
 - ontwikkeling biodiversiteit, flora en fauna
 - faciliteren, compenseren en mitigeren
- Economisch
 - aanleg en exploitatie van de windturbines, onder andere het draaiprogramma
 - aanleg en exploitatie van de diverse soorten bos, agroforestry en recreatievoorzieningen
- Factor tijd op basis van levensduur windturbine (eerste en tweede generatie) en de ontwikkeling van bos

DIVERSE SCHAALNIVEAUS

Bij de planning en aanleg van windmolens boven bos moet men op 3 schaalniveaus schakelen, van hoog schaalniveau naar lager schaalniveau:

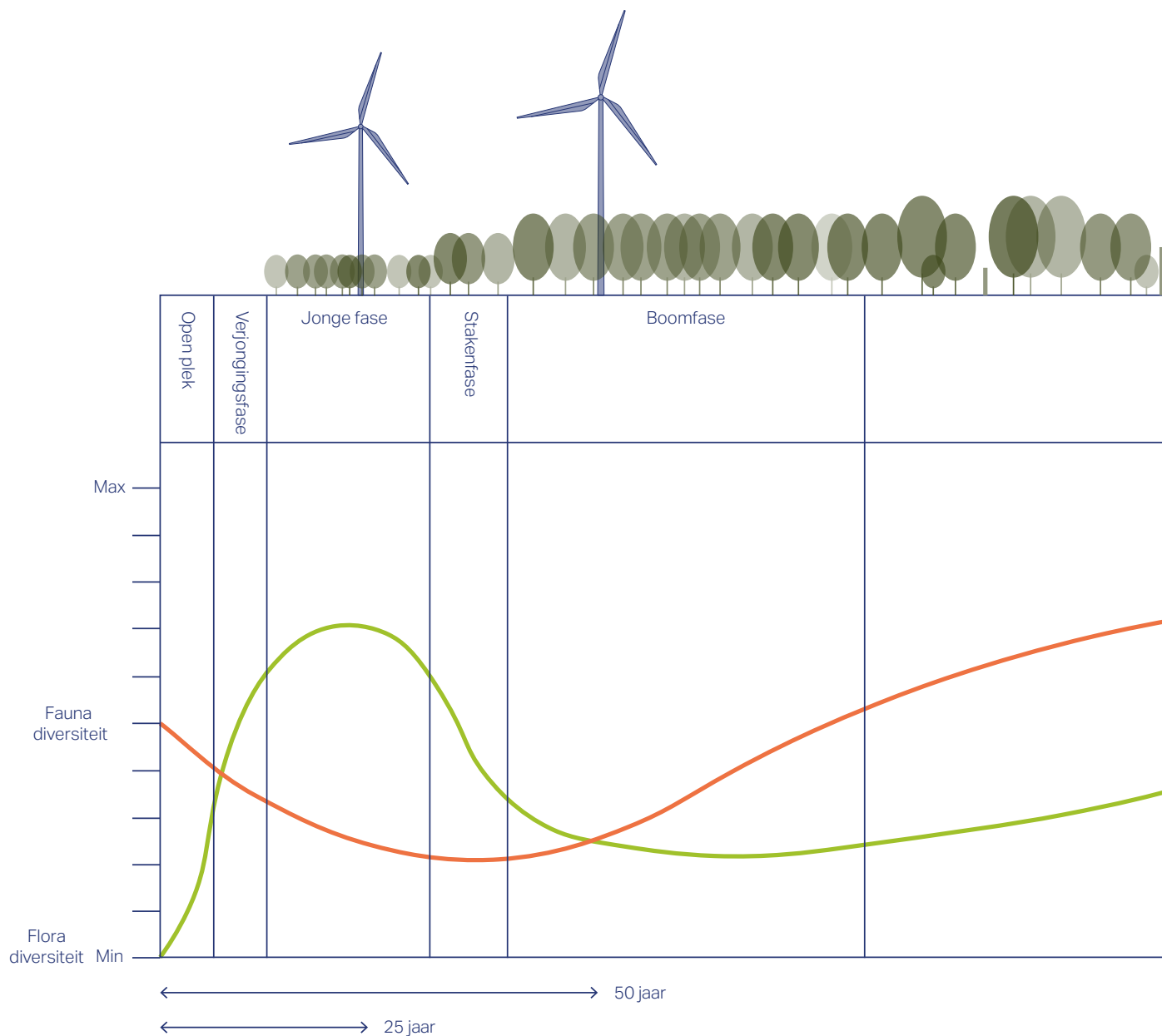
- Context van het windpark
- Locatie bepaling van de windturbine en de windturbines ten op zichte van elkaar
- De windturbine als object

TIJDSDIMENSIE

Ook moet men de tijdsdimensie van de ontwikkeling van het bos meenemen in de planning en de levensduur van de windturbines boven bos.

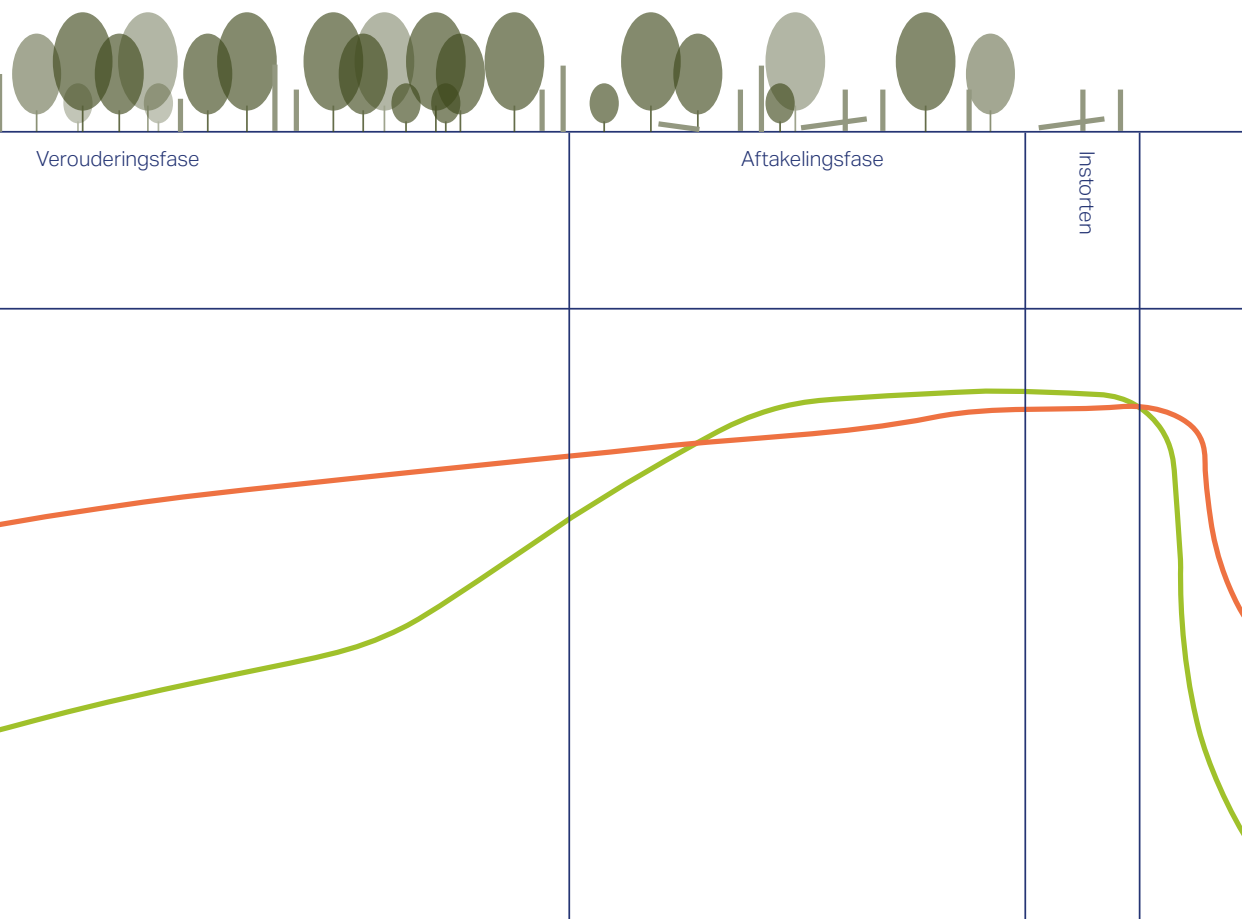
Globaal neemt men de volgende tijdsperiodes voor de opwek van windenergie in de modellen mee:

- 0-25 jaar: eerste generatie windturbine
- 25-50 jaar: tweede generatie windturbine (geheel circulair)
- 50-100/150 jaar: men vermoedt dat er dan andere vormen van energieopwek zullen zijn (mondelinge mededeling Jannes Craens).



COMBINATIE VAN WINDTURBINES EN DE VERSCHILLENDE TYPEN TE ONTWIKKELEN BOS

Nieuw bos begint met jong bos. In de aanplant fase is een meer open en kruidenrijke vegetatie aanwezig, die in de jonge fase van het bos steeds meer afneemt. Het bos gaat zich langzamerhand sluiten. Na ongeveer 10 jaar is een dicht bos ontstaan en daalt de diversiteit door gebrek aan licht in het bos. De levensduur van een windmolen overlapt bij net aangeplant bos in het begin met de relatief soortenrijke open fase van bos, waarna het bos in dichte fase terecht komt en in de meest soortenarme fase van jonge bossen terecht komt. De windmolen die hierop volgt, de zogenaamde tweede generatie windmolen, wordt geplaatst in een jong bos voor de volgende 25 jaar. Na de afschrijving van de tweede generatie molen, dus na ongeveer 50 jaar, is er een mooi volwassen bos ontstaan wat nog jaren mee kan. Voor flora- en fauna begint het bos dan weer langzaam interessant te worden. De energietransitie naar windenergie kent dus een ander tijdsritme dan de bosontwikkeling.





VOORBEELD VAN MIDDENBOS: LANDGOED VELHORST MET EIKENHAKHOUT EN OPGAANDE BOMEN



VOORBEELD VAN KLIMAATBOS

KLIMAATSLIM MULTIFUNCTIONEEL BOS

Klimaatverandering heeft ervoor gezorgd dat het belang van diverse en aan de groeiplaats aangepaste bossen nog sterker op de voorgrond is gekomen. Dit zijn thema's waaraan bosbeheerders al decennia lang werken, maar de noodzaak voor een doelgerichte aanpak is duidelijker dan ooit. Diversiteit in boomsoorten en bosstructuur beperkt de risico's op schade aan het bosesysteem sterk, doordat de kans dat er soorten en structuren aanwezig zijn die tegen een calamiteit zijn opgewassen veel groter is.

Ook kan een bosesysteem zichzelf beter aan nieuwe omstandigheden aanpassen bij een robuuste en diverse uitgangssituatie. Bij aanleg wordt gebruik gemaakt van een breed palet aan boomsoorten en herkomsten, mogelijk aangevuld met een klein aandeel nieuwe droogtebestendigere boomsoorten van elders.

Dit vereist een goede planning en diepgaand inzicht in karakteristieken van de boomsoorten. Dit levert op termijn een heel divers bos op rijk aan biodiversiteit, maar ook een prachtig decor voor recreatie en potentiële bron van het duurzame bouw materiaal hout. In het intermezzo worden de mogelijke verschillende bostypologieën aangeduid, die goed passen bij het tijdsritme van de windturbines.

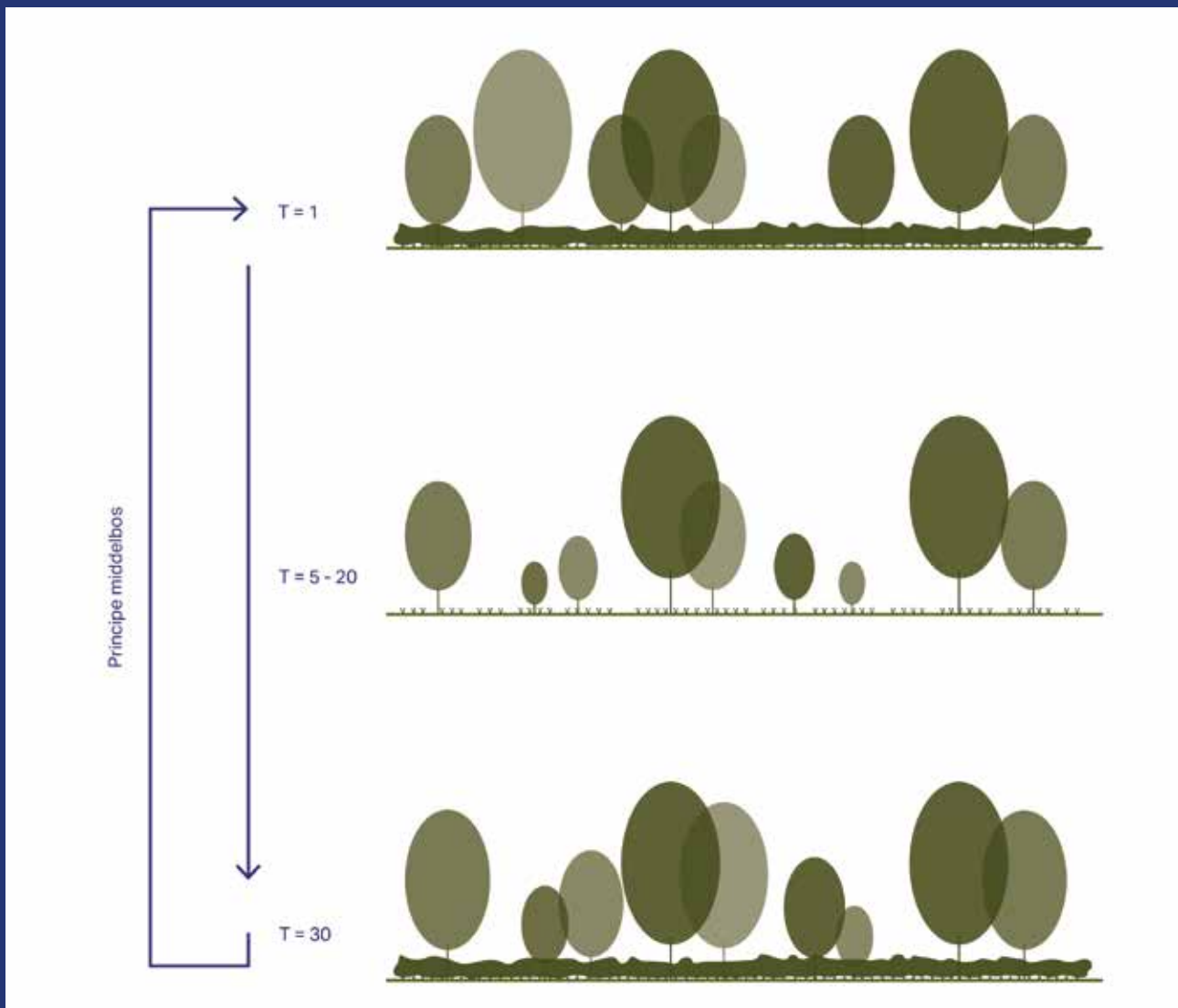
Bij agroforestry is de omlooptijd van de bosopstanden veel korter en loopt de afschrijving van de windmolen gelijk op met de oogst van het hout en de overige jaarlijkse oogsten tussen de houtopstand.



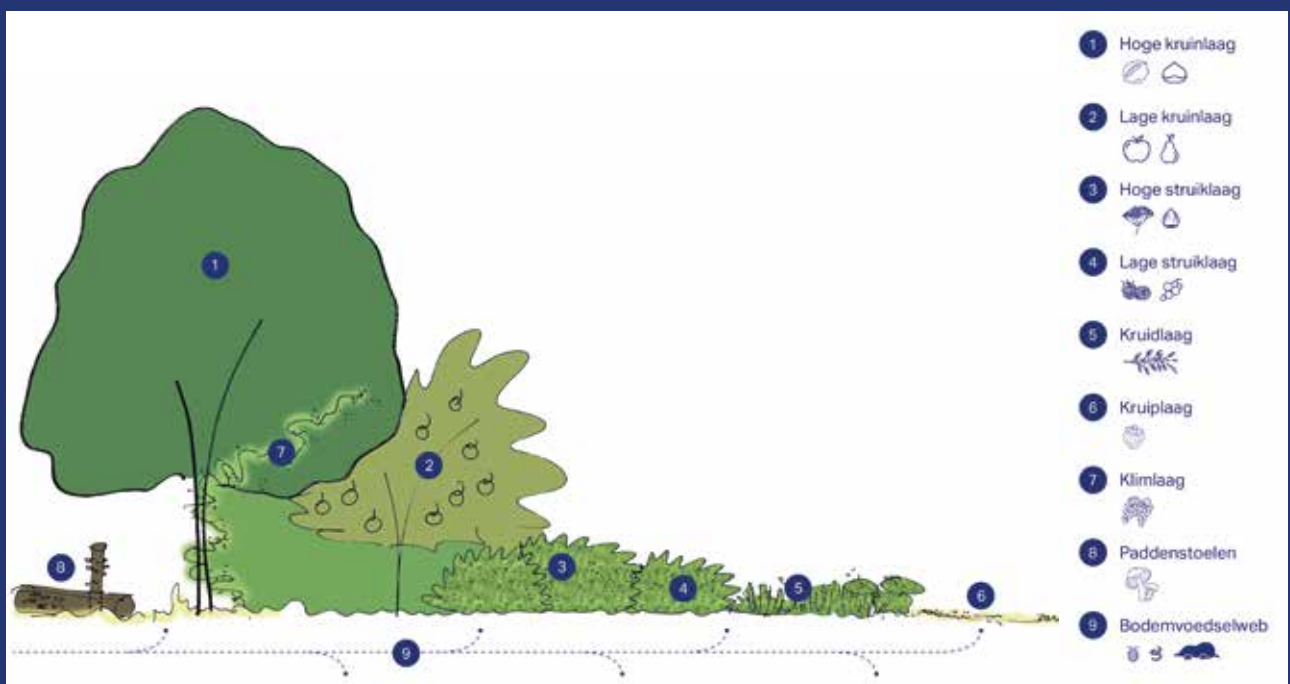
EERSTE JAAR NA AANPLANT



AFTAKELINGSFASE VAN EEN BOS



Cyclus in het middenbos



Voedselbos in lagen

INTERMEZZO: BOS TYPOLOGIEËN

in combinatie met windturbines

MIDDENBOS

Middenbos of middelhout is een combinatie van hakhout met groot uitgroeiende bomen. Een hakhoutbos is een bos met bomen die om de zoveel tijd bij de grond worden afgezet en opnieuw uitlopen, vergelijkbaar met knobomen. In een middenbos groeit niet enkel hakhout, maar worden verspreid in het bos bomen gespaard die mogen uitgroeien tot grote bomen.

Bijvoorbeeld elke 20 jaar wordt al het hakhout gekapt plus een deel van de grote bomen. In die grote bomen is een variatie van leeftijden aanwezig met bijvoorbeeld 40 bomen van 30 jaar oud, 20 bomen van 40 jaar, 10 bomen van 60, 5 bomen van 80 en enkele oudere bomen. De aantallen zijn sterk variabel en afhankelijk van bodem, bossamenstelling en gewenste houtproducten.

Een middenbos levert zo zowel dun hout voor stokken, stelen, palen en brandhout als dik hout voor de bouwwerkzaamheden en sluit zo aan bij de vraag van boeren van weleer. Vandaag is het systeem te arbeidsintensief voor een rendabele exploitatie en wordt het systeem in stand gehouden vanwege de hoge biodiversiteitswaarde (en ook cultuurhistorische waarde) dankzij de hoge dynamiek en afwisseling van hele lichte tot heel donkere fase.

Deze bossen kennen vaak een opvallend een rijke bosflora.

De hakcyclus van de middenbos kan worden afgestemd worden op het vervangingsmoment van een windmolen.

VOCHTIGE BOSSEN

De ontwikkeling van vochtige bossen met windmolens op donken is lucratief.

De bodem van deze bossen kan een flinke hoeveelheid koolstof vastleggen en houdt natuurlijk veel water vast. De bossen werken als een spons en beschermen en vullen op deze manier het ondergrondse reservoir van drinkwater. Boomsoorten als populier, wilg en els spelen een grote rol naast bijvoorbeeld eik, iep en kers.

VOEDSELBOS

Voedselbos is een vorm van permacultuur waar middels open bossen met brede mantelzones een rijke variatie aan voedsel in verschillende lagen van het bos wordt geteeld.

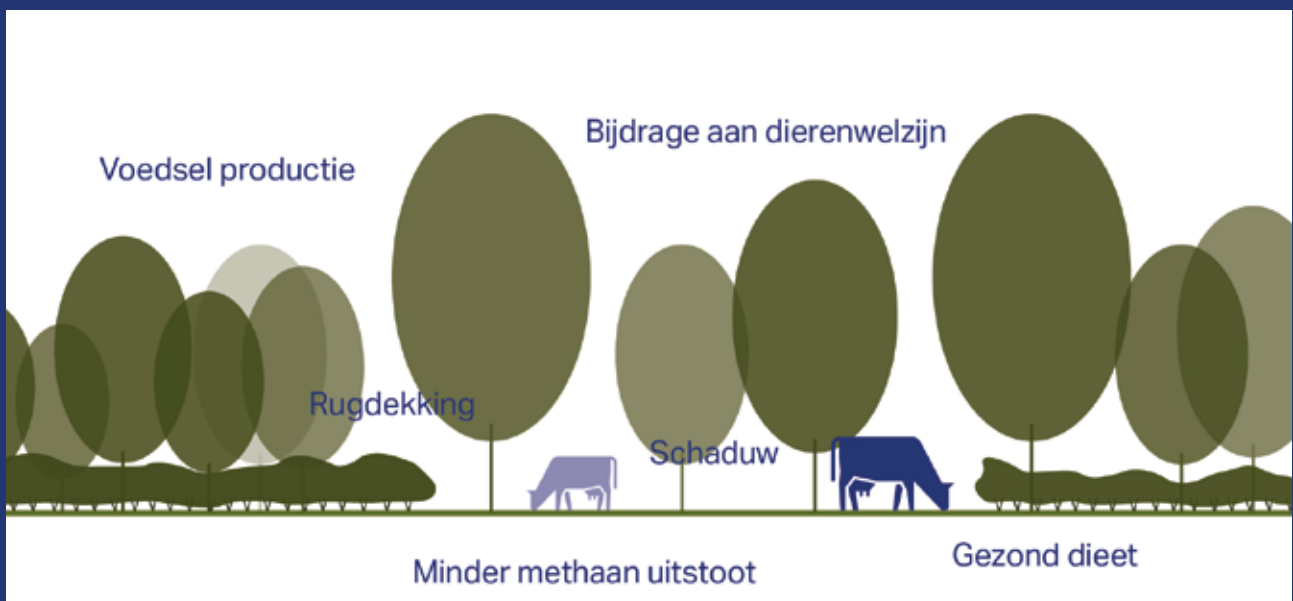
Hoewel een flink aandeel van de gebruikte soorten uitheemse boom- en struiksoorten betreft, zorgen de gelaagde en gemengde bossen voor hoogwaardig habitat voor een rijke verscheidenheid aan planten- en diersoorten.

De voedselbossen hebben veel licht nodig, en er ontstaan in het voedselbos vele open ruimten, die ingebed kunnen worden in de open ruimte die benodigd is voor de windturbine.

Voedselbos draagt bij aan de landbouwtransitie en de lokale productie van een gevarieerd aanbod aan voedsel.



VOORBEELDEN VAN AGROFORESTRY



Agroforestry: voordelen voor het vee



VOORBEELDEN VAN AGROFORESTRY MET VEETEELT EN AKKERBOUW

AGROFORESTRY

Agroforestry is de combinatie van houtteelt met reguliere landbouw. In vergelijking met voedselbos staat een overvloedige oogst die ook efficiënt kan worden uitgevoerd veel meer op de voorgrond. Vaak wordt hier beweiding of akkerbouw gecombineerd met houtproductie en/of teelt van boomvruchten.

Agroforestry staat sterk in de belangstelling omdat het mogelijkheden biedt voor verdere verduurzaming van de landbouw en ook de schaduwwerking van bomen interessant is in een droger en heter klimaat.

Snelgroeiende populierenklonen kunnen al kaprijp zijn tegen de tijd dat een windturbine vervangen moet worden.

Ook een soort als Anna Paulowna staat momenteel sterk in de belangstelling omdat die in heel korte tijd waardevol hout kan produceren. De soort is sterk droogte resistent maar wordt ook gezien als een potentieel invasieve boomsoort.

Tegenwoordig zijn er al steriele klonen op de markt van deze boom. Genoemde boomsoorten zijn snelgroeiende en minder duurzame houtsoorten en eigenlijk niet geschikt voor toepassing buiten. Ontwikkelingen in de houttechnologie (zie Accoya en Plato hout) maken deze soorten interessant voor de toekomst omdat ze dankzij de opbouw van hun hout heel geschikt zijn voor verduurzaming terwijl de productietijd kort is.



DE BOUWWEG IS DE RECREATIEVE ROUTE IN EEN WINDPARK MET JONG BOS

CONTEXT VAN HET WINDPARK

De context van het windpark boven nieuw bos moet ook gezien worden in verandering van het landgebruik, de functie nieuw bos met energieopwek ten opzichte van de huidige situatie, meestal landbouwgronden met een intensief gebruik. Door de omzetting van landbouwgrond in klimaatbossen of in agroforestry zal de biodiversiteit altijd toenemen.

Nieuw bos creëert ook op de duur nieuwe leefgebieden voor fauna en verbindingen tussen de diverse natuurgebieden in het Natuur Netwerk Brabant.

GROOT DENKEN OF KLEIN DOEN

In het zuiden van het Hart van Brabant kan men op verschillende planologische manieren het natuurnetwerk versterken. Op enkele locaties (zonder belemmeringen) kunnen door de aanleg van wind boven nieuw bos enkele cruciale verbindingen aangelegd worden, die bijvoorbeeld vermeld worden groen blauw gebiedsgerichte aanpak. Het Natuur Netwerk Brabant wordt hiermee versterkt, met clusters van 2-3 windmolens per gebied.

Ook kan de strategie van de ontwikkeling een groter nieuw bos toegepast worden, een recreatief interessant bos ter ontlasting van de bestaande natuurgebieden. Te denken valt aan de omvorming van een jonge heide-ontginning tot een klimaatbestendig bos met meerdere windturbines, eventueel in combinatie met agroforestry, als alternatief voor de bestaande intensieve landbouw (mondelinge mededeling Toine Coojmans).

Of aan het creëren van bufferzones, bestaande uit nieuwe boselementen, rondom het Natuur Netwerk Brabant.

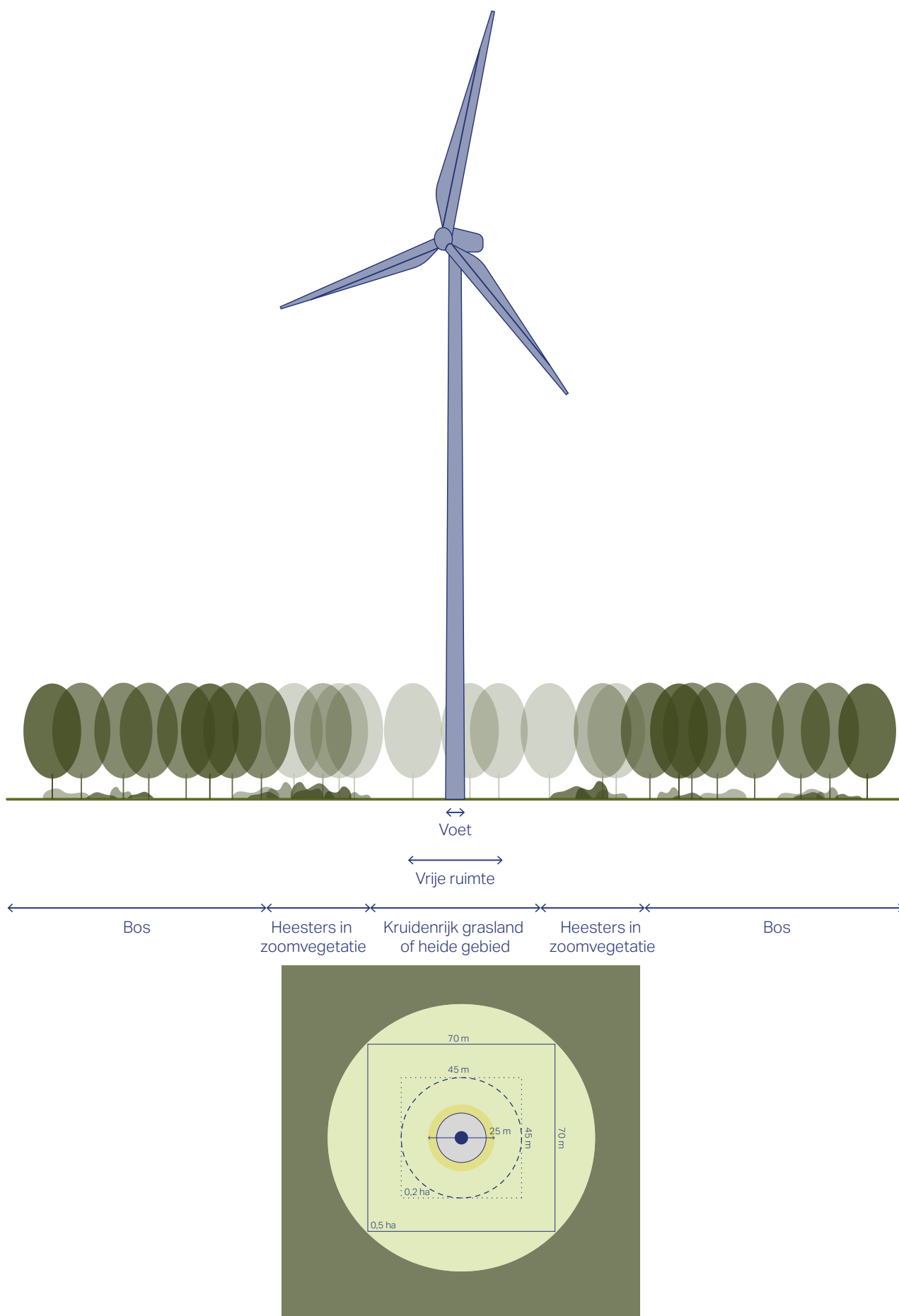
INVLOED OP POPULATIES

Deze bosontwikkelingen moeten opwegen tegen de nadelige effecten van windturbines. De populaties moeten als geheel versterkt worden. Het nieuwe bos kan ook nieuwe impulsen geven aan de leefgebieden van vogels en vleermuizen. Bij de plaatsing van windturbines boven nieuw bos zullen we de verschillende vlieghoogtes, vliegroutes en rust-, fourageer-, broed- en ruigebieden van de verschillende vogelsoorten onderzocht moeten worden in zowel de huidige situatie als in de toekomstige bossituatie. Uit dit onderzoek komen inrichtingseisen voor nieuwe bos, bijvoorbeeld de locatie van open plekken binnen het bos, de samenstelling en de dichtheid van de beplanting, de nattere plekken ten opzichte van droge hogere delen.

EISEN AAN DE WINDTURBINE VANUIT DE CONTEXT

Ook geeft dit onderzoek inzicht in de aanvullende eisen voor de windturbine, bijvoorbeeld de hoogte van de mast, de lengte van de rotorbladen en aanvullende maatregelen als kleur, beperkte verlichting, geluidssystemen en het start/stop principes.

Hoge masten met in verhouding kleinere rotordiameter zorgen bij bosontwikkeling voor een veilige zone van 0 tot 60 m boven de boomtoppen en minder turbulentie in deze zone. Dit is voor vele insecten-, vogel- en vleermuissoorten gunstig. Hogere masten kunnen dan ook beter gebruik maken van de windstromen boven de bossen. In de huidige situatie zijn hoge masten ook gewenst vanwege economische redenen.



Ruimtelijke spelregels locatie van windmolen in combinatie met vegetatie van grasland tot bos

Voor roofvogels, vogels met een lage reproductie, blijven de windturbines een gevaar. Het is noodzakelijk om bij windturbines boven bos ook een monitoringssysteem aan te brengen, wat de turbines stilzet bij waarneming van deze grotere vogels.

Het uitschakelen van de turbine bij lagere windsnelheden, in combinatie met droog weer en een bepaalde tijdsperiode is een effectieve manier om botsingen met vleermuizen te voorkomen. In het financiële rekenmodel van de windturbine zal met deze mitigerende maatregelen rekening gehouden moeten worden.

LOCATIE BEPALING VAN DE WINDTURBINE

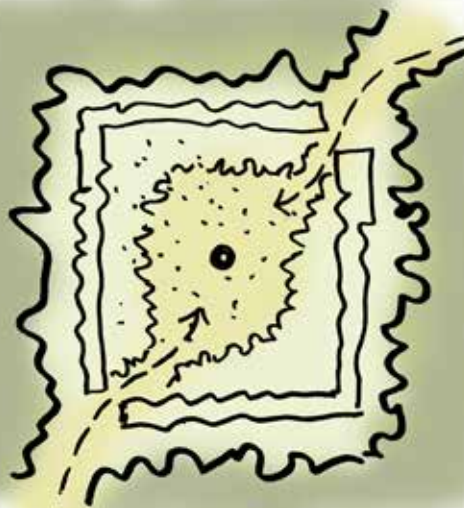
Op basis van ruimtelijke eisen voor de bouw van windturbine, de technische eisen van het elektriciteitsnetwerk, de brandweervoorschriften en bosbeheer komen we op het volgende ruimtelijke schema's voor de inrichting van de locaties van de windturbine.

Voor de bouw is maximaal 0,5 hectare noodzakelijk, een deel van ruimte kan na de bouw beplant worden met een zoomvegetatie of kruidenrijke vegetatie. Maar ongeveer 0,2 hectare rondom de voet van de turbine moet vrij blijven van opgaande beplanting. Voor de bouw van de tweede generatie windturbine hoeft dan geen bos gekapt te worden, maar kan de zoom in de cyclus van het bosbeheer in die bouwperiode afgezet worden.

De tracés van de leidingen zijn ook direct de bouwweg, de bosbeheerroute en onderdeel van een recreatief netwerk van paden in het bos. Een windmolen aan de rand van het nieuwe bos, kan een recreatief startpunt zijn, parkeerruimte is aanwezig.



RUIMTE RONDOM MOLEN IN BOSSEN IN DUITSLAND



Principe van compartimentering van de ruimte rondom windturbine



HOUTWALLEN VAN BERKEN RONDOM



KRUIDENRIJKE VEGETATIE RONDOM VOET

Rondom de windmolen is het raadzaam om de bosdelen te compartimenteren om risico van brandoverslag te verminderen. Door de molen in te bedden in houtwallen met berken of berkenstroken, in combinatie met een droge greppel worden oude middeleeuwse bosmethoden onderdeel van een hedendaags bos. Een bijkomstig effect is dat de berkenvegetatie geen hoge biodiversiteitswaarde heeft.

LOCATIE BEPALING VAN DE WINDTURBINES TEN OPZICHTE VAN ELKAAR

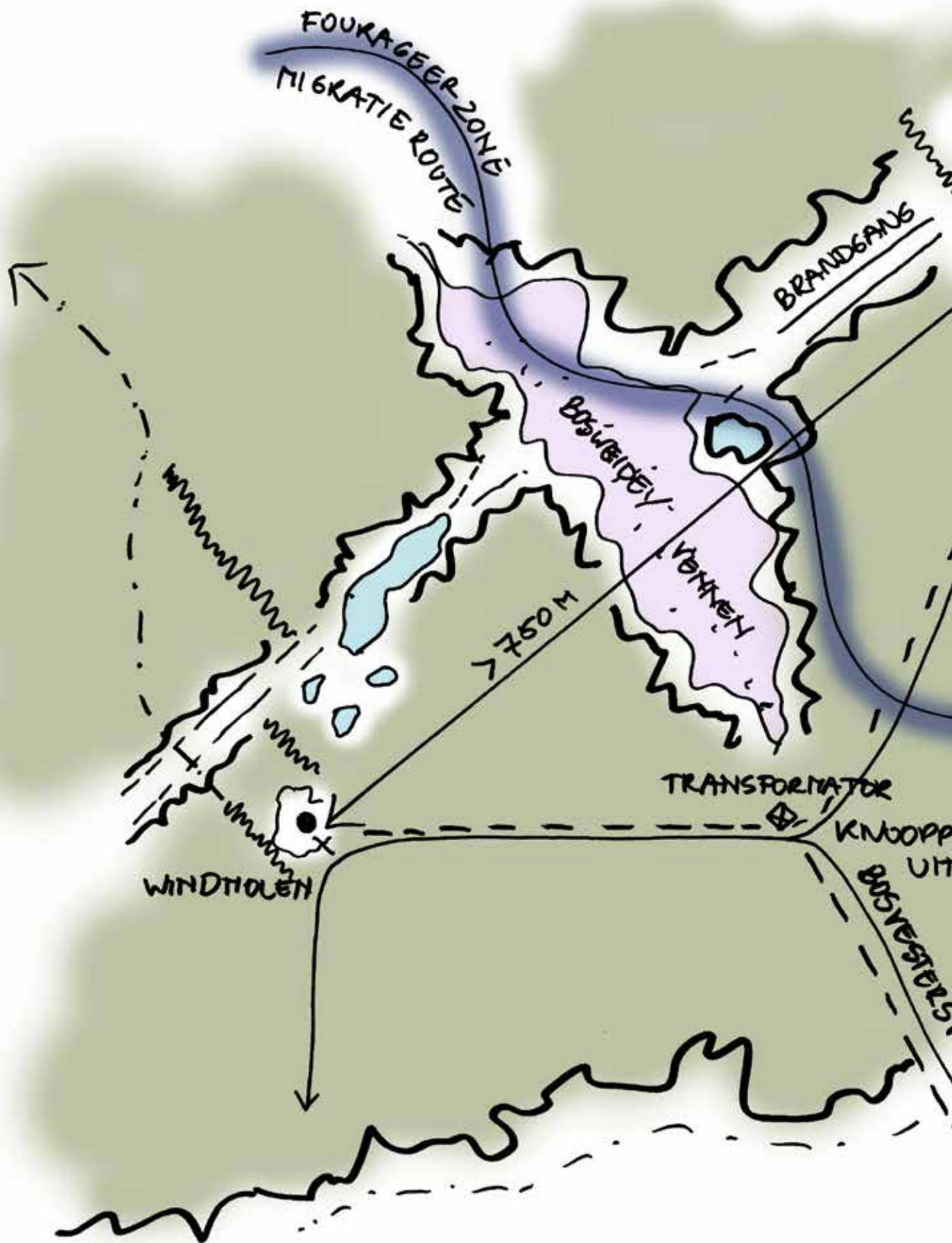
De plaatsing van windturbines ten opzichte van elkaar wordt meestal bepaald door de techniek, het aerodynamische landschap en ruimtelijke en visuele aspecten.

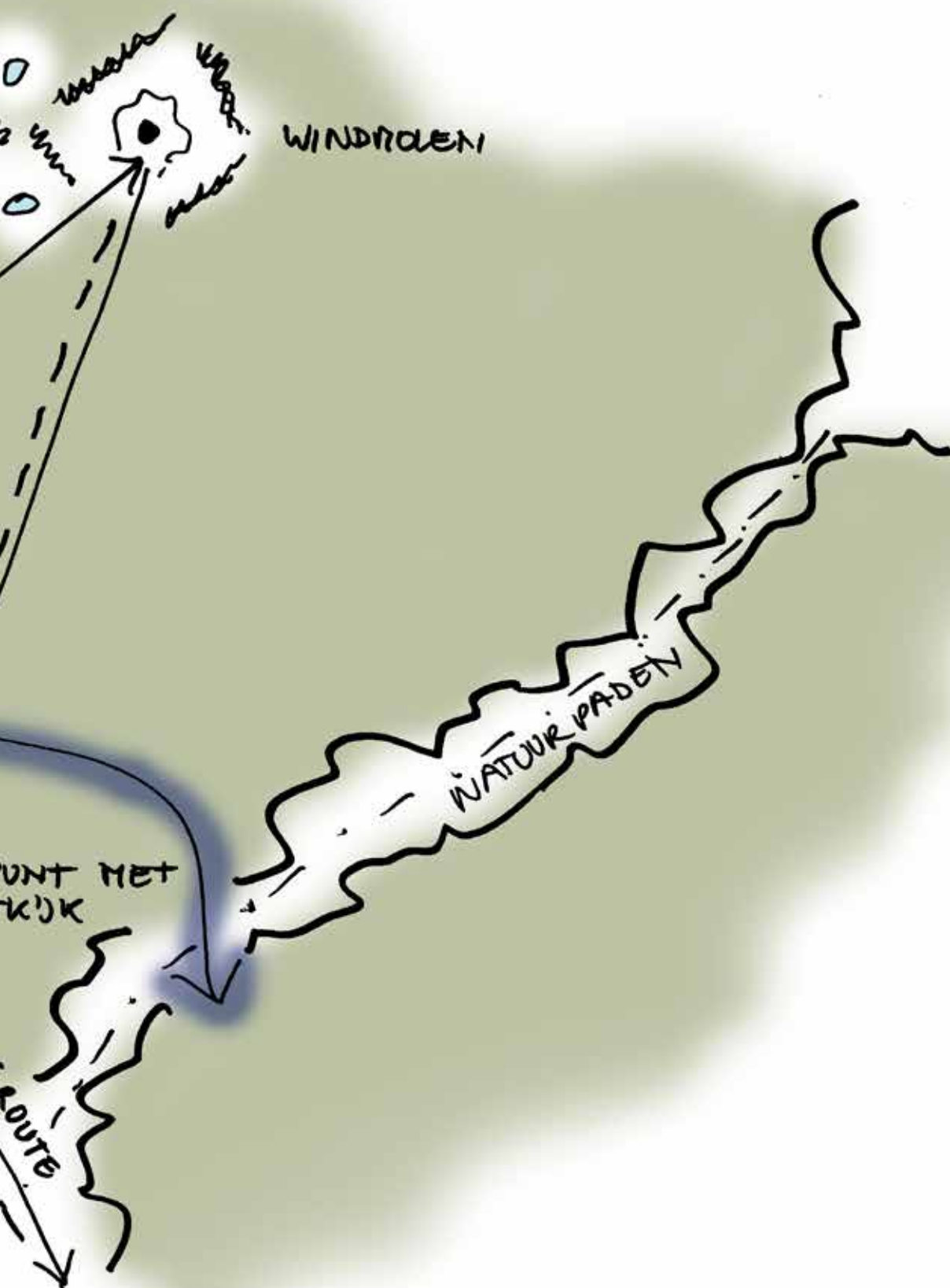
Maar de ruimte tussen de windmolens kan ook bepaald worden vanuit ecologische randvoorwaarden, gebaseerd op onderzoek naar de context van het windpark. Het gebied tussen de windturbines zelf zou voor diersoorten ontwikkeld kunnen worden als een “place to be”, zodanig dat de gebieden rondom de windmolens door die diersoorten minder interessant zijn.

In Frankrijk zijn ontwerpregels voor de zones tussen de windmolens gedefinieerd om deze gebieden tot foerageer- en migratiecorridors te maken en de ruimten rondom de molens zo min mogelijk aantrekkelijk. Zo’n principe is verbeeld in de illustratie op de volgende pagina.



**WINDMOLENPARKEN LIGGEN ENKELE KILOMETERS UIT ELKAAR VANWEGE MIGRATIECORRIDOR
(HAUTE VERCOR, FRANKRIJK)**







DE WINDTURBINE ALS OBJECT

Minimalisering van de natuurimpact in de vormgeving van de windturbine is belangrijk bij de combinatie wind boven bos. Ook daar zijn meerdere knoppen om aan te draaien afhankelijk van de locatie en de aanwezige of toekomstige diersoorten.

Aan de kleurstelling van de windturbine kan gewerkt worden, met bijvoorbeeld donkergetinte rotorbladen. De verlichting kan eenvoudig aangepast worden met een meer gunstig warm wit licht overdag. En 's nachts gaat alleen bij nadering van vliegtuigen of helikopters de rode obstakelverlichting aan.

Door middel van radar of andere detectiemethoden kunnen diersoorten in de omgeving van windturbines gedetecteerd worden. Op basis daarvan kunnen geluidsystemen waarschuwingsgeluiden afgeven in de verschillende toonhoogtes voor vleermuizen, kleinere vogels en grote vogels. Helpt dat niet, dan kunnen de windturbines tijdelijk stilgezet worden. Deze stop/start principes moeten in de exploitatieramingen van de turbines gecalculeerd worden.

BIJLAGE

VERSLAGEN INTERVIEWS

INTERVIEW JANNES CRAENS, PARTNER ENERGIETRANSITIE ENEXIS , REGIO HART VAN BRABANT

09 januari 2025

In teams

Jannes Craens houdt bij welke aanvragen voor elektriciteit en gas er in de nabije en verre toekomst komen. Netcongestie is een groot probleem.

Met de REKS regio is er onlangs de tijdlijn van de aanleg van de HUBS geïnterviewd. Hierbij werd gekeken naar de uitbreiding van de capaciteit van de stations en naar de kansen.

De middenstations (Tilburg Noord, Tilburg West en Tilburg Zuid) zullen uitbreiden op basis van wat in de toekomst verwacht gaat worden.

Vragen: Licht er in het zuiden een netwerk waar windmolens op aan te sluiten valt (ook aan de Vlaamse kant) ? Zo nee hoe te realiseren en op welke termijn? Welke locaties voor wind boven bos zijn dan het meest kosten efficiënt te realiseren.

Windmolens in het zuiden zullen straks dan aansluiten op de HS/MS station Tilburg west of op Tilburg Zuid. Tilburg zuid tussen Goirle en Tilburg is de meest logische locatie.

Hoe kortere de leidingen hoe goedkopere. Of hoe dicht bij de gebruiker hoe beter.

Bij wind boven bos is het echter de bedoeling dat het draagvlak groter is, dus zo min mogelijk bewoners of gebruikers in de buurt.

Aansluiten op het netwerk van Vlaanderen, wat duidelijk langs de grens ligt is een leuke gedachte. Het zou technisch kunnen maar kent vele juridische bezwaren.

Vragen: Is er een kaart met de windmolens aan Vlaamse zijde? Wat zijn de plannen van de Belgen in de toekomst?

Enexis heeft hierin geen inzicht.

Vragen: Samenwerking met de Belgen?

Zie antwoord hierboven.

Vraag: Over brandgevaar bij windmolens in combinatie met bos, is daar iets van bekend?

Zijn er regels ter plaatse en randvoorwaarden elders, bijv. aanvalsroutes brandweer

Enexis heeft hier geen informatie over.

Vraag: Hoe breed moeten de aanlegroutes zijn en de latere onderhoudspaden?

Het netwerk van kabels en de elementen erbij moeten goed bereikbaar zijn met een vrachtwagen. De wegen dienen verhard te zijn. Bij de windmolens is altijd een koppelpunt van leidingen wat altijd bereikbaar moet zijn met zwaar materieel.

Vraag: Vrije ruimte rondom, afstand beplanting tot mast, welk type beplanting ?

De vraag wordt beantwoord op gebied van leidingen. Het moeilijkst bij de huidige energietransitie, is het verbreden van leidingen tracés of verzwaren van deze tracés door de diep wortelende bomen. Belangrijk is om in de toekomst te zorgen dat de tracés kunnen verbreden zonder dat bomen gekapt moeten worden.

Vraag: Wat is de levensduur van een windmolen? En wat zijn dan de gevolgen voor het netwerk, wat kan men dan met het netwerk?

De levensduur van een windmolen is 25-30 jaar, dan begint het bos zich goed te vormen. Om de aanlegkosten van het tracé van de leidingen kosten efficiënt te maken is een vervanging van de molen waarschijnlijk wenselijk. Echter Enexis beslist niet dat er de aansluiting 'opnieuw' ingezet moet worden en kan daarvoor ook niemand verplichten. Het zou vanuit maatschappelijke kosten wel jammer zijn om de gerealiseerde verbinding na ~25 jaar niet meer te gebruiken of te moeten verwijderen. Zeker omdat dit dan in bosgebied zit en het niet anders ingezet kan worden.

Hou rekening mee dat dan veel ruimte nodig is om de molen weer opnieuw op te bouwen (de brede weg ernaar toe en ter plaatse van de locatie van de molen)

Bos zou dan niet moeten belemmeren, anders is kap noodzakelijk.

INTERVIEW BOSSENSTRATEGIE

PROVINCIE NOORD-BRABANT

SILKO MERGENTHAL, PROJECTLEIDER ACTIEPLAN BRABANTSE BOMEN

ROBIN VAN DIJK, TEAMLID BOSSENTEAM

13 januari 2025

In teams

Doelstelling van Brabant is 13.000 hectare nieuw bos binnen het Natuurnetwerk Brabant plus 5000 hectare (1% van Brabant) buiten het NNB. De oppervlakte buiten de NNB is op dit moment nauwelijks financieel gedekt (slechts 500 ha).

Vragen Robin: is eraan gerekend hoeveel revenu's beschikbaar zijn voor bosaanleg door de plaatsing van een windmolen? Hoeveel hectare bos kun je aanleggen met de inkomsten van één windmolen?

Het gaat dan vooral om de aankoopkosten van de grond omdat de aanlegkosten in verhouding veel minder groot zijn.

De combinatie windenergie en nieuw bos wordt al heel interessant gezien, mede omdat er nu dus onvoldoende dekking is buiten het Natuur Netwerk Brabant. Binnen het NNB zijn windmolens ongewenst en binnen de N2000 verboden. De combinatie met bestaand bos is daarmee dus heel moeilijk en zal bovendien weerstand oproepen wegens de vereiste kap van bomen voor de plaatsing van windmolens.

Wat de combinatie met bos versus andere natuur ook extra interessant maakt is dat bos bij uitstek een multifunctionele doelstelling kan hebben en dus ook bijvoorbeeld een houtproductiedoelstelling kan hebben. Het gaat dus niet enkel om het optimaliseren van de biodiversiteit, maar om het geheel. Bovendien draag zowel bosaanleg (opslag koolstof in bos en bosproducten) als windenergie bij aan doelstellingen rond het beperken van CO² in de atmosfeer. Mitigatie van de koolstof was de oorspronkelijke aanleiding voor de bossenstrategie wat nieuw bos en windenergie een extra mooie combinatie maakt.

Andere natuurtypen hebben in Brabant alleen uitbreidingsdoelstellingen binnen het NNB met als hoofdfunctie natuur. Net bij bos is die functiecombinatie er wel, wat bos beleidsmatig een logischere combinatie maakt.

Voor de provincie is het van belang dat:

- de bossen lang blijven staan
- en/of een bijdrage leveren aan duurzame producten (houtskeletbouw)

Tijdelijke bossen zijn dus ook een optie, als deze een bijdrage leveren aan koolstofvastlegging via houtproducten.

Er zijn geen wettelijke belemmeringen voor de combinatie van windenergie met nieuw bos buiten het Natuur Netwerk Brabant.

Verwerving van gronden: wordt er gekeken naar de inzet van voorkeursrecht voor de verwerving van gronden voor het plaatsen van windmolens?

Nieuw bos als bufferzone:

- Bossen kunnen wel een filterfunctie vervullen (vangen van deeltjes in de lucht, geluid)
- Als recreatiezone mogelijk

Combinaties:

- Nieuw bos met windmolens mogelijk ook in te zetten als ontsnipperingsmaatregel/evz. Maar ook hier speelt mogelijk de barrièrewerking van windmolens.
- Water vasthouden is op veel locaties belangrijk beleidsdoel, maar eigenlijk geen specifieke voorkeur voor bostype of moerasachtige bossen oid.
- Zo mogelijk biodivers, klimaatadaptief en gemengd bos. Met autochtone soorten en zonder invasieve soorten (boom op goede plek).
- Combinatie van opkweek van inheems, locatie specifiek plantsoen rond open zone rond molen? Hoger beschikbaarheid autochtoon materiaal belangrijke doelstelling provincie Noord-Brabant en er is een oppervlaktetekort bij kwekers.
- Combinatie met CO₂ certificaten
- Combinatie met drinkwaterzones (grondwater? Immers geen pesticiden in bosbeheer)

Overige tips:

- Bekijk de ontwikkelingsvisie van Brabant voor de gemeenten van Hilvarenbeek, Gilze en Rijen en Goirle
- Er zijn meer organisaties bezig met raakvlakken op dit thema. Vooral initiatiefnemers rond houtbouw. Zie bijvoorbeeld Building Balance (<https://buildingbalance.eu/>)
- Houd bij ontwerp rekening met onderhoud en vervanging van de windmolens.
- Kijk eens naar hoe ze er in België vlak over de grens mee om gaan.

Nabranders Silko Mergenthal (telefonisch op 15 januari)

Er zijn best nog veel organisaties die nog bos moeten compenseren. Deze organisaties zijn dus ook op zoek naar grond voor bosaanleg. Mogelijk kunnen hier twee dingen gecombineerd worden. Mogelijk zijn er wel kwaliteitseisen of eisen aan het bostype voor de compensatie.

INTERVIEW VLEERMUIZEN

ERIK BROER

ZOOGDIERVERENIGING

14 januari 2025

in teams

Herman Limpens is de expert op het gebied van vleermuizen en windenergie en energietransitie in het algemeen. Hij is echter tijdelijk uit de running. Erik Broer is geen expert specifiek op windenergie zoals Herman Limpens, maar werkt als projectleider binnen het vleermuizenteam en is bereid het een en ander mee te geven over wat hij weet van de combinatie vleermuizen en windenergie.

Presentatie van Erik Broer op youtube <https://www.youtube.com/watch?v=w90bAc5C8iU> (vooral over spouwmuurisolatie)

Vleermuizen en windmolens zijn een ongunstige combinatie. De combinatie nieuwe natuur met vleermuizen ziet hij als het creëren van een nieuwe leefomgeving voor vleermuizen om daar vervolgens een hakmolen boven te zetten. Het effect van het plaatsten van een windturbine kent voor vleermuizen enkel nadelen.

Wat kan werken is een stilstand voorziening voor vleermuizen. Dan is de combinatie wel mogelijk. Erik is echter behoorlijk sceptisch over de daadwerkelijke inzet ervan. De molen moet dan daadwerkelijk helemaal stil staan op het moment dat vleermuizen de hoogte in gaan. Wordt die belofte tot stilstand daadwerkelijk gehonoreerd en hoe wordt dat gehandhaafd? Van controle is op dit moment geen sprake. Wie gaat straks zeggen: „we hadden dit afgesproken”. Deze afspraak moet vooraf goed vastgelegd worden.

Vleermuizen gaan niet hoog de lucht in om te jagen als het te hard waait en gaan ook niet vliegen als het regent. Maar migrerende vleermuizen die zich bijvoorbeeld verplaatsen van slaapplek naar een plek om te jagen, vliegen ook op grotere hoogte. Zowel voor jagende en migrerende vleermuizen is er overlap tussen windmolenhoogtes en vlieghoogtes.

Vleermuizen kunnen ook indirect beschadigd worden door de turbulentie/zog van een windmolen. Vleermuizen zijn heel teer gebouwd en daardoor kwetsbaar. Dit effect wordt barotrauma genoemd en vleermuizen kunnen intern schade oplopen (imploderen in de woorden van Erik Broer) door de drukverschillen en de vliezen tussen de vingers kunnen scheuren.

Erik raadt aan te zoeken op de term NIEWHOL: Natuurinclusieve Energietransitie voor Wind en Hoogspanning op Land. Ook een hoogspanningstracé heeft trouwens invloed op de geschiktheid van een gebied voor vleermuizen, omdat het landschap doorsneden wordt en daarmee een opener gebied ontstaat wat minder geschikt is voor echolocatie.

INTERVIEW VOGELS SOVON

HENK SIERDSEMA

7 januari 2025

in teams

Henk Sierdsema vindt het gebruiken van windmolens als kostendrager voor nieuwe bos- en natuur interessant, maar niet echt wenselijk. Windmolens hebben een negatief effect op de geschiktheid van een gebied voor vogels en zolang de windmolens aanwezig zijn is er sprake van een gedegradeerd natuurgebied. Als de windmolens niet eeuwig zouden blijven staan, maar worden afgebroken wanneer ze zijn versleten staat hij er duidelijk positiever tegenover.

SOVON heeft in 2021 een Windenergie gevoeligheidskaarten en een bijbehorend achtergrondrapport gepubliceerd. Henk verwijst hiernaar voor meer informatie. Op pagina 10 t/m 11 zijn tabellen opgenomen van de gevoeligheid van de meest kwetsbare vogels in Nederland, waarin de mate van bedreiging (Rode lijst, neergaande trend van voorkomen), het aanvaringsrisico en het verstoringsrisico wordt gewogen.

Henk geeft aan dat kennis over het effect van windmolens op vogels deels gebaseerd is op vertalingen van andere onderzoek die niet over windmolens gaan (effect van geluid door infrastructuur op vogels) en ook eigenlijk steeds achter de feiten aanloopt omdat de ontwikkelingen bij windmolens zo snel gaan (toename van de omvang).

De belangrijkste effecten van windmolens zijn volgens Henk:

- de directe slachtoffers
- de invloed van het geluid
- de invloed van de aanwezigheid van een hoog element in open omgeving

Directe slachtoffers

Vooralsorten van open gebieden zijn relatief vaker slachtoffer en vogels die veel tijd in de lucht doorbrengen. Onder roofvogels, meeuwen en trekvogels vallen de meeste slachtoffers. Roofvogels worden ook slachtoffer omdat ze vaak naar beneden kijken en dus niet naar de molens. Henk betwijfelt daarom of het zwart verven van een van de wieken van een turbine voor de roofvogel effect zal hebben, ook geeft hij aan dat onderzoeken over deze maatregel sterk variabele resultaten laten zien.

Slachtoffers kunnen vallen tijdens de trek, bij het jagen op bijv. insecten, andere vogels of vleermuizen, bij het bidden, bij het gebruik maken van thermiek.

Onder echte bosvogels verwacht hij minder slachtoffers dan onder vogels van open gebied. Open gebieden zouden waarschijnlijk een slechtere combinatie zijn dan bos.

Invloed van geluid

Uit onderzoek naar de invloed van geluid vanuit infrastructuur (wegen ed) is bekend dat continu geluid een sterke invloed kan hebben op habitatgeschiktheid. Tijdelijk geluid van bijvoorbeeld een evenement heeft daarentegen vaak een verwaarloosbaar effect.

Geluid kan ervoor zorgen dat de zang wordt overstemd en een vogel geen partner kan vinden of op een andere toonhoogte gaat zingen waardoor die minder aantrekkelijk wordt.

Over dit geluideffect is nauwelijks onderzoek beschikbaar. Gericht onderzoek naar het effect van het geluid van windmolens is nodig, ook onder bos. Bij bos is het denkbaar dat het effect verschilt tussen seizoenen en onder het kronendak. Maar in de lente is het kronendak ook nog grotendeels kaal en zal het dus weinig geluid blokkeren.

Invloed van aanwezigheid van hoog element

De aanwezigheid van een hoog element heeft een direct effect op de geschiktheid van een gebied voor vogels, of dit nu geschikt is voor roofvogels om op te zitten of niet. Weidevogels houden bijvoorbeeld 200 tot 300 meter afstand van een bosrand om predatie te voorkomen.

Positieve effecten

Die zijn er niet. Een windmolen is altijd negatief voor vogels. Henk Sierdsema is niet tegen windmolens an sich en ziet het belang van windmolens voor de energievoorziening. Ook ziet hij dat een inrichting een positief effect zou kunnen hebben op het voorkomen van vogels. Dit zou ook kunnen leiden tot meer slachtoffers en toch een netto positief effect kunnen hebben op de vogelstand. Dit zijn echter lastige afwegingen. Henk benadrukt dat hij de combinatie Windmolens en nieuw bos/natuur positiever zou beoordelen als de molens tijdelijk zijn.

Leestips

- <https://www.sovon.nl/onderzoek/onderzoeksthemas/energietransitie/windenergie-gevoeligheidskaart>
- Vogels in hun domein

Henk heeft nog aanvullende gegevens aangeleverd om een koppeling te kunnen maken tussen habitattype en kwetsbare vogels.

Kust& Duin	38	0	1	3	8	5	8	6	7
Zoet water & moeras	28	0	1	3	8	5	8	6	7
Heide & hoogveen	12	0	0	1	1	3	3	3	1
Bos	17	0	0	1	2	4	4	4	2
Boerenland	37	1	0	5	6	7	7	5	6
Stedelijk gebied	9	0	0	1	1	3	1	0	3

VERSLAG INTERVIEW TOINE COOIJMANS

25 februari 2025

telefonisch

Toine Cooijmans was onderdeel van de ambtelijke stuurgroep bij het opzetten van de REKS Hart van Brabant en vertegenwoordigde daarbij Natuurmonumenten, Brabants Landschap en de BMF.

Toine heeft zo van het begin alles meegekregen en staat achter de richtlijnen voor Wind boven bos zoals die in de REKS zijn afgesproken. De genoemde natuurorganisaties zijn niet tegen wind en zon voor energieopwekking en zien die als deel van de oplossing van de benodigde energietransitie. Wel dienen windmolens op de juiste plek te komen en niet in bestaande natuur.

De volgende richtlijnen zijn ook grotendeels zo opgenomen in de REKS:

- Geen windmolens binnen het Natuur Netwerk Brabant
- Geen windmolens in bestaand bos

Want daarvoor moet bos wijken en er is genoeg ruimte elders.

“Natuur is geen klapbed dat je op de ene plek inklappt en op de andere plek weer uitklapt”.

- Niet ten koste van kleinschalig cultuurlandschap
- Niet ten koste van ongerepte natuurpanorama's.

Bijvoorbeeld geen windmolens op de rand van de Loonse en Drunense duinen, waardoor het idee van een ongerept landschap als je door de duinen loopt verstoord wordt.

Als van die principes afgeweken wordt, komen de natuurorganisaties hiertegen in actie.

De opgave voor windenergie in Brabant kan prima met inachtneming van deze kaders gerealiseerd worden. De ruimte daarvoor is beschikbaar.

Toine vindt het zoeken van kleine locaties voor windmolen geen goed idee. Hij pleit voor het zoeken van grote boslocaties zoals ook het oorspronkelijke idee was in de REKS.

Niet 2 hectare bos met een windmolen erboven, maar 100 hectare bos waarmee „verpest” Brabants Landschap opgewaardeerd kan worden. Hij denkt vooral aan jonge heideontginningen die in de ruilverkaveling verder verschaald zijn. De klimaaturgentie is groot en in Brabant zijn genoeg van zulke plekken voorhanden. Gebruik de oppervlakte bijvoorbeeld om bosverbindingen te maken. Deze insteek sluit aan bij de doelstelling van Provincie Noord-Brabant voor de ontwikkeling van 5000 ha nieuw bos buiten het Natuur Netwerk Brabant.

De insteek van Toine zou zijn om een grote artiest impression te maken van een fictieve heideontginning en hoe je die een kwaliteitsimpuls kan geven met grootschalige bosaanleg. Door de schaal van die aanleg doe je ook daadwerkelijk iets aan andere doelstellingen zoals het vergroten van de biodiversiteit en bescherming van het grondwater.

BIBLIOGRAFIE

Barnard, M. (2012). Want to save 70 million birds a year? Build more wind farms. Retrieved from renew economy: <https://reneweconomy.com.au/want-to-save-70-million-birds-a-year-build-more-wind-farms-18274/>

Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., & Carbone, G. (2021). Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development. Gland: IUCN and Cambridge.

Boonman, M. (2018). Mitigerende maatregelen voor vleermuizen in offshore windparken. Culemborg: Bureau Waardenburg bv.

Byrne, E., Deasy, C., Brennan, C., Moran, J., Jacob, M., Byrne, S., . . . Browne, J. (2021). Pollinator-friendly management of wind farms. Waterford.

Deeg, J. (2022, maart 23). Veroorzaken grote wind- en zonneparken nevenschade aan het klimaat? Retrieved from EOS wetenschap: <https://www.eoswetenschap.eu/natuur-milieu/veroorzaken-grote-wind-en-zonneparken-nevenschade-aan-het-klimaat>

Desie, E., Muys, B., Casier, M., Fonteyn, W., Meerbeek, K. V., Haesen, S., Beek, E. V., Nyssen, B., Thomassen, E., Jense, W., Dassonville, N., Losseau, J., & Badamenti, L. (2024). EINDRAPPORT KLIMAATBOMEN.

Ditlev, J., & Rusch, H. (2022). Wind turbines fire protection guideline. Copenhagen: CFP Europe.

Dotinga, H. (2020, december 17). 5 vragen over windenergie en vogels. Retrieved from Vogelbescherming: <https://www.vogelbescherming.nl/actueel/bericht/5-vragen-over-windenergie-en-vogels>

Dudek, K., Dudek, M., & Tryjanowski, P. (2015). Wind turbines as overwinteringssites. The Coleopterists Bulletin .

Elshout, B. v. (n.d.). Change Inc. Retrieved from Primeur voor Nederland: de eerste windmolens in een bos: <https://www.change.inc/energie/primeur-voor-nederland-de-eerste-windmolens-in-een-bos-27941>

Gauld, J., & Silva, P. (2022, april 11). Hotspots in the grid: Avian sensitivity and vulnerability to collision risk from energy infrastructure interactions in Europe and North Africa. Retrieved from British ecological society: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1365-2664.14160>

Gaultier, S. P., Marx, G., & Roux, D. (2019). Éoliennes et biodiversité: Synthèse des connaissances sur les impacts et les moyens de les atténuer. JOUVE.

Gaultier, S., Lilley, T., Vesterinen, E., & Brommer, J. (2022). The presence of wind turbines repels bats in boreal forests. Elsevier.

GmbH, G. L. (2006). Wind turbines Fire protection guideline. Hamburg: German Insurance Association.

Guest, E., Stamps, B., Durish, N., Hale, A., Hein, C., Morton, B., . . . Fritts, S. (2022). An Updated Review of Hypotheses Regarding Bat Attraction to Wind Turbines. Basel: MDPI.

Hormann, H. (n.d.). Wind energy in the wood. Retrieved from WPD: <https://www.wpd.de/en/wind/germany/wind-energy-in-the-wood/>

Human-related Causes of Bird Mortality. (2023). Retrieved from Sibley Guides: <https://www.sibleyguides.com/conservation/causes-of-bird-mortality/>

ilent.nl. (2024). Retrieved from luchtvaartobstakels: <https://www.ilent.nl/onderwerpen/luchtvaartobstakels>

Klop, E., Jeninga, S., Kappers, E., & Kleyheeg-Hartman, J. (2024). Tussenrapportage onderzoek 'zwarte wiek' Eemshaven. Culemborg: Waardenburg Ecology.

Lambrechts, T. (2023, maart 13). Welk effect hebben windmolens op vogelpopulaties? 'De locatie van nieuwe windparken is essentieel'. Retrieved from EOS Wetenschap: <https://www.eoswetenschap.eu/natuur-milieu/welk-effect-hebben-windmolens-op-vogelpopulaties-de-locatie-van-nieuwe-windparken>

Langgemach, T., & Dürr, T. (2023). Informationen über Einflüsse der Windenergienutzung auf Vögel. Nennhausen: Landesamt für Umwelt Brandenburg.

Leroux, C., Kerbiriou, C., Viol, I., Valet, N., & Barré, K. (2022). Distance to hedgerows drives local repulsion and attraction of wind turbines on bats: Implications for spatial siting. Wiley.

Leroux, C., Viol, I., Valet, N., Kerbiriou, C., & Barré, K. (2023). Disentangling mechanisms responsible for wind energy effects on European bats. Elsevier.

Limpens, A., Lagerveld, I., Ahlén, D., Anxionnat, T., Aughney, J., Baagoe, L., . . . Schillemans, M. (2017). Migrating bats at the southern North Sea. Nijmegen: Steunstichting VZZ.

Limpens, H., Huitema, H., & Dekker, J. (2007). Vleermuizen en windenergie. Analyse van effecten en verplichtingen in het spanningsveld tussen vleermuizen en windenergie, vanuit de ecologische en wettelijke invalshoek. Arnhem: Stichting VZZ.

May, R., Nygard, T., Falkdalen, U., Aström, J., & Hamre, O. (2020). Paint it black: Efficacy of increased wind turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. Trondheim: Wiley.

Natuur en Milieufederaties in samenwerking met Natuur & Milieu. (2018). Checklist Natuurbelangen bij windenergie op land. Utrecht: Natuur en Milieufederaties in samenwerking met Natuur & Milieu.

Natuurbranden in Nederland worden heviger en slechter beheersbaar. (n.d.). Retrieved from VU onderzoek : <https://vu.nl/nl/onderzoek/natuurbranden-in-nederland-worden-heviger-en-slechter-beheersbaar>

Noord-Brabant . (n.d.). Over Brabantse bomen . Retrieved from Provincie Noord-Brabant : <https://www.brabant.nl/brabantsebomen/over/#:~:text=De%20ontwikkeling%20van%2013.000%20ha,5.000%20hectare%20wordt%20daarbuiten%20aangelegd.>

Normandeu Associates. (n.d.). Keeping the Wind at Our Backs. Retrieved from Normandeu Associates: <https://www.normandeu.com/technology-solutions/smart-curtailment/#:~:text=Turbine%20Integrated%20Mortality%20Reduction%20%28TIMR%20SM%20%29%20is,to%20curtail%20wind%20turbines%20only%20during%20high-risk%20periods.>

Onselen, van, E. (2021). Natuurversterking in windparken op zee. De Rijke Noordzee. Opale Energies Naturelles. (2017). Chapitre V : Analyse des impacts du projet sur l'environnement.

Rabie, P., Welch-Acosta, B., Nasman, K., Schumacher, S., Schueller, S., & Gruver, J. (2022). Efficacy and cost of acoustic-informed and wind speed-only turbine curtailment to reduce bat fatalities at a wind energy facility in Wisconsin. Mexico: PLOS ONE.

Rehling, F., Delius, A., Ellerbrok, J., Farwig, N., & Peter, F. (2023). Wind turbines in managed forests partially displace common birds. Journal of Environmental Management.

Ritchie, H. (2024, januari 31). How many birds do wind farms kill? Retrieved from Sustainability by numbers: <https://www.sustainabilitybynumbers.com/p/wind-power-bird-deaths>

Robin Radar Systems. (n.d.). Wind Turbines and Birds: 5 Technologies for Reducing Bird Deaths at Wind Farms. Retrieved from Robin Radar Systems: <https://www.robinradar.com/resources/5-technologies-for-reducing-bird-mortality-at-wind-farms>

Roode, S. (n.d.). Wat voor invloed hebben windmolens op de wind en het weer? Retrieved from Klimaathelpdesk: <https://www.klimaathelpdesk.org/answers/wat-voor-invloed-hebben-windmolens-op-de-wind-en-het-weer/>

RothaarWind . (n.d.). RothaarWind – Vom Hauberg zum Bürger-windpark. Retrieved from RothaarWind: <https://www.rothaarwind.de/>

Schipper, P., Buij, R., Schotman, A., Verboom, J., Jeugd, H., & Jongejans, E. (2020). Mortality limits used in wind energy impact assessment underestimate impacts of wind farms on bird populations. Wageningen: Wiley.

Schrauwers, A. (2022, juli 20). Windmolens in bossen niet fijn voor vleermuizen. Retrieved from Arno Schrauwers: <https://klimaat.arnoschrauwers.nl/20/07/2022/windmolens-in-bossen-niet-fijn-voor-vleermuizen/>

Schumacher, S. (2017). Bat Detection and Shutdown System for Utility-Scale Wind Turbines. Milwaukee: EPRI.

Sierdsema, H., Foppen, R., van Els, P., Kampichler, C., & Stahl, J. (2021). Achtergronddocument windenergie gevoeligheidskaart vogels Sovon-rapport 2021/09. Nijmegen : Sovon Vogelonderzoek Nederland 2021.

Société Royale Forestière de Belgique. (2019). L'éolien en forêt belge. Brussel: Société Royale Forestière de Belgique asbl.

Statkraft. (2024, juli 26). Natuur en biodiversiteit bij wind op land. Retrieved from Statkraft: <https://www.statkraft.nl/nieuws/2024/natuur-en-biodiversiteit-bij-wind-op-land/>

Stoof, C., Kok, E., Forradellas, A., & Marle, M. (2023). In temperate Europe, fire is already here: The case of The Netherlands. Springer Nature.

Tosh, D., Montgomery, W. I., & Reid, N. (2014). A review of the impacts of onshore wind energy development on biodiversity. Belfast: Northern Ireland Environment Agency.

UK Fire Safety Management LTD. (n.d.). Fire risk assessments for renewable energy installations. Retrieved from UK Fire Safety Management LTD: <https://www.ukfsm.co.uk/fire-risk-assessments-for-renewable-energy-installations/>

Van den Berg, L. J. L., Baeten, L., Bloem, J., Brouwer, E., Van der Burg, R. F., De Graaf, M. C. C., Verbaarschot, E., Verheijen, K., Van der Vlist, S., & Weijters, M. (2022). Naar een strategie voor ontwikkeling van soortenrijke bossen op voormalige landbouwgronden (No. Rapport nummer OBN-2020-119-NZ). Kennisnetwerk OBN.

Van Maaren, G., Jacobs, S., Velthuis, J., Kampherbeek, L., Thomassen, E., Van der Vlist, S., Teeuwen, S., & Roest, E. (2024). Vitalisering van het Nederlandse bos: Definitie, indicatoren en maatregelen. Wageningen Environmental Research, Stichting Probos, Bosgroep Midden Nederland & Bosgroep Zuid.

Vander Mijnsbrugge, K., Vanden Broek, A., Van der Aa, B., & De Cuyper, B. (2017). Advies over genetische variatie bij aanplantingen van bosplantsoen. INBO. Venhuizen, G. (2024, oktober 10). Trekvogels moeten steeds vaker laveren tussen de maaiwieden van windturbines. NRC.

Verhoeven, B., Marle, M., Hazebroek, H., Stoof, C., Siegmund, P., Brouwer, N., . . . Sluijter, R. (2023). Natuurbrandsignaal '23. Arnhem: Nederlands Instituut Publieke Veiligheid.

Voigt, C. (2021). Insect fatalities at wind turbines as biodiversity sinks. Berlin: Wiley.Voigt, C.,

Rehnig, K., Lindecke, O., & Pötersohn, G. (2018). Migratory bats are attracted by red light but not by warm-white light: Implications for the protection of nocturnal migrants. Berlin: Wiley.

Weißer, H. (2024). Relevance of Bird Strikes on Wind Turbines in Germany: A Review. Steinfurt: FH Münster.

Wieviel fläche benötigt ein Windrad? (n.d.). Retrieved from ForstBW: <https://www.forstbw.de/produkte-angebote/erneuerbare-energie/windkraft/haeufig-gestellte-fragen-zur-flaechenbereitstellung>

Wind Farms Adapt to Forest Conditions. (2011). Retrieved from renewable energy world: <https://www.renewableenergyworld.com/wind-power/wind-farms-adapt-to-forest-conditions/>

Windmolens in natuurgebieden: omstreden, maar ook noodzakelijk? (2018, mei 16). Retrieved from NOS: <https://nos.nl/nieuwsuur/artikel/2232075-windmolens-in-natuurgebieden-omstreden-maar-ook-noodzakelijk>

Wing, Alterra (onderdeel natuur), Bosch & Van Rijn (onderdeel Financiën), & Student Hogeschool Van Hall Larenstein. (2016). Verkenning (on)mogelijkheden windenergie in bosgebieden.

You, F., Shaik, S., Rokonzaman, M., Rahman, K., & Tan, W. (2023). Fire risk assessments and fire protection measures for wind turbines: A review. Elsevier Ltd.



**VLINDER- EN INSECTEN VRIENDELIJKE VEGETATIE OP IERSE WINDFARMS
IN KADER VAN HET POLLINATOR PROGRAMMA**

COLOFON

TITEL:	Wind boven (nieuw) bos
OPDRACHTGEVER:	Hart van Brabant
UITGEVOERD DOOR:	Kruit Kok Landschapsarchitecten, Bosgroep Zuid
PROJECTARCHITECT:	Mariëlle Kok
ONTWERPTEAM:	Mariëlle Kok, Britt de Jongh, Vera Oosterling (Kruit Kok Landschapsarchitecten) Etiënne Thomassen (Bosgroep Zuid)
TEKST:	Mariëlle Kok i.s.m. Etiënne Thomassen
VORMGEVING:	Mariëlle Kok, Britt de Jongh, Vera Oosterling
FOTO'S:	Internet, Kruit Kok Landschapsarchitecten, Bosgroep Zuid
ILLUSTRATIES	Kruit Kok Landschapsarchitecten
PROJECTNUMMER:	L2501
DOCUMENTNUMMER:	L2501 R002d
DATUM LOCATIE:	04 04 2025 's-Hertogenbosch
ADRES:	De Gruyter Fabriek Ruimte 5235 Veemarktkade 8 5222 AE 's-Hertogenbosch
WEBSITE:	www.kruitkok.nl
EMAIL:	info@kruitkok.nl



Bosgroep Zuid Nederland

 **KRUIT**
KOK landschaps
architecten