



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2020-203 | september 2020

Zoekgebieden windturbines in het laagvlieggebied Maas en Waal (GLV IX)

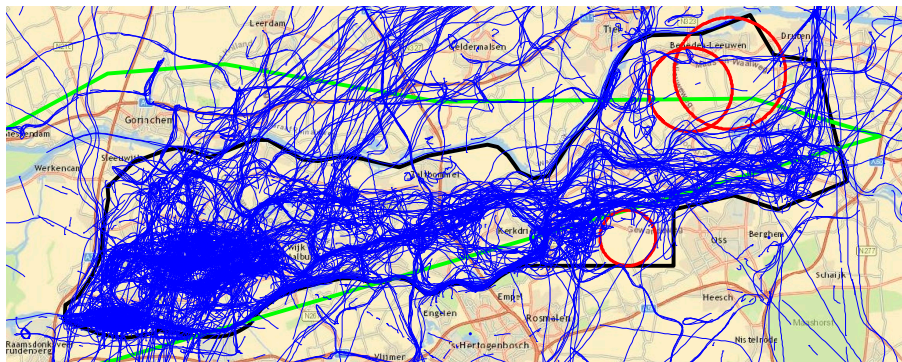
OPDRACHTGEVER: Provincie Gelderland



NLR – Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

© PK Pic

Zoekgebieden windturbines in het laagvlieggebied Maas en Waal (GLV IX)



Probleemstelling

Naar aanleiding van het klimaatakkoord hebben de Provincies Gelderland en Brabant een Regionale Energie Strategie (RES) opgesteld. Onderdeel van het RES is het verder uitbreiden van de mogelijkheden voor windturbines in de regio.

Eén van de gebieden die hiervoor is geselecteerd is het Land van Maas en Waal. Dit gebied is echter ook aangewezen als laagvlieggebied voor militaire helikopters, het zogenaamde GLV IX. Daarnaast bevindt zich aan de noord- en zuidkant van het gebied een laagvliegroute, de zogenaamde Route VO, die bedoeld is voor laagvliegen met militaire propellervliegtuigen en helikopters. Het realiseren van windturbines of windparken in dit gebied heeft mogelijk gevolgen voor de trainingswaarde van het gebied om laagvlieg oefeningen uit te voeren.

De Provincie Gelderland wil echter rekening houden met de functie en waarde van het gebied ten behoeve van het handhaven van de inzetbaarheid van de militaire helikopters.

Om deze reden heeft de provincie NLR gevraagd om op basis van haar expertise en naar beste inzichten in kaart te brengen in welke mate het operationeel gebruik van het gebied belemmerd zou kunnen worden door het plaatsen van windturbines in de aangemerkte globale zoekgebieden.

RAPPORTNUMMER
NLR-CR-2020-203

AUTEUR(S)
P.J. van der Geest

RUBRICERING RAPPORT
ONGERUBRICEERD

DATUM
september 2020

KENNISGEBIED(EN)
Luchtvaartveiligheid

TREFWOORD(EN)
Veiligheid
Windturbines

Beschrijving van de werkzaamheden

De studie belicht het wettelijk kader waarbinnen de laagvlieg oefeningen in het gebied plaatsvinden. Er zijn richtlijnen opgesteld die het veilig gebruik van het gebied waarborgen en waarmee tevens de bruikbaarheid van het gebied in stand blijft. Het operationeel gebruik van het gebied is in kaart gebracht door middel van radar tracks van laagvlieg oefeningen (begin 2019). Deze tracks zijn vastgelegd door het FANOMOS-systeem van het NLR.

Op basis van het operationeel gebruik en de opgestelde richtlijnen zijn gebieden gedefinieerd die vrij moeten blijven van hindernissen om een veilige en doelmatige operatie te kunnen waarborgen.

Deze gebieden zijn vergeleken met de, door de Provincie, gedefinieerde globale RES- zoekgebieden. Hieruit volgt een beoordeling van de mate waarin een bepaald zoekgebied, of gedeelte daarvan, kansrijk is of niet.

Resultaten en conclusies

De Provincie heeft in het RES-kader globaal tien mogelijke zoekgebieden voor windenergie gedefinieerd, waarvan er vanuit ruimtelijke ordening zes kansrijk zijn en vier minder kansrijk. De resultaten van het onderzoek tonen aan dat van de tien RES-zoekgebieden er drie zonder meer als kansrijk kunnen worden beoordeeld. Twee gebieden zijn niet kansrijk omdat zij ofwel in het kerngebied van de oefeningen liggen, of een blokkade vormen voor de vliegcorridor. De andere vijf gebieden zijn redelijk tot matig kansrijk, of soms gedeeltelijk kansrijk.

Toepasbaarheid

De resultaten van het onderzoek kunnen gebruikt worden bij het verfijnen van de definitie van de kansrijke zoekgebieden voor windenergie in het laagvlieggebied Maas en Waal (GLV IX), rekening houdend met het gebruik van het gebied als oefengebied voor laagvliegen met militaire helikopters. Het wordt aanbevolen om Defensie bij het verfijnen van de plannen te betrekken. Het huidige rapport kan daarbij als uitgangspunt dienen voor dit overleg.

NLR

Anthony Fokkerweg 2

1059 CM Amsterdam

p) +31 88 511 3113

e) info@nlr.nl i) www.nlr.nl



Dedicated to innovation in aerospace

NLR-CR-2020-203 | september 2020

Zoekgebieden windturbines in het laagvlieggebied Maas en Waal (GLV IX)

OPDRACHTGEVER: Provincie Gelderland

AUTEUR(S):

P.J. van der Geest

NLR

Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt, op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de eigenaar.

OPDRACHTGEVER	Provincie Gelderland
CONTRACTNUMMER	182351
EIGENAAR	Provincie Gelderland
NLR DIVISIE	Aerospace Operations
VERSPREIDING	Beperkt
RUBRICERING TITEL	ONGERUBRICEERD

GOEDGEKEURD DOOR:		
AUTEUR	REVIEWER	BEHERENDE AFDELING
P.J. van der Geest Peter van der Geest Digitally signed by Peter van der Geest Date: 2020.09.04 11:30:50 +02'00'	H.T.H. van der Zee Jeroen van der Zee Digitally signed by Jeroen van der Zee Date: 2020.09.07 10:02:41 +02'00'	A.D.J. Rutten Alex Rutten Digitally signed by Alex Rutten Date: 2020.09.06 08:25:30 +02'00'
DATUM	DATUM	DATUM

Inhoudsopgave

Afkortingen	4
1 Introductie	5
2 Mogelijke zoekgebieden	6
3 Regelgeving en richtlijnen	8
3.1 Wettelijk kader	8
3.2 Richtlijnen voor een veilige operatie	11
4 Gebruik van het laagvlieggebied	13
4.1 Algemeen	13
4.2 NOTAMs	13
4.3 Operationeel gebruik	14
5 Kansrijke zoekgebieden	16
6 Conclusies en aanbevelingen	19
7 Referenties	20
Appendix A Definitie GLV IX en Route VO	21

Afkortingen

ACRONIEM	OMSCHRIJVING
DHC	Defensie Helikopter Commando
EMVO	Elementaire Vlieger Opleiding
EU	Europese Unie
FANOMOS	Flight Track and Noise Monitoring System
ft	Voet (0.3048 meter)
GLV	Laagvliegebied
GLV IX	Laagvliegebied Maas en Waal
ICAO	International Civil Aviation Organisation
NLR	Royal Netherlands Aerospace Centre
NM	Nautische Mijl (1852 meter)
NOTAM	Notice to Airmen
RD	Rijksdriehoekskoördinaat
RES	Regionale Energie Strategie
Route VO	Laagvliegroute voor militaire propellervliegtuigen en helikopters
SERA	Standardised European Rules of the Air
VFR	Visual Flight Rules
VVO	Voortgezette Vlieger Opleiding
WGS84	World Geodetic System 1984

1 Introductie

Naar aanleiding van het klimaatakkoord heeft de Provincie Gelderland een Regionale Energie Strategie (RES) opgesteld. Onderdeel van het RES is het verder uitbreiden van de mogelijkheden voor windturbines in de regio. Eén van de gebieden die hiervoor is geselecteerd is het Land van Maas en Waal. Het Land van Maas en Waal is echter ook aangewezen als laagvlieggebied voor Defensie, het zogenaamde GLV IX. Vooral het Defensie Helikopter Commando maakt veel gebruik van dit gebied voor laagvlieg oefeningen met militaire helikopters. Daarnaast bevindt zich aan de noord- en zuidkant van het gebied een laagvliegroute, de zogenaamde Route VO, die bedoeld is voor laagvliegen met militaire propellervliegtuigen en helikopters.

Het realiseren van windturbines of windparken in dit gebied heeft mogelijk gevolgen voor de trainingswaarde van het gebied om laagvlieg oefeningen uit te voeren.

De Provincie Gelderland wil echter rekening houden met de functie en waarde van het gebied ten behoeve van het handhaven van de inzetbaarheid van de militaire helikopters.

Om deze reden heeft de provincie NLR gevraagd om op basis van haar expertise en naar beste inzichten in kaart te brengen in welke mate het operationeel gebruik van het gebied belemmerd zou worden door het plaatsen van windturbines in de aangegeven gebieden.

In deze studie worden hiertoe een aantal aspecten belicht.

Allereerst worden de globale zoekgebieden gepresenteerd die, vanuit de ruimtelijke ordening, door de provincie in meerdere of mindere mate kansrijk worden geacht voor het ontwikkelen van windenergie (Hoofdstuk 2).

In Hoofdstuk 3 wordt ingegaan op het wettelijk kader waarbinnen de vliegoperaties in het gebied plaatsvinden.

Hierbij wordt vooral aandacht geschonken aan de eisen voor verticale en laterale obstakelklaring en de minimum vlieghoogte boven de grond. Voorts zijn een aantal richtlijnen in kaart gebracht waaraan een veilige operatie zou moeten voldoen.

In Hoofdstuk 4 wordt ingegaan op het feitelijke operationele gebruik van het gebied. Dit is gebaseerd op radartracks, gedurende een kwartaal (begin 2019), van laagvliegoperaties in het gebied. Deze radartracks zijn vastgelegd en verwerkt door het FANOMOS-systeem van NLR. Op basis van het feitelijk gebruik zijn gebieden gedefinieerd die vrij moeten blijven van obstakels, zodat het gebied bruikbaar blijft als oefengebied.

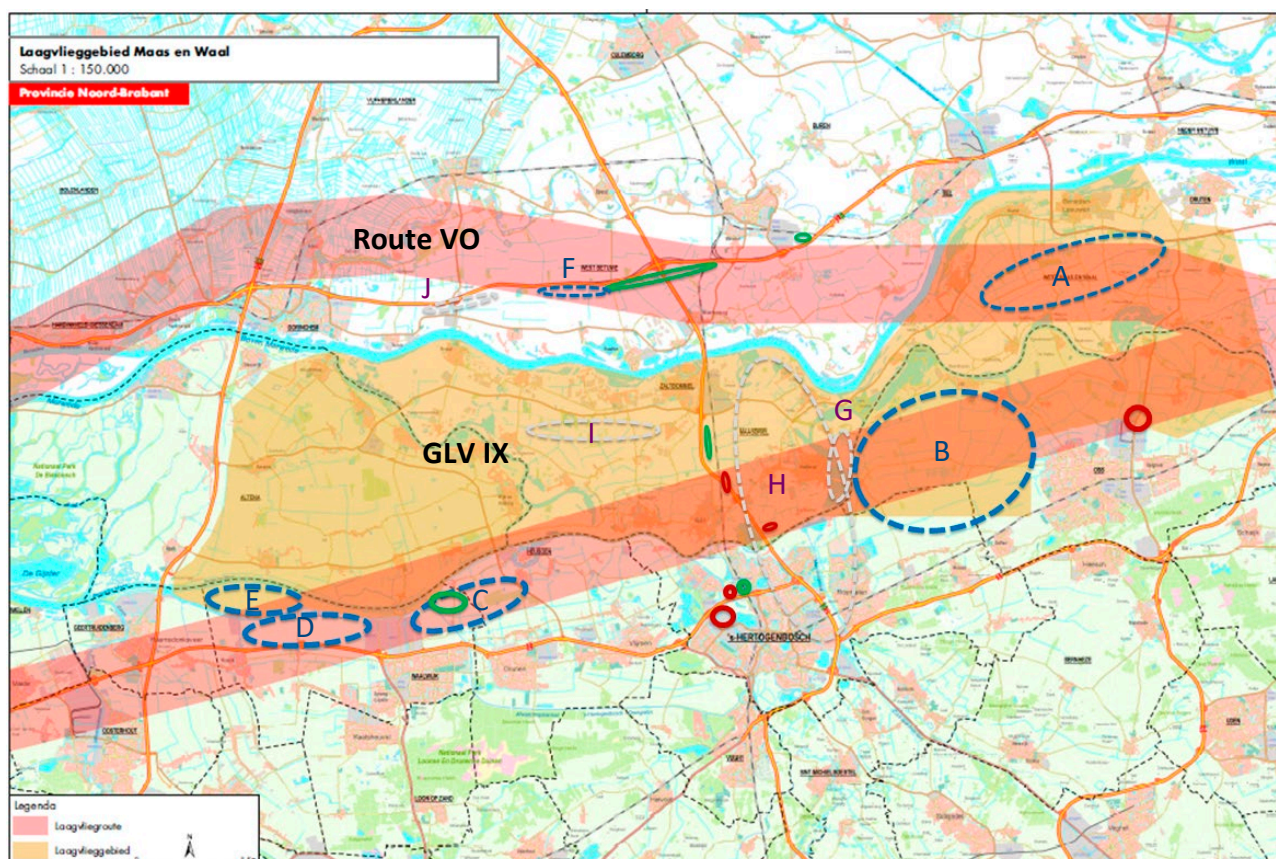
In Hoofdstuk 5 worden de resultaten van Hoofdstuk 4 gecombineerd met de zoekgebieden, zoals gedefinieerd door de provincie. Hieruit volgt een beoordeling van deze gebieden. Hieruit blijkt welke gebieden wel of niet (of gedeeltelijk) kansrijk zijn voor verdere ontwikkeling van de gebieden voor windenergie.

2 Mogelijke zoekgebieden

De Provincie Gelderland heeft aangegeven waar zij, vanuit ruimtelijke ordening, mogelijkheden ziet om nieuwe windturbines te plaatsen in het Land van Maas en Waal. In Figuur 2-1 is een overzicht van het gebied gegeven, inclusief het laagvlieggebied (GLV IX) en de laagvliegroute (Route VO). Tevens zijn gebieden aangegeven die in het kader van het RES zijn aangewezen als mogelijke gebieden voor het ontwikkelen van nieuwe windparken. Ter identificatie is elk gebied aangemerkt met een letter. De gebieden zijn globaal aangegeven als ellipsen. Dit betekent dat het ruwe zoekgebieden zijn, zonder exact vastgelegde coördinaten.

De betekenis van de gekleurde ellipsen is:

- Groen: bestaande windparken
- Rood: pijplijnprojecten (projecten waar de ruimtelijke procedure van loopt)
- Blauw: globale zoekgebieden van de Regionale Energie Strategie (RES); gebieden A - F
- Grijs: globale zoekgebieden RES die weinig kansrijk zijn voor windturbines; gebieden G - J



Figuur 2-1: Mogelijke locaties voor nieuwe windturbines in het Land van Maas en Waal

Het is nog niet bekend welk type windturbine in deze gebieden eventueel geplaatst gaan worden, maar gezien de huidige stand der techniek mag verwacht worden dat dit grote windturbines zullen zijn met een rotordiameter van circa 140 meter en een tiphoogte van circa 180 meter boven de grond. Dit betekent dat de maximale hoogte in de orde van 600 voet zal zijn. Daarmee zullen de windturbines de volledige hoogteband (0 tot 500 voet) beslaan waarin de laagvliegooperaties in het gebied worden uitgevoerd.

Het is ook niet bekend hoe de opstelling van de windturbines binnen de aangegeven gebieden zal zijn; bijvoorbeeld een lijnopstelling of een windpark met een bepaalde geometrische vorm. Gezien de afmetingen van de windturbines mag wel aangenomen worden dat de onderlinge afstand tussen de windturbines ongeveer tussen de 600 en 900 meter zal zijn.

De vraag die zich voordoet is in hoeverre het laagvliegebied nog doelmatig gebruikt kan worden indien in de aangegeven gebieden windturbines worden gerealiseerd.

Hierop wordt nader ingegaan in de volgende hoofdstukken.

3 Regelgeving en richtlijnen

3.1 Wettelijk kader

De militaire laagvliegoperaties worden altijd uitgevoerd onder de regels die gelden voor het vliegen op zicht, de zogenaamde Visual Flight Rules (VFR).

Internationaal zijn deze regels vastgelegd in de "Rules of the Air" in ICAO Annex 2 [1]. Deze regelgeving is wettelijk verankerd in de Europese wetgeving via verordening (EU) nr. 923/2012, waarin de "Standardised European Rules of the Air" (SERA) worden gedefinieerd.

De minimum VFR-vlieghoogte wordt door deze regelgeving vastgelegd. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen civiel en militair verkeer. Wel is er een onderscheid tussen operaties gedurende de daglichtperiode en daarbuiten.

Tijdens de daglichtperiode geldt het volgende artikel.

SERA 5005 f) *Behalve wanneer dit nodig is voor opstijgen of landen of wanneer dit toegestaan is door de bevoegde autoriteit, mag een VFR-vlucht:*

- 1) *niet over dichtbevolkte zones van steden, gemeenten of nederzettingen, noch over een openluchtbijsamenkomst van personen vliegen op een hoogte van minder dan 300 m (1 000 ft) boven de hoogste hindernis in een straal van 600 m rond het luchtvaartuig;*
- 2) *niet op andere dan de onder 1) vermelde plaatsen vliegen op een hoogte van minder dan 150 m (500 ft) boven de grond of het water, of 150 m (500 ft) boven de hoogste hindernis in een straal van 150 m (500 ft) rond het luchtvaartuig.*

Een luchtvaartuig mag dus, en-route, nooit lager vliegen dan 500 voet boven de grond of boven een obstakel.

Buiten de daglichtperiode geldt het volgende artikel.

SERA 5005 c) 5) *behalve wanneer dit noodzakelijk is voor opstijgen of landen of wanneer dit specifiek is toegestaan door de bevoegde autoriteit, mogen VFR-vluchten 's nachts niet worden gevlogen op een lager niveau dan de minimumvlieghoogte die is vastgesteld door de lidstaat wiens grondgebied wordt overvlogen, of, indien geen minimumvlieghoogte is vastgesteld:*

- i) *over hoog terrein of in bergachtige gebieden, op een hoogte van minstens 600 m (2 000 ft) boven de hoogste hindernis binnen 8 km van de geschatte positie van het luchtvaartuig;*
- ii) *op andere dan de onder i) vermelde plaatsen, op een hoogte van minstens 300 m (1 000 ft) boven de hoogste hindernis binnen 8 km van de geschatte positie van het luchtvaartuig.*

Het is evident dat militaire laagvlieg oefeningen niet uitgevoerd zouden kunnen worden als altijd aan deze voorschriften voldaan zou moeten worden. Om deze reden is er in Nederland een speciale regeling in het leven geroepen waardoor een lagere VFR-vlieghoogte voor militaire luchtvaartuigen onder bepaalde voorwaarden en binnen bepaalde gebieden toegestaan wordt. Dit betreft de zogenaamde "Regeling minimum VFR-vlieghoogten en VFR-vluchten buiten de daglichtperiode voor militaire vliegtuigen en helikopters" [3]. In deze regeling worden de

toepasselijke gebieden en routes gedefinieerd. Het gebied en de route die voor de huidige studie relevant zijn (te weten gebied GLV IX en Route VO), zijn ter referentie in Appendix A opgenomen.

In de regeling gelden de volgende vrijstellingen binnen de relevante gebieden.

Voor propellervliegtuigen, tijdens de daglichtperiode:

Artikel 8. Vrijstelling minimum VFR-vlieghoogte voor militaire propellervliegtuigen, bestemd voor opleidingsdoeleinden, binnen de route VO

Het vliegen met militaire propellervliegtuigen, bestemd voor opleidingsdoeleinden, behorende tot of in gebruik bij de Nederlandse of bondgenootschappelijke strijdkrachten, binnen de route VO [...] geschiedt onder de volgende beperkingen:

- a. *de gebruikstijden zijn: van maandag tot en met vrijdag dagelijks van 08.00 uur plaatselijke tijd tot en met 16.45 uur plaatselijke tijd;*
- b. ***de minimum vlieghoogte bedraagt 75 meter (250 voet) boven hindernissen;***
- c. *het overvliegen van bebouwing, met name ziekenhuizen en sanatoria, wordt zoveel mogelijk vermeden;*
- d. ***de gezagvoerder die meer dan 926 meter (½ NM) van de route is afgeraakt, begeeft zich eerst naar de aldaar geldende minimum vlieghoogte en zet de vlieg oefening pas voort als het vliegtuig op de route is teruggekeerd;***

Voor militaire helikopters, tijdens de daglichtperiode:

Artikel 9. Laagvlieggebieden en -route voor militaire helikopters

1. *[..]*
2. *[..]*
3. *Tijdens de vluchten [...] zijn de volgende beperkingen van toepassing:*
 - a. ***de minimum vlieghoogte bedraagt 30 meter (100 voet) boven hindernissen of zoveel lager als voor het doel van de vlucht noodzakelijk is;***
 - b. *het overvliegen van bebouwing, met name ziekenhuizen en sanatoria, wordt zoveel mogelijk vermeden;*
 - c. ***de gezagvoerder die buiten het gebied is gekomen of meer dan 926 meter (½ NM) van de route is afgeraakt, begeeft zich eerst naar de aldaar geldende minimum vlieghoogte en zet de vlieg oefening pas voort als de helikopter binnen het gebied of op de route is teruggekeerd;***

Buiten de daglichtperiode:

Artikel 12. Minimum vlieghoogte VFR-vluchten buiten de daglichtperiode

Voor VFR-vluchten buiten de daglichtperiode worden de volgende minimum vlieghoogten in acht genomen:

- a. *boven gebieden met aaneengesloten bebouwing, industrie- en havengebieden daaronder begrepen, dan wel mensenverzamelingen: voor militaire vliegtuigen ten minste 300 meter (1.000 voet) en voor militaire helikopters 210 meter (700 voet) boven de hoogste hindernis gelegen binnen een afstand van 600 meter van het vliegtuig respectievelijk de helikopter;*
- b. *elders dan onder a aangegeven:*
 1. *voor militaire vliegtuigen: ten minste 300 meter (1.000 voet) boven grond of water;*
 2. *voor militaire helikopters:*
 - (a) *ten minste 30 meter (100 voet) boven grond of water of zoveel lager als voor het doel van de vlucht noodzakelijk is binnen de gebieden of route, bedoeld in artikel 9, eerste lid;*
 - (b) *ten minste 45 meter (150 voet) boven hindernissen gelegen binnen een afstand van 250 meter van de helikopter op routes voor vluchten van en naar de gebieden of route;*
 - (c) *ten minste 100 meter (300 voet) boven grond of water of zoveel lager als voor het doel van de vlucht noodzakelijk is.*

Uit deze regelgeving kunnen samenvattend de volgende conclusies getrokken worden voor vliegoperaties boven gebieden zonder aaneengesloten bebouwing:

1. Het laagvlieggebied GLV IX is uitsluitend gereserveerd voor oefeningen met militaire helikopters.
2. De laagvliegroute VO kan gebruikt worden door zowel militaire propellervliegtuigen als helikopters.
3. De laagvliegroute is gedefinieerd als een corridor van een halve nautische mijl, rechts en links van de nominale route.
4. Militaire propellervliegtuigen mogen in de laagvliegroute vliegen op een minimale hoogte van:
 - a. Binnen de daglichtperiode: 250 voet (75 meter) boven hindernissen of de grond;
 - b. Buiten de daglichtperiode: 1000 voet (300 meter) boven de grond.
5. Militaire helikopters mogen in de aangewezen gebieden vliegen op een minimale hoogte van:
 - a. Binnen de daglichtperiode: 100 voet (30 meter) boven hindernissen of lager indien noodzakelijk;
 - b. Buiten de daglichtperiode: 100 voet (30 meter) boven de grond of water of lager indien noodzakelijk.
6. Voor militaire helikopters gelden in de laagvlieggebieden geen eisen ten aanzien van de minimale separatie ten opzichte van hindernissen;
7. Militaire helikopters mogen ook laag vliegen (<500 voet) op routes van en naar de laagvlieggebieden of -route. Buiten de daglichtperiode geldt dan een minimale obstakelklaring van 150 voet binnen een laterale afstand van 250 meter.

3.2 Richtlijnen voor een veilige operatie

Het is evident dat het plaatsen van grote obstakels, zoals windturbines, in aangewezen laagvlieggebieden en -routes consequenties kan hebben voor het operationele gebruik van deze gebieden.

Voor zover bekend kunnen aan het toewijzen van laagvlieggebieden en -routes door het militair vliegverkeer uitsluitend vrijstellingen van bepaalde elementen van de VFR-regels (zoals de minimale vlieghoogte) worden ontleend. Er kunnen geen echter wettelijke eisen voor obstakelbescherming aan worden ontleend.

Het is echter van belang om bij het realiseren van eventuele nieuwe obstakels rekening te houden met de noodzaak om zinvolle en efficiënte oefeningen te kunnen blijven uitvoeren met militaire luchtvaartuigen.

Daarbij spelen een aantal aspecten een rol, zoals:

- Is er binnen een laagvlieggebied, of een gedeelte daarvan, nog voldoende obstakelvrije ruimte beschikbaar om veilige en operationeel zinvolle laagvlieg oefeningen te kunnen uitvoeren?
- Is er binnen en rond een laagvlieggebied voldoende obstakelvrije ruimte voor de routes naar het gebied, of binnen het gebied om de operationeel betekenisvolle oefengebieden te kunnen bereiken?

Bij het eerste punt speelt vooral de omvang van het gebied dat volledig vrij is van hoge obstakels om de oefeningen op lage hoogte te kunnen uitvoeren. Hierbij moet wel worden opgemerkt, dat geen enkel oefengebied volledig vrij zal zijn van obstakels, en dat obstakels in zekere zin ook onderdeel van de oefening kunnen zijn om een realistische omgeving na te bootsen. Vooral het plannen van een missie is een essentieel onderdeel van iedere oefening, waarbij juist de aanwezigheid van obstakels van meerwaarde kan zijn. Dat neemt niet weg dat de obstakeldichtheid niet zodanig moet zijn dat zinvolle oefeningen niet meer mogelijk zijn.

Bij het tweede punt gaat het vooral om veilige corridors waarbinnen van en naar het oefengebied kan worden gevlogen, of binnen een groter oefengebied van het ene naar het andere deelgebied.

Er bestaat echter maar weinig regelgeving die enig houvast geeft, wat als een veilige corridor beschouwd zou kunnen worden. Een veilige corridor moet uiteraard voldoende laterale of verticale obstakelklaring garanderen. Omdat de geplande windturbines tot circa 600 voet boven de grond zullen reiken kan er in een laagvliegroute (d.w.z. < 500 voet) nooit sprake zijn van verticale separatie. Daarom kan op laagvliegroutes de veiligheid alleen gegarandeerd worden door voldoende laterale separatie. Voor de Route VO geldt een corridor-breedte van 1NM (0,5NM aan weerszijde). Verder geeft de eerder genoemde regelgeving weinig eisen ten aanzien van veilige separatie-afstanden.

Alleen voor militaire helikopters op routes voor vluchten van en naar de gebieden geldt een vereiste minimale laterale afstand van 250 meter tot de obstakels.

Op basis van deze regelgeving zou een helikopter dus tussen twee windturbine door kunnen vliegen indien de afstand tussen de windturbines groter is dan 2 maal 250 meter plus de rotordiameter. Een afstand van circa 650 meter zou dus voldoende kunnen zijn om een lijn van windturbines haaks te passeren. Omdat grote windturbines, om redenen van efficiëntie, minimaal in ieder geval deze afstand van elkaar zullen hebben zou men kunnen beargumenteren dat, bij goede planning, de windturbines nooit een beperking van de operatie zouden opleveren.

Echter, dit geldt alleen bij het haaks passeren van een enkele lijn van windturbines. Bij het rechtlijnig passeren onder een hoek van 60 graden zou de vereiste minimale onderlinge afstand al toenemen tot 1150 meter. Dit is een grotere onderlinge afstand dan de windturbines normaliter in een windpark hebben. Omdat een windpark meestal ook nog uit meerdere achter elkaar opgestelde lijnen zal bestaan, moet er vanuit gegaan worden dat een windpark op een laagvliegroute in elke vorm (d.w.z. zelfs als het een enkele lijnopstelling betreft) een niet passeerbare hindernis zal vormen. Om deze reden, zullen windparken in een laagvlieggebied zodanig gepositioneerd moeten worden dat zij

geen hindernis vormen voor helikopters om binnen een laagvlieggebied de verschillende relevante deelgebieden te kunnen bereiken.

De vraag rijst dan op welke afstand windparken minimaal van elkaar moeten liggen om een veilige doortocht te kunnen garanderen. In het verleden heeft het NLR in dit verband een studie uitgevoerd naar de afmetingen van obstakelvrije corridors rond VFR-routes, zie NLR-CR-2017-218 [4]. Het betrof hier een onderzoek dat vooral gericht was op klein VFR-verkeer (General Aviation) dat op zicht manoeuvreert en met relatief onervaren vliegers (in vergelijking met de getrainde professionals van het DHC). In de studie is niet alleen gekeken naar de nauwkeurigheid van manoeuvreren, maar ook naar de windverstoringen die kleine vliegtuigen kunnen ervaren wanneer zij het zog van een windturbine, of van een aantal windturbines in een windpark, zouden passeren.

Het rapport concludeert dat de benodigde breedte van de VFR-corridor 1,8 km aan weerszijden van de nominale VFR-route zou moeten zijn om onder alle omstandigheden een veilige doorgang te garanderen. Deze afstand bestaat uit 500 meter voor de navigatie nauwkeurigheid en 1300 meter om blootstelling aan significante effecten van het turbine zog te vermijden.

Hierbij moet worden aangetekend dat dit een conservatieve benadering betrof, uitgaande van zeer grote windturbines (tot 180 meter rotor diameter) en een klein sportvliegtuig (zoals een Cessna 150).

Uit de literatuur [5] is bekend dat helikopters aanzienlijk robuuster zijn ten aanzien van atmosferische verstoringen dan (kleine) vliegtuigen. Dit komt doordat de rotor van een helikopter een stabiliserende werking heeft en de draagkracht actief door de rotor wordt opgewekt. De grote en zware helikopters van Defensie zullen naar verwachting weinig tot geen hinder ondervinden, wanneer zij het zog van een windturbine passeren. Daarbij zullen de vliegers van de Defensie een aanzienlijk hogere vliegvaardigheid hebben dan de gemiddelde sportvlieger.

Voor zover bekend zijn tot nu toe ook geen gevallen gerapporteerd waarbij een helikopter van de Defensie ernstige verstoringen ondervond van zogturbulentie van een windturbine.

Het risico dat het passeren van het zog van een windturbine kan opleveren wordt voor een belangrijk deel veroorzaakt door de tipwervels die veroorzaakt worden door de rotorbladen van de turbine. De rotorbladen gedragen zich als het ware als de vleugel van een vliegtuig. Door de draagkracht van een vleugel wordt een tipwervel veroorzaakt, die een gevaar op kan leveren voor een luchtvaartuig dat door deze wervel heen vliegt. Dat is de reden dat vliegtuigen tijdens de nadering een bepaalde minimale onderlinge afstand moeten aanhouden (de zogenaamde wake vortex separatie). Een beknopte analyse laat zien dat de wervelsterkte van een grote windturbine maximaal in de orde van $75\text{m}^2/\text{s}$ bedraagt. Dit maximum wordt bereikt voor windsnelheden ruwweg tussen de 14 en 22 knopen.

Deze maximale wervelsterkte is ongeveer gelijk aan de wervelsterkte die een klein zakenvliegtuig (bijv. een Cessna Citation) tijdens de eindnadering veroorzaakt. Het is niet waarschijnlijk dat militaire helikopters ernstig verstoord kunnen worden door een dergelijke wervelsterkte.

Op basis van een beknopte analyse is het aannemelijk dat een laterale separatie van 400 meter meer dan voldoende is om de helikopters van Defensie van significante effecten van zogturbulentie te vrijwaren.

Op basis van deze analyse zou een breedte van de corridor van 900 meter (dat is 500 meter voor de navigatie nauwkeurigheid en 400 meter voor de zogturbulentie) aan weerszijden van de corridor voldoende zijn om een veilige doorgang te garanderen. Het is opmerkelijk dat dit vrijwel gelijk is aan de breedte van de corridor rond de Route VO (een halve nautische mijl is 926 meter).

Op basis van bovenstaande overwegingen wordt in de rest van de studie als uitgangspunt gehanteerd dat een VFR-corridor met een totale breedte van 1NM voldoende is om de veiligheid van de laagvliegoperaties te waarborgen.

4 Gebruik van het laagvlieggebied

4.1 Algemeen

Om kansrijke zoekgebieden voor windturbines in het laagvlieggebied Maas en Waal te kunnen vaststellen is het noodzakelijk het operationeel gebruik van het gebied nader in kaart te brengen. Uitgangspunt is dat het gebied na het realiseren van de windturbines als oefengebied voor Defensie niet in waarde zal hebben ingeboet.

Omdat de huidige studie moet worden gezien als een voorstudie is geen direct formeel overleg gepleegd met Defensie over de operationele eisen voor het gebied en het feitelijke operationele gebruik.

Het gebruik van het gebied is bepaald aan de hand van beperkingen die in het gebied gelden en het feitelijke gebruik op basis van waargenomen laagvliegtrajecten.

De beperkingen die voor het gebied gelden zijn vastgelegd in zogenaamde NOTAMs (Notice to Airmen)¹. Deze worden nader behandeld in paragraaf 4.2.

Het operationele gebruik is in kaart gebracht met het FANOMOS-systeem van het NLR. Dit wordt nader beschouwd in paragraaf 4.3.

4.2 NOTAMs

Voor het laagvlieggebied GLV IX zijn drie NOTAMs van kracht.

Het betreft:

- NOTAM M1026/20: REQ TO AVOID OVERFLYING OF BOVEN LEEUWEN POSITION 515153N 0053216E RADIUS 2NM BTN GND / 1000FT ABOVE GROUND LEVEL DUE TO LIVESTOCK.
- NOTAM M1027/20: MILITARY AIRCRAFT HAVE TO AVOID OVERFLYING OF WAMEL POSITION 515118N 0052959E RADIUS 1,5NM BTN GND / 1500FT ABOVE GROUND LEVEL.
- NOTAM M1027/20: MILITARY AIRCRAFT HAVE TO AVOID OVERFLYING OF LITHOIJEN POSITION 514600N 0052622E RADIUS 1NM BTN GND / 500FT ABOVE GROUND LEVEL.

Er zijn dus drie cirkelvormige gebieden die vermeden moeten worden: bij Boven Leeuwen een gebied met een straal van 2NM (3704 meter) en een minimale hoogte van 1000 voet (300 meter), bij Wamel een gebied met een straal van 1,5NM (2778 meter) en een minimale hoogte van 1500 voet (450 meter) en bij Lithoijen met een straal van 1NM (1852 meter) en een minimale hoogte van 500 voet (150 meter).

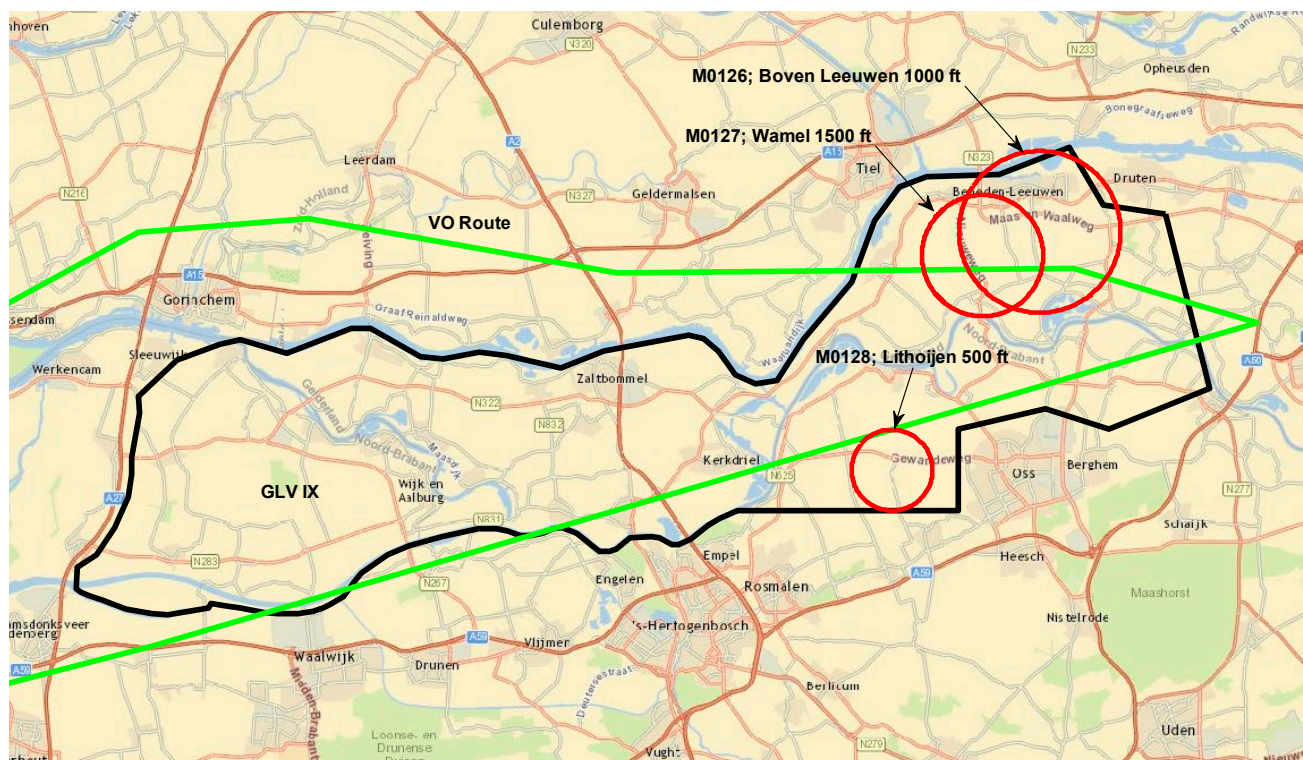
Deze gebieden sluiten een gedeelte van het laagvlieggebied af voor laagvliegen.

De NOTAM-gebieden zijn weergegeven in Figuur 4-1.

De minimale vlieghoogte in de NOTAM-gebieden maakt het laagvlieggebied ongeschikt voor oefeningen in het noordoosten van het gebied en in het gebied ten westen van Oss. Hiermee zal de planning van de oefeningen dus rekening moeten houden.

Ook blijkt dat de Route VO door de NOTAM-gebieden loopt. Hierdoor zal een gedeelte van de route (Hernen, Altforst, Waardenburg en het eerste gedeelte richting Kedichem) niet bruikbaar zijn als laagvliegroute.

¹ Een NOTAM is een bericht dat kritische informatie bevat over een luchthaven of luchtruim, waarbij die informatie ofwel van tijdelijke aard is, ofwel nog niet bekend was bij het opmaken van vliegkaarten of bij het publiceren van luchthavengebonden boeken en publicaties.



Figuur 4-1: NOTAM-gebieden met minimale vlieghoogte in het laagvlieggebied

4.3 Operationeel gebruik

Het FANOMOS-systeem van het NLR monitort alle vliegbewegingen in Nederland op basis van radargegevens. Het registreert daarbij hoogte en positie. Om een indruk te krijgen van de feitelijke operatie in het laagvlieggebied zijn alle bewegingen met een hoogte van minder van 500 voet in het eerste kwartaal 2019 in kaart gebracht.

Alle civiele bewegingen worden hierbij automatisch uitgefilterd omdat deze een minimale hoogte van 500 voet hebben.

Er wordt aangenomen dat dit een representatief beeld geeft van het militair operationeel gebruik. Omdat het een winterperiode betreft worden in deze periode naar verwachting ook relatief veel nachtvlieg oefeningen uitgevoerd. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 4-2.

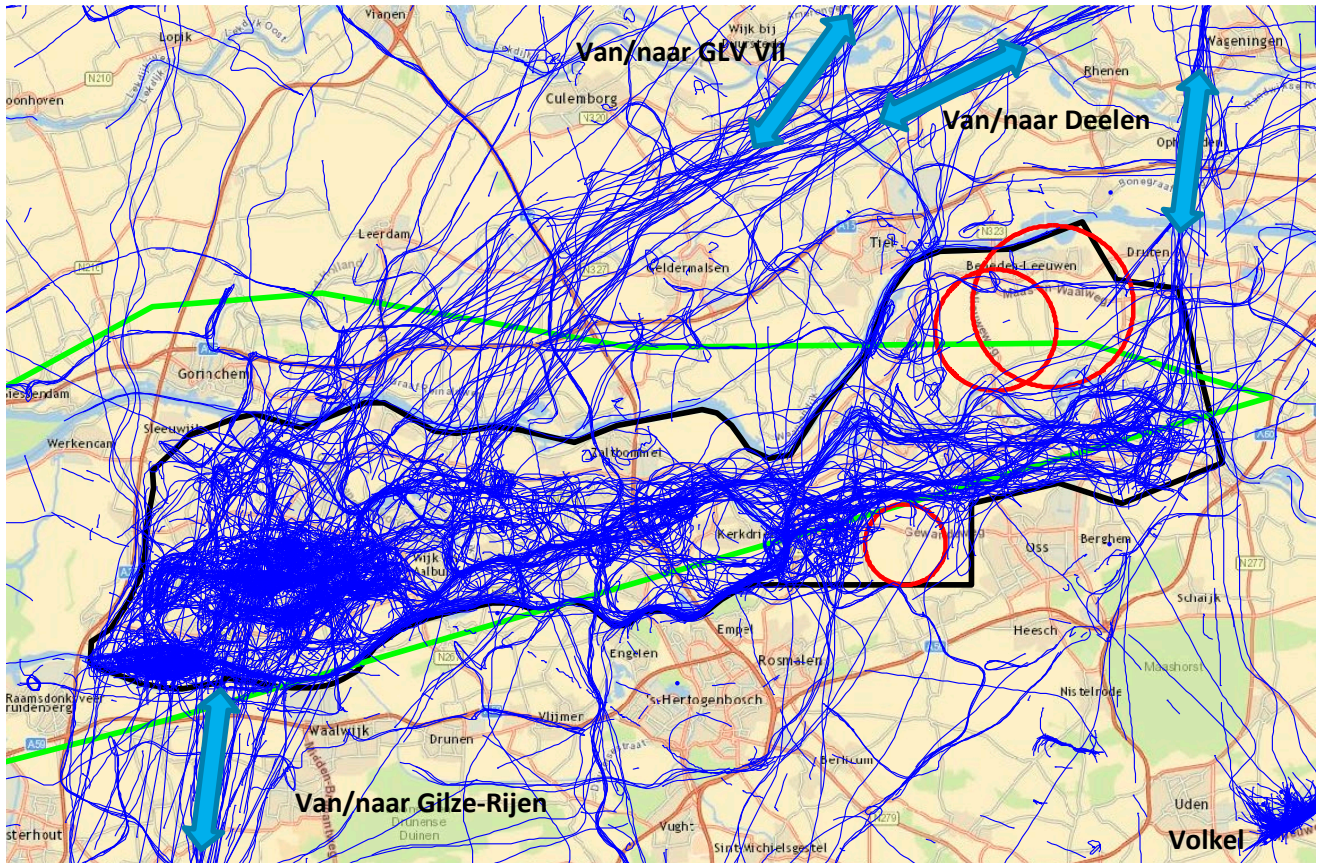
Uit deze figuur worden de gangbare vliegp patronen goed zichtbaar. Het valt daarbij op dat de NOTAM-gebieden bijna volledig ontzien worden door de laagvliegoperaties.

Verder valt op dat vooral het westelijk deel van het laagvlieggebied intensief gebruikt wordt. Het betreft het gebied ten westen van Wijk en Aalburg tot aan de A27 en ten noorden van de Oude Maas tot aan de N322/N267. Daarnaast zijn er enkele voorkeursroutes richting oost binnen het gebied.

Hierbij wordt de Bergsche Maas gevolgd of een route ten zuiden van Zaltbommel richting Rossum.

In het oostelijk deel van het laagvlieggebied wordt vooral om de NOTAM-gebieden heen gevlogen, veelal om het gebied richting Deelen te verlaten.

Wat verder opvalt is dat ook buiten het laagvlieggebied nog veel laag gevlogen wordt van en naar het gebied. Duidelijk herkenbaar zijn de routes van en naar de thuisbasis van de militaire helikopters, Gilze-Rijen. Ook zijn er duidelijk herkenbare routes richting Deelen en naar het laagvlieggebied Veluwe/Randmeren (GLV VII).



Figuur 4-2: Alle laagvliegtracks (hoogte < 500 voet) in eerste kwartaal 2019 (Bron: FANOMOS). De lichtblauwe pijlen zijn een ruwe schematische indicatie van veel gevlogene routes

Ten slotte is duidelijk dat de Route VO niet of nauwelijks operationeel gebruikt wordt, zowel niet door de militaire helikopters als door militaire propellervliegtuigen.

Voor de militaire helikopters heeft de route geen feitelijke operationele betekenis.

De militaire propellervliegtuigen betreffen uitsluitend de Pilatus PC-7 toestellen van 131^{ste} squadron, dat gestationeerd is op de vliegbasis Woensdrecht. Deze toestellen worden gebruikt voor de Elementaire Militaire Vlieger Opleiding (EMVO). De EMVO verschaft de leerling-vliegers de basisvliegvaardigheden. Daarna zetten zij hun vliegeropleiding voort in de Verenigde Staten op het type waarvoor zij geselecteerd zijn.

In het verleden werd als onderdeel van de vliegeropleiding in Nederland naast de EMVO ook de Voortgezette Vlieger Opleiding (VVO) aan de leerling vliegers aangeboden. De VVO voorzag in het oefenen van meer geavanceerde vaardigheden, zoals formatievliegen, bijzondere manoeuvres, maar ook het laagvliegen. In dit verband had de Route VO een operationele betekenis voor het oefenen in laagvliegen. In verband met wijzigingen in de trainingsopzet maakt tegenwoordig de VVO geen onderdeel meer uit van de opleiding in Nederland. Daarmee heeft de Route VO ook voor een belangrijk deel zijn operationele betekenis verloren.

Dit verklaart dan ook waarom de tracks zoals weergegeven in Figuur 4-2 geen gebruik van de Route VO laten zien.

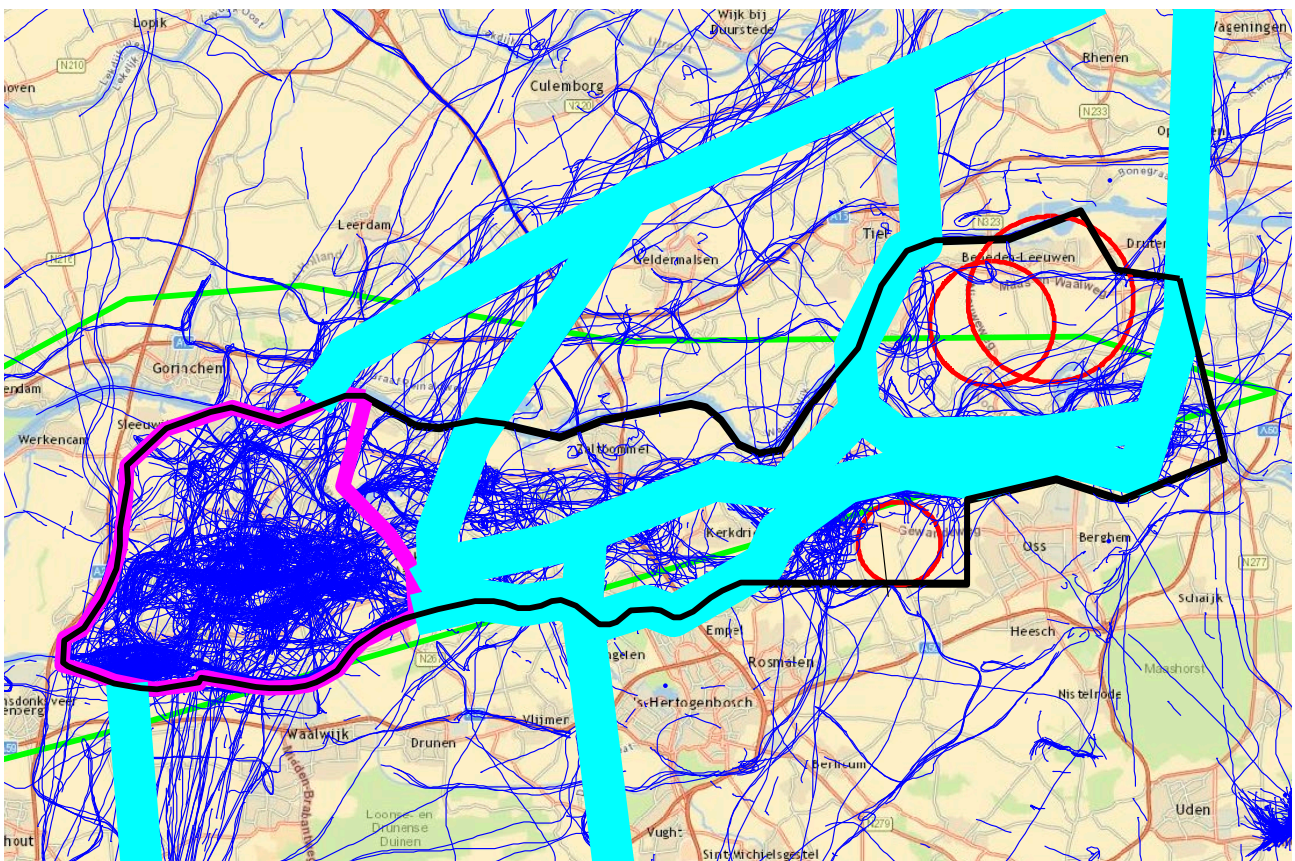
5 Kansrijke zoekgebieden

Op basis van de observaties, zoals aangegeven in Hoofdstuk 4, kunnen zoekgebieden voor windturbines gedefinieerd worden die kansrijk zijn voor het realiseren van windturbines zonder dat de militaire operaties in het gebied ernstig worden geschaad.

Hierbij worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het kernoefengebied moet zoveel mogelijk ontzien worden. Dit is het gebied ten westen van Wijk en Aalburg tot aan de A27 en ten noorden van de Oude Maas tot aan de N322/N267.
- Oost-west verplaatsingen binnen het gebied moeten mogelijk blijven. Er zijn twee corridors nodig om dit mogelijk te maken; namelijk één langs de Bergsche Maas en één ten zuiden van Zaltbommel. De corridors hebben een breedte van 1NM.
- De Route VO heeft nauwelijks operationele betekenis en heeft daarmee geen invloed op de zoekgebieden.
- Voor zover zoekgebieden zich buiten het GLV IX gebied bevinden, dient er rekening gehouden te worden met aanvliegroutes, die als onderdeel van de oefening ook op lage hoogte kunnen worden gevlogen. Wanneer deze aanvliegroutes een grote spreiding vertonen is het toelaatbaar de routes meer te concentreren, om daarmee ruimte voor de zoekgebieden te creëren.

Op basis van deze uitgangspunten kunnen de gebieden binnen het gebied GLV IX die van operationeel belang zijn in kaart worden gebracht. Dit is gevisualiseerd in Figuur 5-1.

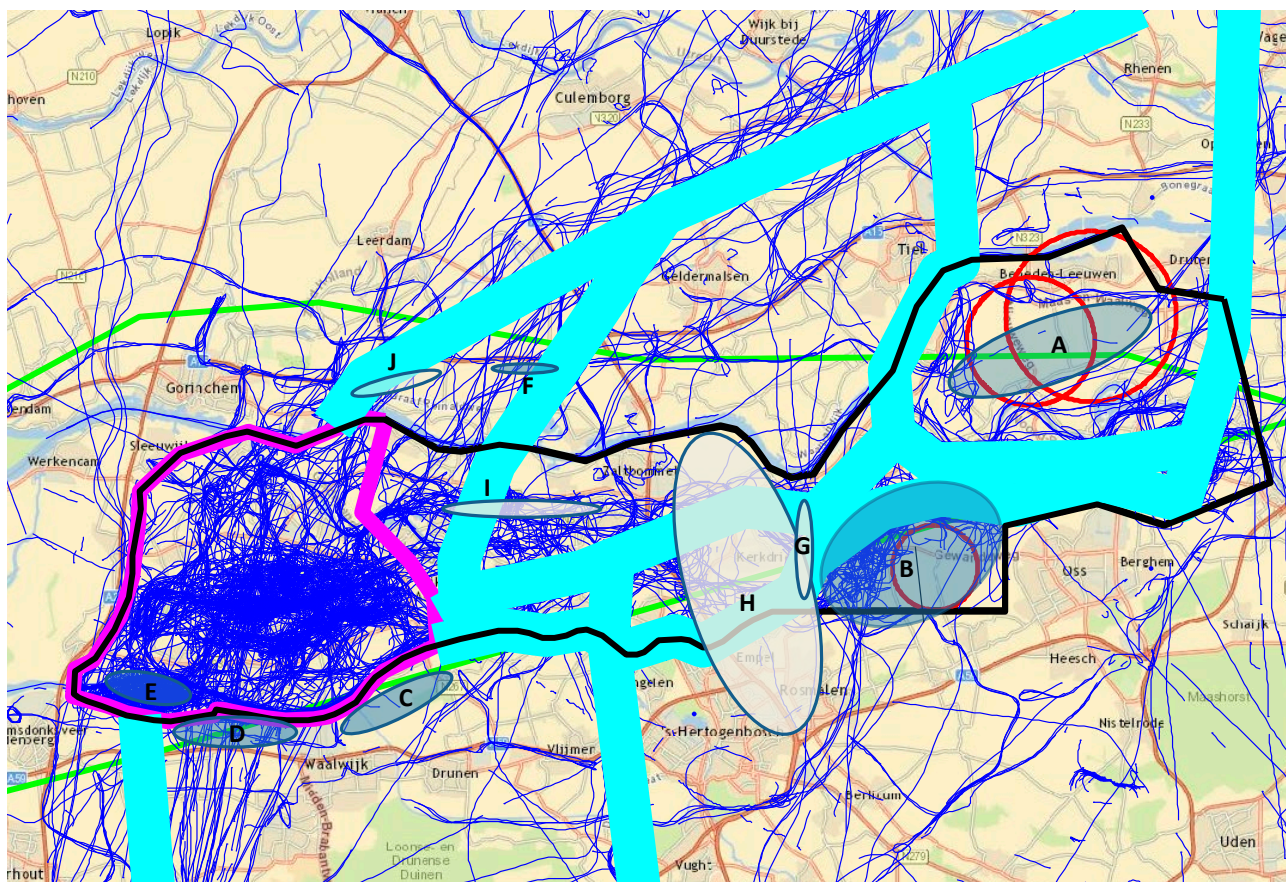


Figuur 5-1: Operationeel significante gebieden binnen en buiten laagvlieggebied GLV IX. Het parse omljnde gebied is het kernoefengebied. De lichtblauwe gebieden zijn de operationele vliegcorridors

In deze figuur is het kernoefengebied (in paars) weergegeven. Dit gebied dient volledig vrij gehouden te worden van obstakels. Daarnaast zijn (in lichtblauw) vliegcorridors gedefinieerd (met een breedte van 1NM), die zo goed mogelijk de operationele vliegroutes afdekken. Uiteraard worden niet alle bewegingen afgedekt, maar de corridors bieden voldoende ruimte om zich in oost-west richting veilig te kunnen verplaatsen. Eventuele obstakels buiten de corridor kunnen in de vliegplanning worden meegenomen en vermeden worden.

Alles wat zich buiten het afgedekte gebied bevindt kan in principe als kansrijk zoekgebied worden gezien, omdat de operationele impact van obstakels in deze gebieden beperkt zal zijn.

Om een idee te krijgen in welke mate de door Provincie Gelderland gedefinieerde globale zoekgebieden (zie Figuur 2-1) kansrijk zijn, zijn deze gebieden als overlay aangegeven op de kaart met de afgebakende operationele gebieden, zie Figuur 5-2.



Figuur 5-2: Zoekgebieden als overlay met de operationeel afgebakende gebieden. De lichtblauw transparante gebieden zijn de kansrijke RES-zoekgebieden (A-F), de wit transparante zijn minder kansrijke RES-zoekgebieden (G-J)

Op basis van deze figuur kan beoordeeld worden of een zoekgebied, of gedeelten daarvan, al dan niet kansrijk is. Deze beoordeling is gegeven in Tabel 5-1.

Hierbij wordt opgemerkt dat deze beoordeling tot stand is gekomen naar beste inzichten maar zonder formeel overleg met Defensie. Om deze reden wordt aanbevolen om, wanneer de plannen een iets definitievere vorm hebben aangenomen, in overleg te treden met Defensie om de inzichten en veronderstellingen te verifiëren die ten grondslag hebben gelegen aan de beoordeling van de zoekgebieden in deze studie.

Tabel 5-1: Beoordeling zoekgebieden

Zoekgebied	Beoordeling	Opmerkingen
Globale kansrijke RES-zoekgebieden		
A	Zeer kansrijk	Vrijwel volledig afgeschermd door NOTAMS
B	Zeer kansrijk	Gedeeltelijk afgeschermd door NOTAM. De noordelijke schil interfereert met de corridor. Mogelijk is het operationeel acceptabel als uitsluitend de meer noordelijke corridor gebruikt wordt. Daarmee wordt ook de interferentie met de noordelijke schil voorkomen.
C	Zeer kansrijk	Geen noemenswaardige interferentie.
D	Redelijk kansrijk	Dit gebied interfereert niet met het kerngebied of één van de aangegeven corridors. Het ligt wel op een aanvliegroete vanaf Gilze-Rijen naar het kerngebied. Verder overleg met Defensie zal nodig zijn om vast te stellen of de meer westelijke aanvliegroete (zoals aangegeven op de kaart) operationeel aanvaardbaar is.
E	Niet kansrijk	Dit gebied ligt in het kerngebied.
F	Matig kansrijk	Dit gebied ligt gedeeltelijk in de corridor en naast een reeds bestaand windpark, waardoor aanpassingen aan de corridor niet goed mogelijk zijn.
Globale minder kansrijke RES-zoekgebieden		
G	Niet kansrijk	Dit gebied blokkeert vrijwel de hele oost-west corridor
H	Gedeeltelijk kansrijk	Alles ten zuiden van GLV IX, richting 's-Hertogenbosch en Rosmalen is zeer kansrijk. Het gedeelte rond de Bergsche Maas is niet kansrijk. Het middengedeelte, ten westen van Kerkdriel, is kansrijk. Het noordelijke gedeelte, ten oosten van Zaltbommel en ten noorden van de N322 is kansrijk.
I	Gedeeltelijk kansrijk	Het gedeelte ten oosten van de aangegeven corridor is kansrijk.
J	Redelijk kansrijk	Het gebied interfereert gedeeltelijk met de uitvliegcorridor vanuit het kerngebied richting Deelen. De corridor zou iets naar het westen verlegd kunnen worden zodat het gebied volledig vrij zou blijven.

6 Conclusies en aanbevelingen

In deze studie is in kaart gebracht in hoeverre laagvlieggebied Maas en Waal (GLV IX) mogelijk geschikt is voor het realiseren van windturbines en windparken, zonder dat het gebied als oefengebied van Defensie, speciaal voor laagvliegtrainingen met militaire helikopters, aan waarde inboet.

In totaal zijn in het kader van de Regionale Energie Strategie door de provincie 10 zoekgebieden gedefinieerd, zie Figuur 2-1; zes daarvan (A-F) zijn, qua ruimtelijke ordening, als kansrijk aangemerkt en vier (G-J) als minder kansrijk. Op basis van het actuele operationele gebruik van het gebied is beoordeeld in welke mate de laagvliegoperaties bemoeilijkt kunnen worden door het plaatsen van hindernissen, zoals windturbines.

De resultaten zijn samengevat in Tabel 5-1.

Hieruit wordt geconcludeerd dat drie van de zes als kansrijk aangemerkte gebieden, inderdaad kansrijk zijn voor het ontwikkelen van windenergie. Dit zijn de gebieden A-C. Eén gebied (E) is niet kansrijk omdat het in het kerngebied van de oefeningen ligt. De andere twee gebieden zijn redelijk tot matig kansrijk.

Van de vier als minder kansrijk aangemerkte gebieden, zijn er twee gedeeltelijk kansrijk (H en I). Dat betekent dat er binnen de gebieden verschillen bestaan, waarbij een gedeelte wel en een gedeelte niet kansrijk is. Eén gebied (G) is niet kansrijk omdat het de oost-west corridor blokkeert. Het laatste gebied (J) is als redelijk kansrijk beoordeeld.

Deze conclusies zijn tot stand gekomen naar beste inzichten maar zonder formeel overleg met Defensie. Om deze reden wordt aanbevolen om, wanneer de plannen een iets definitievere vorm hebben aangenomen, in overleg te treden met Defensie om de inzichten en veronderstellingen te verifiëren die ten grondslag hebben gelegen aan de beoordeling van de zoekgebieden in deze studie.

7 Referenties

- 1 ICAO Annex 2 to the convention on international civil aviation, Rules of the air, 9th Edition, July 1990.
 - 2 UITVOERINGSVERORDENING (EU) Nr. 923/2012 VAN DE COMMISSIE van 26 september 2012 tot vaststelling van gemeenschappelijke luchtverkeersregels en operationele bepalingen betreffende luchtvaartnavigatiediensten en –procedures.
 - 3 Regeling minimum VFR-vlieghoogten en VFR-vluchten buiten de daglichtperiode voor militaire vliegtuigen en helikopters, Minister van Defensie, Geldend van 12-12-2014 t/m heden.
 - 4 NLR-CR-2017-218, Afmetingen obstakelvrije corridors rond VFR-routes. Bepaling van veilige afstanden tot windturbines. H.T.H. van der Zee en P.J. van der Geest, september 2018.
 - 5 B.G. van der Wall, DLR, Impact of wind energy rotor wakes on fixed-wing aircraft and helicopters, DLR.
-

Appendix A Definitie GLV IX en Route VO

Laagvlieggebied GLV IX (Maas/Waal):

Latitude WGS84	Longitude WGS84	RD x [m]	RD y [m]
51°52'19.76"N	005°37'16.51"E	171118	431538
51°48'00.40"N	005°39'00.31"E	173133	423530
51°46'59.97"N	005°34'59.93"E	168532	421647
51°47'30.07"N	005°32'30.07"E	165658	422571
51°46'59.97"N	005°28'59.79"E	161629	421634
51°45'00.44"N	005°28'59.79"E	161634	417940
51°45'00.41"N	005°20'13.29"E	151535	417936
51°44'47.75"N	005°19'29.50"E	150695	417545
51°44'37.65"N	005°19'02.93"E	150185	417233
51°44'18.74"N	005°18'21.24"E	149384	416650
51°44'09.90"N	005°17'53.45"E	148851	416377
51°44'10.07"N	005°17'36.94"E	148534	416383
51°44'19.66"N	005°17'06.45"E	147949	416680
51°44'21.74"N	005°16'46.05"E	147558	416745
51°44'19.14"N	005°15'56.79"E	146613	416666
51°44'02.09"N	005°15'23.33"E	145970	416140
51°43'59.29"N	005°15'06.15"E	145640	416054
51°43'59.80"N	005°14'42.65"E	145189	416071
51°44'26.16"N	005°13'49.49"E	144171	416888
51°44'34.72"N	005°13'12.56"E	143463	417154
51°44'32.32"N	005°12'52.42"E	143076	417080
51°44'26.54"N	005°12'26.74"E	142583	416903
51°44'22.22"N	005°11'59.54"E	142061	416771
51°44'22.91"N	005°11'32.97"E	141551	416793
51°44'29.07"N	005°11'03.87"E	140993	416985
51°44'32.32"N	005°10'36.45"E	140468	417087
51°44'31.98"N	005°09'53.09"E	139636	417079
51°44'20.51"N	005°08'27.76"E	137998	416730
51°44'06.48"N	005°07'09.98"E	136504	416302
51°43'53.30"N	005°06'18.79"E	135520	415898
51°43'26.90"N	005°05'15.36"E	134299	415087
51°43'15.48"N	005°05'01.07"E	134024	414735
51°42'51.42"N	005°04'31.87"E	133460	413994
51°42'39.65"N	005°04'00.40"E	132854	413633
51°42'34.52"N	005°03'43.79"E	132535	413476
51°42'29.17"N	005°03'18.78"E	132054	413313
51°42'25.96"N	005°02'45.38"E	131412	413216
51°42'24.78"N	005°02'18.63"E	130898	413182
51°42'25.32"N	005°01'54.85"E	130442	413201
51°42'26.92"N	005°01'23.03"E	129831	413254
51°42'31.52"N	005°00'40.71"E	129019	413400
51°42'33.88"N	005°00'26.55"E	128748	413474
51°42'36.01"N	004°59'50.01"E	128046	413544
51°42'40.40"N	004°59'15.73"E	127389	413683
51°42'32.60"N	004°58'71.75"E	127311	413443
51°42'23.18"N	004°57'33.44"E	125422	413162
51°42'24.04"N	004°56'56.37"E	124711	413193

Latitude WGS84	Longitude WGS84	RD x [m]	RD y [m]
51°42'31.14"N	004°55'53.44"E	123504	413420
51°42'44.78"N	004°54'58.17"E	122445	413848
51°42'49.94"N	004°54'24.60"E	121802	414012
51°42'55.27"N	004°54'06.77"E	121461	414179
51°43'01.04"N	004°53'54.53"E	121227	414359
51°43'31.85"N	004°53'57.32"E	121287	415310
51°43'51.74"N	004°54'42.44"E	122157	415919
51°44'31.10"N	004°55'26.15"E	123003	417130
51°45'16.77"N	004°55'59.02"E	123643	418538
51°45'50.89"N	004°56'04.62"E	123757	419591
51°46'15.70"N	004°56'06.37"E	123795	420358
51°47'20.52"N	004°56'23.50"E	124136	422359
51°47'45.97"N	004°56'19.83"E	124070	423146
51°48'40.73"N	004°57'53.03"E	125866	424828
51°49'03.94"N	004°59'35.49"E	127833	425534
51°49'10.93"N	005°00'24.83"E	128779	425745
51°48'52.25"N	005°02'14.91"E	130884	425157
51°49'29.60"N	005°04'49.16"E	133844	426298
51°49'28.94"N	005°05'35.96"E	134740	426274
51°48'46.54"N	005°07'34.61"E	137007	424955
51°48'43.46"N	005°08'28.01"E	138030	424856
51°48'55.11"N	005°09'55.90"E	139714	425211
51°48'48.52"N	005°10'59.84"E	140939	425004
51°48'30.50"N	005°13'10.14"E	143433	424440
51°48'55.77"N	005°14'52.53"E	145396	425217
51°49'19.50"N	005°18'14.68"E	149269	425945
51°49'15.32"N	005°18'51.37"E	149972	425815
51°48'57.30"N	005°19'27.41"E	150661	425257
51°48'37.75"N	005°19'47.62"E	151048	424653
51°48'20.61"N	005°20'07.18"E	151422	424123
51°48'07.65"N	005°20'55.30"E	152344	423721
51°48'13.40"N	005°21'47.81"E	153350	423899
51°49'13.12"N	005°22'49.12"E	154525	425744
51°50'39.48"N	005°24'46.45"E	156771	428413
51°52'09.56"N	005°25'39.62"E	157787	431198
51°52'59.88"N	005°26'39.39"E	158929	432753
51°53'15.70"N	005°27'45.09"E	160185	433244
51°53'17.90"N	005°30'39.99"E	163530	433316
51°53'58.99"N	005°33'26.32"E	166708	434592
51°52'31.87"N	005°34'47.79"E	168273	431904
51°52'19.76"N	005°37'16.51"E	171118	431538

Route VO

Latitude WGS84	Longitude WGS84	RD x [m]	RD y [m]	Plaats
51°27'00.00"N	004°20'12.00"E	81976	385072	Woensdrecht
51°37'16.00"N	004°30'47.00"E	94465	403946	Standdaarbuiten
51°41'35.00"N	004°56'53.00"E	124637	411678	Waspik
51°49'38.00"N	005°40'56.00"E	175338	426554	Hernen
51°50'58.00"N	005°33'38.00"E	166944	429000	Altforst
51°50'53.00"N	005°15'25.00"E	146025	428839	Waardenburg
51°52'11.00"N	005°03'04.00"E	131853	431295	Kedichem
51°51'50.00"N	004°56'17.00"E	124063	430688	Hoornaar
51°45'53.00"N	004°38'56.00"E	104033	419818	Dordrecht
51°42'55.00"N	004°37'31.00"E	102346	414334	Moerdijk
51°42'34.00"N	004°25'23.00"E	88363	413851	as Hollands Diep
51°39'24.00"N	004°20'35.00"E	82750	408056	as Volkerak
51°27'00.00"N	004°20'12.00"E	81976	385072	Woensdrecht.



Dedicated to innovation in aerospace

NLR - Koninklijk Nederlands Lucht- en Ruimtevaartcentrum

Koninklijke NLR werkt als neutraal opererend onderzoekscentrum met zijn partners aan een betere wereld van morgen. NLR biedt daarbij innovatieve oplossingen en technische expertise en zorgt voor een sterke concurrentiepositie van het bedrijfsleven.

NLR is ruim 100 jaar een kennisorganisatie met de diepgewortelde wil om te blijven vernieuwen en zet zich in voor een duurzame, veilige, efficiënte en effectieve lucht- en ruimtevaart.

De combinatie van diepgaand inzicht in de klantbehoefte, multidisciplinaire expertise en toonaangevende onderzoeksfaciliteiten, maakt snel innoveren mogelijk. NLR vormt in binnen- en buitenland de spilfunctie tussen wetenschap, bedrijfsleven en overheid, en overbrugt de kloof tussen fundamenteel onderzoek en toepassingen in de praktijk. Daarnaast werkt NLR als Groot Technologisch Instituut (GTI) sinds 2010 in de TO2-federatie samen aan toegepast onderzoek in Nederland.

Vanuit de hoofdvestigingen in Amsterdam en Marknesse en twee satellietvestigingen draagt NLR bij aan een veilige en duurzame maatschappij en werkt met partners in vele (defensie)programma's, onder andere aan complexe composieten constructies voor verkeersvliegtuigen en aan doelgericht gebruik van het F-35-jachtvliegtuig. Daarnaast geeft NLR invulling aan Nederlandse en Europese (klimaat)doelstellingen conform de Luchtvaartnota, de European Green Deal, Flightpath 2050, en door deelname aan programma's zoals Clean Sky en SESAR.

Voor meer informatie bezoek: www.nlr.nl

Postal address

PO Box 90502
1006 BM Amsterdam, The Netherlands
e) info@nlr.nl i) www.nlr.org

NLR Amsterdam

Anthony Fokkerweg 2
1059 CM Amsterdam, The Netherlands
p) +31 88 511 3113

NLR Marknesse

Voorsterweg 31
8316 PR Marknesse, The Netherlands
p) +31 88 511 4444