

# Verfijning van de Basiskaart Natuur

Segmentatie van luchtfoto's en het gebruik van het Actueel Hoogtebestand Nederland in duingebieden

G.W. Hazeu, J. Oldengarm, J. Clement, H. Kramer, M.E. Sanders,  
A.M. Schmidt & I. Woltjer

r a p p o r t e n



wot  
Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGENUR

*For quality of life*



## **Verfijning van de Basiskaart Natuur**

**Dit rapport is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.**

---

De reeks 'WOt-rapporten' bevat onderzoeksresultaten van projecten die kennisorganisaties voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu hebben uitgevoerd.

WOt-rapport **102** is het resultaat van een onderzoeksopdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Dit onderzoeksrapport draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals Natuurbalans, Milieubalans en thematische verkenningen.

# **Verfijning van de Basiskaart Natuur**

Segmentatie van luchtfoto's en het  
gebruik van het Actueel Hoogtebestand  
Nederland in duingebieden

G.W. Hazeu

J. Oldengarm

J. Clement

H. Kramer

M.E. Sanders

A.M. Schmidt

I. Woltjer

## **Rapport 102**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, november 2009

## Referaat

G.W. Hazeu, J. Oldengarm, J. Clement, H. Kramer, M.E. Sanders, A.M. Schmidt & I. Woltjer, 2009. *Verfijning van de Basiskaart Natuur; Segmentatie van luchtfoto's en het gebruik van het Actueel Hoogtebestand Nederland in duingebieden*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu. WOT-rapport 102. 94 blz. 26 fig.; 13 tab.; 15 ref.; 10 bijl.

Dit rapport behandelt de verkenning naar de mogelijkheid om de vegetatieklassen van de Basiskaart Natuur (BKN) verder onder te verdelen op basis van vegetatiestructuurtypen. De verkenning heeft geleid tot de ontwikkeling van een methode om met behulp van segmentatie van luchtfoto's en het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) de duingebieden in Nederland verder onder te verdelen. Kaal duingebied, begroeid duingebied onderverdeeld naar drie vegetatiehoogteklassen en water in het duingebied zijn te onderscheiden. De onderverdeling van de BKN-klasse duinen, strand en zandplaten in meer subklassen is met gedetailleerde vegetatiekaarten voor drie deelgebieden gevalideerd. Verder geeft het rapport aan welke mogelijkheden er liggen om met het AHN de andere BKN-klassen bossen, heide, stuifzanden en rietmoerassen verder te verfijnen.

*Trefwoorden:* vegetatiestructuurtypen, remote sensing, Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN), duinen, Basiskaart Natuur (BKN), segmentatie luchtfoto's

## Abstract

G.W. Hazeu, J. Oldengarm, J. Clement, H. Kramer, M.E. Sanders, A.M. Schmidt & I. Woltjer, 2009. Refining the Dutch Natural Areas Map; segmentation of aerial photos and the use of the Dutch digital elevation database in dune areas. Wageningen, Statutory Research Tasks Unit for Nature & the Environment. WOT-rapport 102. 94 p. 26 Fig.; 13 Tab.; 15 Ref.; 10 Annexes

This report explores the opportunities for subdividing the vegetation classes used in the Dutch Natural Areas Map (BKN), based on the structure of vegetation types. The exploratory study resulted in the development of a method to subdivide dune areas in the Netherlands by segmenting aerial photos and by using data from the digital elevation database for the Netherlands (AHN). This allowed us to distinguish barren dunes, vegetated dunes (with three vegetation height subclasses) and water bodies in dune areas. The subclassification of the BKN class dunes, beaches and sandbanks was validated for three specific areas on the basis of detailed vegetation maps. The report discusses options to refine the classification of other BKN classes, like forest, heathland, shifting sands and reed marshes using the digital elevation database.

*Key words:* vegetation types, remote sensing, digital elevation database (AHN), dunes, Dutch Natural Areas Map (BKN), segmentation, aerial photographs

**ISSN 1871-028X**

©2009 **Alterra Wageningen UR**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 07 00; fax: (0317) 41 90 00; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto:info.alterra@wur.nl)

---

De reeks WOT-rapporten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit rapport is verkrijgbaar bij het secretariaat. **Het rapport is ook te downloaden via [www.wotnatuurenmilieu.wur.nl](http://www.wotnatuurenmilieu.wur.nl).**

**Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu**, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 54 71; Fax: (0317) 41 90 00; e-mail: [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl); Internet: [www.wotnatuurenmilieu.wur.nl](http://www.wotnatuurenmilieu.wur.nl)

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vervoelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

## Woord vooraf

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) in het kader van het project 'Methode luchtfoto monitoring areaal terrestrische natuurtypen' - PP4.3) van de WOT Natuur & Milieu.

Mede dankzij de intensieve samenwerking met Arjen van Hinsberg (contactpersoon namens het PBL) en Rien Reijnen (deelprogrammameider van de WOT Natuur & Milieu) heeft het project een beter inzicht gegeven in de mogelijkheden om met remote sensing (met name luchtfoto's), het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) en additionele bestanden tot een verdere verbetering van de Basiskaart Natuur (BKN) te komen. Het rapport en het bestand voor het duingebied zijn hiervan het resultaat.

In het rapport zijn gedetailleerde vegetatiekaarten gebruikt van Terschelling, de Amsterdamse Waterleidingduinen en de Schoorlsche duinen. Deze kaarten waren onmisbaar voor de validatie van het projectresultaat: de verfijning van het duingebied naar meerdere BKN-subklassen. Een dankwoord aan Staatsbosbeheer en Amsterdamse Waterleidingen is hiervoor op zijn plaats.

Verder zijn in het rapport enkele grafieken en uitkomsten opgenomen over onderzoek naar hoogteschatting van bossen met behulp van het Actueel Hoogtebestand Nederland. Dit additionele onderzoek is uitgevoerd door Wim Daamen, waarvoor onze hartelijke dank.

Verder heeft goede afstemming plaatsgevonden met het LGN6 project en het WOt-project PP10.2 - Geodatabase Kwaliteitsborging Natuur.

*De auteurs*





# Inhoud

<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>Summary</b>	<b>11</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>13</b>
1.1 Probleemsituatie en achtergrond	13
1.2 Doelstelling	13
1.3 Afspraken over aanpak en afbakening	14
1.4 Leeswijzer	14
<b>2 Verkenning voor selectie te karteren BKN-klassen</b>	<b>17</b>
2.1 Methode	17
2.2 Resultaten verkenning	17
2.2.1 Begripsverduidelijking	17
2.2.2 Vergelijking Natuurtypen, BKN- en LGN-klassen	19
2.2.3 Selectie BKN-klassen en toegevoegde waarde remote sensing	21
<b>3 Materiaal en methoden</b>	<b>23</b>
3.1 Materiaal	23
3.1.1 Basiskaart Natuur 2004-2007	23
3.1.2 Bestand Fysisch-geografische regio's	23
3.1.3 Topografisch bestand Top10vector	23
3.1.4 Luchtfoto's	24
3.1.5 Actueel Hoogtebestand Nederland	24
3.1.6 Vegetatiekaarten	25
3.1.7 Software	25
3.2 Methoden	26
3.2.1 Definitie duingebied	26
3.2.2 Segmentatie en classificatie van luchtfoto's van duingebied	26
3.2.3 Veldwerk voor afbakening (on)begroeide duinen	31
3.2.4 Verfijning begroeide duinen op basis van AHN	32
<b>4 Verfijning van het duingebied</b>	<b>35</b>
4.1 Begroeid/onbegroeid duingebied	35
4.2 Verfijning begroeide duinen	37
4.3 Vegetatiestructuurtypen duingebied	39
4.4 Verkenning verfijning andere BKN-klassen met AHN	40
4.4.1 Bossen	40
4.4.2 Heide en Stuifzand	41
4.4.3 Rietmoeras	42
<b>5 Validatie met vegetatiekaarten</b>	<b>45</b>

5.1	Beschrijving validatiemethode en uitgangspunten	45
5.2	Validatie begroeid/onbegroeid duingebied	46
5.2.1	Terschelling	46
5.2.2	Amsterdamse Waterleidingduinen	47
5.2.3	Schoorlsche duinen	48
5.2.4	Samenvatting en conclusies	48
5.3	Validatie vegetatiehoogten	49
5.3.1	Terschelling	49
5.3.2	Amsterdamse Waterleidingduinen	50
5.3.3	Schoorlsche duinen	51
5.3.4	Samenvatting	52
<b>6</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>55</b>
6.1	Conclusies	55
6.2	Aanbevelingen	56
6.2.1	Segmentatie luchtfoto's	56
6.2.2	Toepasbaarheid Actueel Hoogtebestand Nederland	57
6.2.3	Verfijning andere BKN-klassen	57
6.2.4	Betrouwbaarheid en monitoring	58
	<b>Literatuur</b>	<b>59</b>
Annex I	Natuur- en beheertypen (Catalogus/Index Natuur, Landschap en Recreatie – beschrijving beheer- en recreietypen, concept fase 1, maart 2008).	61
Annex II	Legenda BKN-klassen (Kramer <i>et al.</i> , 2007).	63
Annex III	Beschrijving beheertypen vallend onder natuurtype 'Duinen' (Catalogus/Index Natuur, Landschap en Recreatie – beschrijving beheer- en recreietypen, concept fase 1, maart 2008).	65
Annex IV	Puntdichtheid van het Actueel Hoogtebestand Nederland ( <a href="http://www.ahn.nl">http://www.ahn.nl</a> ).	69
Annex V	Veldwerkopnames	71
Annex VI	Technische specificaties voor het aanmaken van de vegetatiehoogten vanuit de AHN.	73
Annex VII	Correctie vegetatiehoogte.	75
Annex VIII	Vergelijking Basiskaart Natuur met het bestand voor het duingebied (inclusief kleine gebieden) in oppervlakte per m <sup>2</sup> .	77
Annex IX	Indeling vegetatieklassen naar begroeid, onbegroeid en water.	79
Annex X	Indeling vegetatieklassen naar hoogte: laag (< 1 m), midden (1 – 3 m) en hoog (> 3 m)	85

## Samenvatting

In deze studie is verkend of de natuurklassen in de Basiskaart Natuur (BKN) verder verfijnd kunnen worden. Een verkenning van methoden heeft geleid tot een verdere indeling van BKN-klasse 91 - duinen, strand en zandplaten. Deze verfijning op basis van vegetatiekenmerken is uitgevoerd in twee stappen:

- segmentatie en classificatie van luchtfoto's voor het duingebied;
- onderverdeling van het begroeide duingebied naar verschillende vegetatiehoogten met het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN).

### **Aanpak**

De eerste stap betrof de indeling in water, begroeid en kaal voor een **breed** gedefinieerd duingebied (BKN-klasse 91 inclusief aangrenzende terrestrische natuur en niet-natuur insluitsels) om een betere aansluiting te hebben met de omgeving (andere Top10vector klassen). De tweede stap is uitgevoerd voor een **beperkter** duingebied (alleen BKN-klasse 91) waarbij de begroeide duinen zijn onverdeeld in drie indicatieve vegetatiehoogte klassen (<1 m, 1-3 m en >3 m). Uiteindelijk zijn de twee bestanden geïntegreerd en beperkt het uiteindelijke bestand zich tot het gebied waar de BKN-klasse 91 voorkomt met onderscheid naar kaal duingebied (<20% begroeiing), begroeid duingebied onderverdeeld naar vegetatiehoogte en water.

### **Resultaten**

De verfijning van de BKN-klasse 91 - duinen, strand en zandplaten heeft tot de volgende legenda geleid:

- 91 - Kaal duingebied is dat deel van de duinen waar minder dan 20% begroeiing voorkomt. Het is overwegend kaal zand.
- 92 - Begroeid duingebied dat meer dan 20% begroeid is. Het begroeide duingebied is op basis van AHN als volgt onderverdeeld:
  - 921 - begroeide duinen met een vegetatie lager dan 1 meter;
  - 922 - begroeide duinen met een vegetatie tussen 1-3 meter;
  - 923 - begroeide duinen met een vegetatie hoger dan 3 meter.
- 93 – Water in duingebied.

Het bestand is gevalideerd met behulp van (recente) vegetatiekaarten voor drie deelgebieden met een totale oppervlakte van 5399 ha. Het bestand wordt gekenmerkt door een hoge totale nauwkeurigheid (>75%). Met name de vegetatieklassen 'begroeid tot 1 m' en 'kaal zand' komen sterk overeen met de 'werkelijkheid' van de vegetatiekaarten. De klassen 'begroeid 1-3 m' en 'begroeid boven 3 m' geven lagere betrouwbaarheden. Echter de resultaten van de validatie worden op een niet gekwantificeerde manier beïnvloed door de volgende factoren:

- de gedateerdheid van de vegetatiekaarten (1999/2000) t.o.v. de luchtfoto's 2006);
- de problematische/arbitraire toekenning van vegetatietypen uit de vegetatiekaarten aan de nieuwe BKN-subklassen;
- de eigenschappen van het AHN en de afleiding van vegetatiehoogten;
- de spectrale verwarring tussen nieuwe BKN-subklassen en tussen tegels/luchtfoto's; en
- de beperkte oppervlakte aan onbegroeid duingebied in zowel het referentiebestand als in het te valideren bestand.

### ***Conclusies***

Een goede onafhankelijke referentiedataset met vegetatiehoogten per BKN-subklassen zou veel onzekerheid voor de validatieresultaten wegnemen.

Naast de goede mogelijkheden die het AHN biedt voor het duingebied, liggen er ook mogelijkheden voor het gebruik van het AHN voor een verdere opdeling van de BKN-klasse bos, heide, stuifzanden en rietmoerassen.

Het gebruik van luchtfoto's en AHN kunnen helpen bij monitoring van de natuur- en beheertypen die het beleid gedefinieerd heeft. Monitoring kan zich daarbij richten op het in beeld brengen van vooral kenmerken van de vegetatiestructuur die de kwaliteit van natuur- en beheertypen mede beschrijven. Wanneer wordt gezorgd voor kwalitatief goede luchtfoto's (spectraal informatie) en laserinformatie, dan vergroten de mogelijkheden van monitoring.

## Summary

This study explored whether the classification used for the Map of Dutch Natural Areas (*Basiskaart Natuur* or BKN) can be further refined. We have explored various methods and potential BKN classes, and arrived at a further subclassification of class 91 of the map, that of dunes, beaches and sandbanks. This refinement based on vegetation features was produced in a two-step process:

- segmentation and classification of aerial photographs of dune areas;
- subclassification of vegetated dunes on the basis of vegetation height, using the digital elevation database for the Netherlands (*Actueel Hoogtebestand Nederland* or AHN).

### **Method**

The first step involved subclassifying a **broadly defined** dune area (i.e. BKN class 91, together with adjoining terrestrial natural habitats and pockets of built-up area) into water bodies, vegetated dunes and barren dunes, to ensure compatibility with surrounding areas (i.e. other Top10vector classes). The second step was applied to a more **narrowly defined** dune area (only BKN class 91), and involved subdividing the vegetated dunes into three categories of vegetation height (<1 m, 1-3 m and >3 m). The two databases were then integrated, with the final database restricting itself to the area covered by the BKN class 91, in which barren dunes (<20% vegetation cover), vegetated dunes subclassified into three vegetation height categories, and water bodies are discerned.

### **Results**

The refinement of BKN class 91 (dunes, beaches and sandbanks) resulted in the following legend:

91 – Barren dune areas, i.e. those parts of the dunes with less than 20% vegetation coverage, mainly consisting of barren sand or coastal sands.

92 – Vegetated dune areas, i.e. those parts with more than 20% vegetation coverage.

The AHN current elevations database was used to subdivide vegetated dune into:

921 – vegetated dunes with a vegetation height of less than 1 m;

922 – vegetated dunes with a vegetation height of between 1 and 3 m;

923 – vegetated dunes with a vegetation height of over 3 m.

93 – Water bodies in dune areas.

Validation of the database with the help of recent vegetation maps for three specific areas, with a total surface area of 5399 ha, showed that it is characterised by a high level of accuracy (>75%). The vegetation classes 'vegetation height less than 1 m' and 'barren sand' in particular proved to correspond closely with the 'reality' shown on the vegetation maps. Lower levels of reliability were found for the classes 'vegetation height 1-3 m' and 'vegetation height over 3 m'. The results of our validation were, however, affected in non-quantified ways by the following factors:

- the fact that the vegetation maps were older than the aerial photographs (1999/2000 versus 2006);
- the problematic or arbitrary assignment of vegetation types on the vegetation maps to the new BKN subclasses;
- the characteristics of the AHN elevation database and the way vegetation height was calculated;
- the lack of spectral distinction between the new BKN subclasses and between aerial photographs; and
- the limited surface area of barren dunes in both the reference database and the database that was validated.

### ***Conclusions***

A reliable independent reference dataset with vegetation heights for the various BKN subclasses would remove much of the uncertainty about the results of the validation.

The AHN elevation database offers good opportunities for subclassifying not only the dune areas but also the BKN classes of forest, heathland, shifting sands and reed marshes.

The use of aerial photographs and the AHN elevation database may be useful for monitoring the various habitat and management types defined in nature policies. Monitoring could then concentrate on the assessment of those characteristics of vegetation structure that indicate the quality of habitat and management types. Opportunities for monitoring can be improved by ensuring the availability of high-quality aerial photographs (spectral information) and laser information.

# 1 Inleiding

## 1.1 Probleemsituatie en achtergrond

De Ecologische Hoofdstructuur (EHS) is een belangrijk instrument van het rijksnatuurbeleid dat wordt ingezet om biodiversiteit te behouden, te herstellen of te ontwikkelen. De realisatie van de EHS wordt als “operationeel doel” beschouwd en behoud, herstel en ontwikkeling van de biodiversiteit als “algemeen doel”. Voor de evaluatie van het nationale biodiversiteitsbeleid en het beleid voor de realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur is het belangrijk dat het areaal en de kwaliteit van natuur wordt gemonitord. Het recent ontwikkelde basisbestand Basiskaart Natuur (BKN) (Kramer *et al.*, 2007)) maakt het mogelijk op reproduceerbare wijze het areaal van globale natuurklassen in beeld te brengen.

In het kwaliteitsborgingstraject van het ministerie van LNV (Waarborging Natuurkwaliteit) is een andere meer uitgebreidere indeling van de natuur voorgesteld bestaande uit 18 algemene natuurtypen en 58 daarmee samenhangende beheertypen (de Index NL) die bestaande type-indelingen, zoals de pakketten van Programma Beheer en de natuurdoeltypen zal vervangen. Deze typologie is gerelateerd aan internationaal gebruikte natuurtypologieën zoals de watertypen van de Kaderrichtlijn Water en de habitattypen van de Habitatrictlijn. Bovendien heeft de typologie directe relaties met stuurfactoren als beheer, beheerkosten, en milieucondities. De typologie zou breed gebruikt moeten gaan worden in het natuurbeleid en –beheer. Zo zullen tussen Rijk en provincie afspraken gemaakt worden over ambities voor natuurkwaliteit (in termen van natuurtypen en bijbehorend kwaliteitsniveaus) en daarvoor te nemen maatregelen met bijbehorend tijdspad. Provincies leggen vervolgens verantwoording af aan het Rijk over de geleverde prestaties. Het Rijk rapporteert vervolgens op haar beurt aan de Tweede Kamer over de prestaties van de ingezette instrumenten en uitgevoerde activiteiten en de effecten in de zin van behaalde natuurkwaliteit als gevolg van de gerealiseerde EHS. Tussen provincies en beheerders zullen afspraken gemaakt worden over de beheerambities in termen van beheertypen en bijbehorende kwaliteitsniveaus en de financiering op basis van normbedragen voor beheerkosten per ha.

Om evaluaties en verkenningen op het gebied van natuur- en milieubeleid uit te kunnen voeren heeft het Planbureau voor de Leefomgeving informatie nodig over ligging, areaal en kwaliteit van natuur- en beheertypen.

## 1.2 Doelstelling

Dit project richt zich op het ontwikkelen van methoden om met behulp van luchtfoto's, laseraltimetrie (i.c. Actueel Hoogtebestand Nederland) en andere informatie de globale klassen van de Basiskaart Natuur (BKN) verder op te delen. De verfijning van de BKN dient gebaseerd te zijn op vegetatiestructuurtypen om een goede aansluiting te verkrijgen met de beheer- en natuurtypen die gebruikt worden in het natuurbeleid. Voorwaarde is dat deze "verfijning" op een zo transparant en reproduceerbaar mogelijke manier kan geschieden, zodat veranderingen in areaal van natuur- en beheertypen in de toekomst gevolgd kunnen worden. Gezien deze doelstelling is gefocust op gebruik van bestanden die met enige regelmaat ter beschikking komen, zoals luchtfoto's, satellietbeelden en het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN).

### 1.3 Afspraken over aanpak en afbakening

Voor de uitvoering van het onderzoek beschreven in dit rapport, zijn met de opdrachtgever, het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) de volgende afspraken gemaakt.

- Het PBL heeft gevraagd naar het ontwikkelen van een methode die zich beperkt tot het verfijnen van de natuurklassen in het bestand Basiskaart Natuur met bestaande data zoals luchtfoto's, satellietbeelden en andere databronnen. Het verder opdelen van klassen met behulp van veldwerk is niet in overweging genomen. Verwachting is dat beheerders mogelijk wel veldwerk gaan uitvoeren om kaarten van natuurtypen, beheertypen of hun kwaliteit te gaan maken.
- De ontwikkelde methode moet zo reproduceerbaar en herhaalbaar mogelijk zijn, dat wil zeggen dat voor verschillende tijdstippen op eenzelfde manier de verfijning van het basisbestand (de BKN) kan plaatsvinden opdat veranderingen in arealen in de tijd gevolgd kunnen worden. Daarom is vooral gekeken naar basisbestanden als luchtfoto's, AHN en satellietbeelden die met enige regelmaat beschikbaar komen.
- Het PBL wil graag dat de methode toepasbaar is voor geheel Nederland en niet beperkt zal blijven tot enkele deelgebieden. De verfijning van de natuurklassen zal daarom op nationale schaal plaatsvinden. Weergave van informatie in het nationale bestand zal niet gedetailleerder zijn dan de resolutie van de Basiskaart Natuur (pixel of rastercel van 25 m \* 25 m) en/of Top10vector (schaal 1:10 000). Uiteindelijk gebruik van de kaart is om op nationaal, provinciaal en –waarmogelijk- gebiedsniveau oppervlakten van natuur- en beheertypen te monitoren.
- Het PBL wil uiteindelijk een landelijke kaart van natuur- en beheertypen. In een quick scan is uitgezocht waar de raakvlakken liggen tussen de verfijning van BKN-klassen en de natuur- en beheertypen zoals gedefinieerd door het project 'Waarborging Natuurkwaliteit'. Binnen het project zijn echter maar enkele klassen verder uitgewerkt.
- Voor het PBL is het belangrijk dat verschillende databronnen, zoals LGN6, Basiskaart Natuur (BKN) en de Top10vector, goed op elkaar afgestemd worden. Dit geldt zowel voor de topografie als voor de inhoud.
- Om bestanden voor het PBL te gebruiken, is het belangrijk de kwaliteit en de nauwkeurigheid/betrouwbaarheid te kennen. Validatie en vastlegging van de procedure is daarom belangrijk om bestanden te maken.
- Wens van het PBL was om in dit project te komen tot een eerste kaart met verfijning van BKN-klassen richting natuur- en beheertypen. Tijdens dit project waren discussies over definities van natuur- en beheertypen en hun kwaliteit echter nog niet geheel afgerond. Aangezien duidelijk was dat bij de typologieën de vegetatiestructuur een belangrijke rol speelde, is verfijning van de BKN-klassen in deze richting gewenst.

### 1.4 Leeswijzer

In het eerste hoofdstuk wordt in het kort de achtergrond van dit project geschetst. Vanuit de probleemsituatie is de verfijning van de BKN-klassen met behulp van bestanden die regelmatig beschikbaar komen als doelstelling geformuleerd. De afbakening en de wensen van het PBL zijn puntsgewijs beschreven.

Het tweede hoofdstuk is een haalbaarheidsstudie naar de mogelijkheden om met remote sensing (luchtfoto's en satellietbeelden) de BKN-klassen op basis van vegetatiestructuurtypen verder onder te verdelen. De verfijning van BKN-klassen sluit via de vegetatiestructuurtypen aan bij de indeling in natuur- en beheertypen zoals gedefinieerd in het project 'Waarborging Natuurkwaliteit'. Uit de haalbaarheidsstudie is naar voren gekomen om zich allereerst te richten op het duingebied.



De gebruikte data en de gevolgde methode voor een verder uitwerking van het duingebied (BKN-klasse 91 - duinen, strand en zandplaten) worden in hoofdstuk 3 beschreven. Een korte beschrijving van de gebruikte data wordt gegeven met verwijzingen naar uitgebreidere achtergrond informatie. In het tweede deel worden de vier methodische stappen, (i) definitie duingebied, (ii) segmentatie/classificatieluchtfoto's, (iii) definitie begroeid/onbegroeid duingebied, (iv) nadere invulling begroeid duingebied met AHN beschreven die geleid hebben tot een verfijning van de BKN-klasse 91 besproken. Het onderdeel segmentatie en classificatie (sectie 3.2.2) beschrijft, naast de uiteindelijk landsdekkend geïmplementeerde methode, de verschillende onderzochte methodieken voor het proefgebied Terschelling.

Hoofdstuk 4 beschrijft een nadere indeling van het duingebied. Allereerst wordt het resultaat van de segmentatie/classificatie van de luchtfoto's besproken. Het duingebied is geclassificeerd in water, kaal zand en begroeide duinen. In paragraaf 4.2 komt de verfijning van de begroeide duinen op basis van de AHN ter sprake. In paragraaf 4.3 wordt de gehele verfijning van de BKN-klasse 91 naar BKN-subklassen gepresenteerd. Paragraaf 4.4 geeft voor enkele andere BKN-klassen aan welke mogelijkheden er zijn om met AHN voor die klassen tot een verdere indeling te komen.

Hoofdstuk 5 geeft naast de validatie resultaten voor de indeling van het duingebied in begroeid en onbegroeid, ook de resultaten voor de vegetatiehoogte indeling voor het begroeide deel van de BKN-klasse 91. De validatie heeft plaats gevonden met behulp van de vegetatiekaarten van de duingebieden van Terschelling, Schoorlsche duinen en de Amsterdamse Waterleidingduinen.

De conclusies en de aanbevelingen gebaseerd op de bevindingen uit dit project worden in hoofdstuk 6 beschreven. Daarnaast worden aanbevelingen gedaan voor de segmentatie van luchtfoto's, de toepasbaarheid van het Actueel Hoogtebestand Nederland, andere verfijningen van BKN-klassen op basis van AHN en de validatie.



## **2 Verkenning voor selectie te karteren BKN-klassen**

### **2.1 Methode**

In het kader van de 'Waarborging Natuurkwaliteit' is een breed gedragen systematiek ontwikkeld van 18 natuurtypen en 58 beheertypen (Annex I). Er is gestart met een verduidelijking van de begrippen waarbij de samenhang tussen structuur-, beheer- en natuurtypen is beschreven. Daarna is er een vergelijking gemaakt tussen de natuur- en beheertypen enerzijds en de klassen uit de Basiskaart Natuur (BKN) anderzijds. De indelingscriteria en de definities van de typen (BKN versus Waarborging Natuurkwaliteit) verschillen. De vergelijking geeft inzicht in de verhouding tussen de twee typologieën en maakt duidelijk in hoeverre beide indelingen met elkaar vergeleken kunnen worden en waar verfijning wenselijk/mogelijk is. Ook is er gekeken naar de relatie tussen het LGN-bestand (Landelijk Grondgebruik Nederland) en het BKN-bestand om inzicht te hebben in de thematisch overeenkomsten.

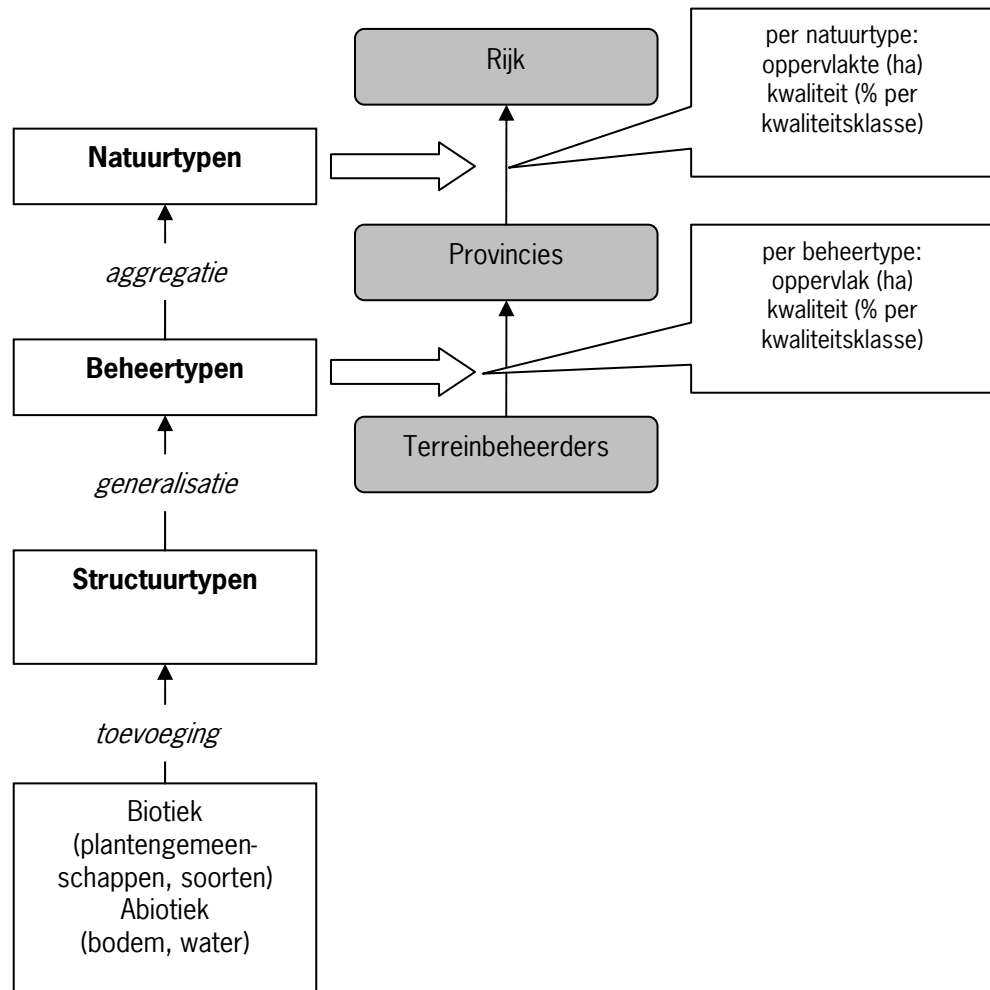
De verkenning is in feite een haalbaarheidsstudie om te zien welke BKN-klassen verfijnd kunnen worden. Insteek in dit project zijn de structuurtypen. Vegetatiestructuurtypen kunnen met remote sensing (luchtfoto's/satellietbeelden) worden onderscheiden (zie o.a. Küchler & Zonneveld, 1988). Verder kunnen mogelijk uit additionele bestanden nog abiotische kenmerken (bodemtype, grondwaterstanden etc.) worden toegevoegd. Echter de schaal, actualiteit en updatefrequentie van desbetreffende bestanden zijn belangrijke factoren die de toepasbaarheid bepalen. De BKN-klassen zijn gedefinieerd door de topografische kaart (Top10vector) (Kramer *et al.*, 2007). De mogelijke verfijning van de BKN-klassen is gebaseerd op vegetatiestructuurtypen die tevens voor de verbinding zorgen met de voor het beleid relevante natuur- en beheertypen.

Op basis van deze verkenning is in overleg met PBL een keuze gemaakt voor een BKN-klasse waar met behulp van luchtfoto's en AHN een verdere verfijning op basis van de vegetatiestructuur mogelijk wordt geacht.

### **2.2 Resultaten verkenning**

#### **2.2.1 Begripsverduidelijking**

Beheertypen zijn gedefinieerd als beheereenheid. Deze beheereenheid komt overeen met een bepaald vegetatiestructuurtype maar kan ook tot een bepaald maximum aandeel van andere structuurtypen omvatten. Bijvoorbeeld natschraalgrasland kan maximaal 20% 'open water' omvatten. De beheertypen zijn dus niet zonder meer herkenbaar aan alleen een bepaald vegetatiestructuurtype maar aan een combinatie van bepaalde biotische en abiotische kenmerken (zie beschrijving beheertypen in Index NL, maart 2008). Hetzelfde geldt dus voor de natuurtypen die weer bestaan uit een aggregatie van beheertypen. In Figuur 1 wordt schematisch weergegeven hoe structuur-, beheer- en natuurtypen met elkaar verweven zijn en hoe ze zich verhouden tot het beleid. Beheerders hebben te maken met de beheertypen waarover ze aan de provincies rapporteren wat betreft oppervlakte en kwaliteit, terwijl het Rijk correspondeert met de Tweede Kamer op het niveau van natuurtypen (Figuur 1).



Figuur 1. Schets van de verwevenheid tussen structuur-, beheer- en natuurtypen en hun verhouding tot beleid.

**Natuurtypen:** een indeling van de natuur in Nederland door een aggregatie van beheertypen.

**Beheertypen:** een indeling van de natuur in Nederland in beheereenheden op basis van *vegetatiestructuur* en abiotische condities (bodem en water). Beheertypen zijn niet zondermeer te karteren mede door het mogelijk voorkomen van meerdere structuurtypen binnen een beheertype. De beheertypen worden geaggregeerd naar natuurtypen.

**Structuurtype:** een levensvorm onderverdeeld naar kale grond, mossen, grassen, struiken (dwergstruiken en struweel), bos.

**Kwaliteitsniveaus:** een classificatie binnen elk natuur- en beheertype voor de aanwezige biodiversiteit (flora- en faunasoorten en levensgemeenschappen) en van de bijbehorende condities en processen (milieu, ruimte, structuur, mate van natuurlijkheid, wijze van beheer en natuurlijke processen).

## 2.2.2 Vergelijking Natuurtypen, BKN- en LGN-klassen

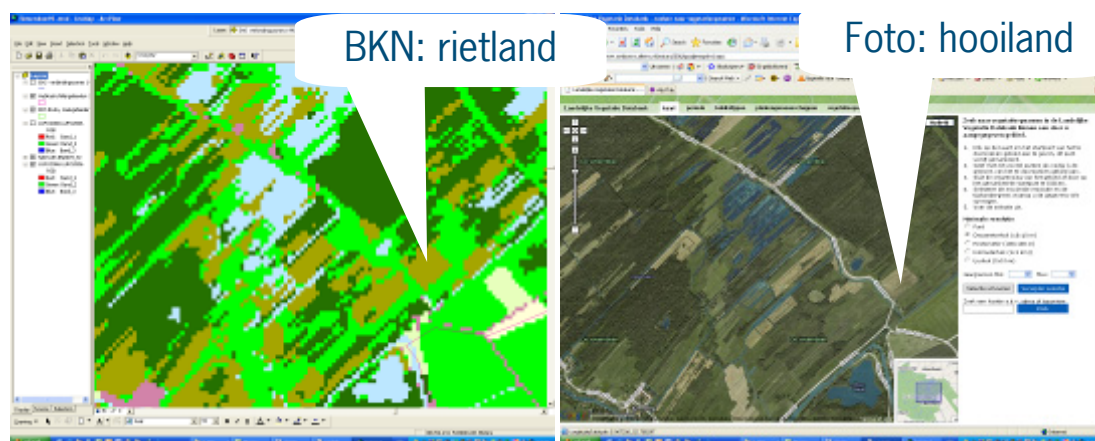
De Index NL geeft een beschrijving van de verschillende beheertypen. Op basis van deze beschrijvingen is een relatietabel gemaakt tussen de natuur- en beheertypen en de relevante BKN-klassen (Tabel 1). Annex II geeft de legenda van het BKN-bestand. Tabel 1 geeft een indicatie hoe de verschillende BKN-klassen zouden kunnen (goede definities en beschrijvingen zouden hiervoor het uitgangspunt moeten zijn) samenhangen met de natuur/beheertypen. Tevens biedt het de mogelijkheid om het voorkomen van natuurtypen/beheertypen ruimtelijk weer te geven.

De BKN-klasse 91 heeft bijvoorbeeld de meeste relatie met het natuurtype 'Open duinen' waarbij voornamelijk de beheertypen 'Embryonaal duin en strand' (8.01), 'Open duin' (8.02) en 'Vochtige duinvalei' (8.03) van belang zullen zijn. Beheertype 'Duinheide' (8.04) komt natuurlijk in de duinen voor maar zal waarschijnlijk meer relatie vertonen met de BKN-klasse 30 (heide). 'Duinheide' kan natuurlijk in BKN-klasse 91 voorkomen, maar zal niet weergegeven worden in het BKN-bestand. Annex III geeft de beschrijving van het natuurtype 'Open duin' als voorbeeld met de beschrijving van de hieronder vallende beheertypen.

*Tabel 1. Relatie tabel tussen relevante BKN-klassen en de natuur- en beheertypen. Nummers verwijzen naar coderingen volgens legenda BKN (Kramer et al., 2007), natuur- en beheertypen (zie Index NL, concept fase 1, maart 2008).*

Relevante BKN-klassen	Natuurtypen	Beheertypen
11 natuurgraslanden	Moerassen (5) voedsel arme venen en vochtige heide (6) schorren&kwelders (9) vochtige schraalgraslanden (10)  droge schraalgraslanden (11) voedselrijke graslanden en akkers (12) vogelgraslanden (13)	5.01, 5.02 6.01, 6.02, 6.03, 6.04  9.01 10.01, 10.02, 10.03 11.01 12.01, 12.02, 12.03, 12.04, 12.05 13.01, 13.02
30 heide	voedsel arme venen en vochtige heide (6) droge heide (7) open duinen (8)	6.01, 6.03, 6.04  7.01 8.04
40 bos	vochtige natuurbossen (14) droge natuurbossen (15) multifunctionele bossen (16) cultuurhistorische bossen (17)	alle typen alle typen alle typen alle typen
80 rietmoeras	Moerassen (5) voedsel arme venen en vochtige heide (6) open duinen (8) vochtige schraalgraslanden (10)  vogelgraslanden (13)	5.01, 5.02 6.02, 6.05, 6.06  8.03 10.01, 10.02, 10.03 13.01, 13.02
90 stuifzanden	droge heide (7)	7.02
91 strand, zandplaten	open duinen (8)	8.01, 8.02, 8.03

Bepaalde natuur- en/of beheertypen komen vaak in meerdere BKN-classes voor (zie Tabel 1). Het natuurtype droge heide komt zeer waarschijnlijk zowel in de BKN-classes 90 (stuifzanden) als in BKN-klasse 30 (heide) voor. Ook het natuurtype moeras zal zowel in rietmoeras (BKN-klasse 80) als in natuurlijke graslanden (BKN-klasse 11) voorkomen. Bij het bepalen van het BKN rietmoeras speelt expert kennis een rol, omdat het niet altijd goed herkenbaar is op de luchtfoto. Het is soms verwart met hooiland (Figuur 2). Echter het moeras op BKN beschrijft vrij goed de moerassen kaart van SOVON.



Figuur 2. Vergelijking BKN en luchtfoto voor moerassen en natuurlijk grasland (Weerribben).

Tabel 2. Relatie tabel tussen relevante BKN-classes en LGN-classes. Nummers verwijzen naar codering volgens de legenda van BKN en LGN.

Relevante BKN-classes	LGN-classes
11 natuurgraslanden	graslanden (1) kwelders (30) veenweidegebied (44) overig begroeid natuurgebied (45)
30 heide	duinheide (34) heide (36) matig vergraste heide (37) sterk vergraste heide (38) hoogveen (39)
40 bos	loofbos (11) naaldbos (12) (gemengd bos) bos in hoogveengebied (40) bos in moerasgebied (43)
80 rietmoeras	overige moerasvegetatie (41) rietvegetatie (42) bos in hoogveengebied (40) bos in moerasgebied (43)
90 stuifzanden	stuifzanden (35) kale grond in natuurgebied (46)
91 strand, zandplaten, duinen	open zand (31) open duinvegetatie (32) gesloten duinvegetatie (33) duinheide (34)

Tabel 2 geeft inzicht in hoe BKN-klassen en LGN-klassen zich tot elkaar verhouden. Idealiter zouden deze LGN5-klassen voorkomen binnen de genoemde BKN-klassen. Echter de geometrische basis van het LGN5 en BKN is verschillend, wat resulteert in andere combinaties tussen BKN en LGN5. In het nieuw te ontwikkelen LGN6-bestand zal de ruimtelijke ligging van de BKN-klassen gebruikt worden voor de LGN6-hoofdindeling. Hierdoor is er een betere 1:1 vertaling mogelijk. Met additionele bestanden zullen deze BKN-klassen verfijnd worden naar LGN6-klassen.

### **2.2.3 Selectie BKN-klassen en toegevoegde waarde remote sensing**

Voor de volgende natuurtypen is gekeken in welke mate remote sensing een bijdrage kan leveren aan het herkennen/omgrenzen van deze natuurtypen:

- 5. Moerassen
- 6. Voedselarme vennen en vochtige heiden
- 7. Droge heiden
- 8. Open duinen
- 9. Schorren en kwelders
- 10 t/m 13 diverse graslanden
- 14 t/m 17 diverse bossen

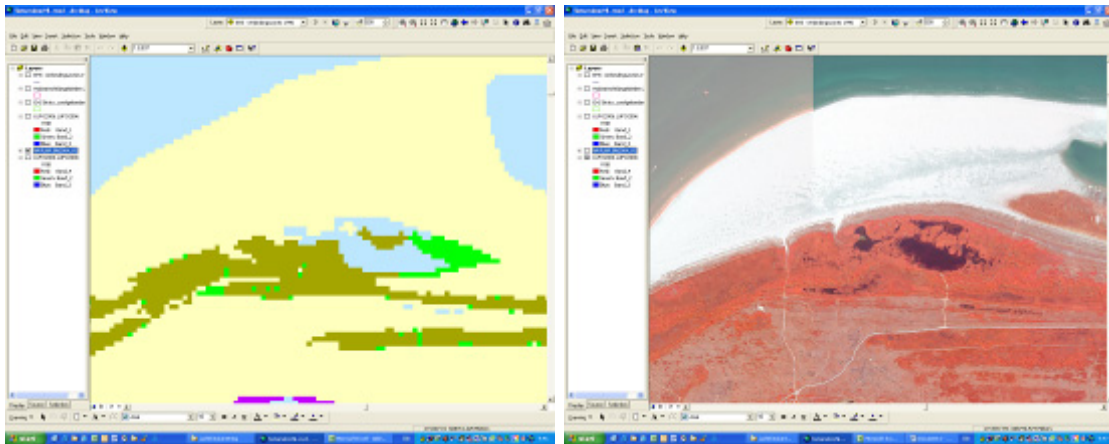
Zoals hierboven is beschreven zijn de natuurtypen gebaseerd op geaggregeerde beheertypen die vaak weer bestaan uit complexen van vegetatiestructuurtypen. De bijdrage van remote sensing ligt op het vlak van de identificatie van deze vegetatiestructuurtypen. De BKN is een goede basis, omdat het op een reproduceerbare wijze het areaal aan globale natuurklassen in beeld brengt. Echter de BKN-klassen moeten verder worden verfijnd om beter aansluiting te geven bij de natuurtypen die relevant zijn voor het natuurbeleid. De verfijning van de BKN-klassen op basis van vegetatiestructuurtypen (cq. vegetatiekenmerken) biedt hiervoor goede mogelijkheden.

Een eerste visuele verkenning door experts geeft aan dat vooral binnen de natuurtypen open duinen, droge heide (incl. zandverstuiving), kwelders en rietmoeras mogelijkheden liggen. Een verfijning met remote sensing van de met de natuurtypen overlappende BKN-klassen is mogelijk aangezien verschillen in type en mate van begroeiing binnen onder andere de BKN-klassen duinen, strand en zandplaten en heide herkenbaar zijn op luchtfoto's. Verder zijn binnen de BKN-klassen natuurgraslanden en/of rietmoeras riet- en hooilanden en kwelders met luchtfoto's te identificeren.

Verschillen tussen vegetatiestructuurtypen zijn met remotesensingtechnieken te herkennen, omdat de eigenschappen van de typen verschillen. Buiten & Clevers (1990) noemen de volgende eigenschappen van bedekkingen die daarbij van belang zijn:

- de vorm en grootte (ruimtelijk resolutie);
- de straling en/of reflectie-eigenschappen (radiometrische resolutie);
- de spectrale (golflengte, frequentie en kleur) eigenschappen (spectrale resolutie);
- de veranderingen in de tijd (temporele resolutie).

Naast de eigenschappen van de bedekking worden de mogelijkheden ook bepaald door het type remotesensingmateriaal dat gebruikt wordt. Ook hier zijn ruimtelijke, spectrale en temporele resolutie van belang. Om optimaal gebruikt te maken van remote sensing dienen de eigenschappen van de vegetatie overeen te komen met mogelijkheden van het gebruikte remotesensingmateriaal (Hazeu *et al.*, 2002). De remotesensinggegevens kunnen verder visueel/handmatig, semi-automatisch of automatisch geclassificeerd worden. In genoemd rapport komen ook de voor- en nadelen van het gebruik van remote sensing ten opzichte van veldwaarnemingen ter sprake.



*Figuur 3. Vergelijking BKN en luchtfoto voor duingebied Ameland. Naast BKN-klasse 91 (duinen, strand en zandplaten) komen ook BKN-klasse heide, rietmoeras en natuurlijk grasland voor. In de BKN-klasse 91 komt veel variatie voor in vegetatietype en bedekking.*

Om vegetatiestructuurtypen (verfijning van de BKN-natuurklassen) op basis van remote sensing te herkennen, bestaat veel achtergrondinformatie. Voor de onderverdeling van moerassen en bossen is onder meer onderzoek gedaan in het kader van kwaliteitsverbetering MNP-modellen (Hazeu *et al.*, 2002). Voor bossen is hierbij onder andere gekeken naar het onderscheid op basis van bostype, bedekking en hoogte. Voor het onderscheiden van verschillende vegetatietypen binnen de duinen zijn verschillende deelstudies bekend op vooral de Waddeneilanden (Kloosterman *et al.*, 1995; Zonneveld *et al.*, 1997; Til *et al.*, 2003). Voor heide is er een recente studie verschenen om met hyperspectrale remote sensing onderscheid te maken tussen verschillende habitattypen die binnen de heide voorkomen (Kooistra *et al.*, 2008). Voor het onderscheid binnen natuurlijke graslanden zijn voor zover ons bekend geen studies met behulp van remote sensing verricht. Verschillen zijn met name gebaseerd op abiotiek. Verschillen op basis van het wel of niet aanwezig zijn van riet zouden wel mogelijk moeten zijn.

Op basis van de mogelijkheden van remote sensing en de prioriteiten van de opdrachtgever zijn de volgende voor verfijning in aanmerking komende BKN-klassen geselecteerd:

1. duinen (struweel/kaal/grassen),
2. natuurgraslanden (riet/geen riet en abiotiek),
3. bossen (structuur/homogeniteit) en
4. heide (mate van vergrassing)

Uiteindelijk is prioriteit gegeven aan de BKN-klasse 91 (oftewel Top10vector zand), omdat deze klasse gekenmerkt wordt door een grote mate van heterogeniteit qua begroeiing (Figuur 3). Verder zijn de duinen een dynamisch landschap zijn waar veel veranderingen plaats vinden die deels bepaald worden door het natuurbeleid. Monitoring van verandering zal dus van groot belang zijn.

De verfijning van de BKN-klasse 91 duin, strand en zandplaten heeft plaats gevonden op basis van verschillen in vegetatiestructuurtypen. Voor de andere BKN-natuurklassen is gekeken of op basis van AHN (gebaseerd op laser altimetrie) een onderverdeling in vegetatiestructuurtypen mogelijk is.

Verder heeft afstemming plaats gevonden met LGN6. Dezelfde Top10vector versie is gebruikt als voor zowel het duingebied als voor BKN 2007. Het schaalniveau is 1:10 000 en de kleinst karteerbare eenheid is 2500 m<sup>2</sup>.



## 3 Materiaal en methoden

In dit hoofdstuk wordt allereerst een korte beschrijving gegeven van de data die gebruikt is voor de verfijning van de BKN-klasse 91 duinen, strand en zandplaten (par. 3.1). Voor een uitgebreidere beschrijving van de data wordt verwezen naar relevante literatuur cq. websites. In het tweede deel 'Methode' wordt stapsgewijs de gevolgde procedure beschreven. Hierbij kunnen de volgende stappen worden onderscheiden:

1. begrenzing van het duingebied (zie 3.2.1)
2. segmentatie en classificatie van luchtfoto's (zie 3.2.2)
3. definiëring begroeid en onbegroeid duingebied (zie 3.2.3)
4. onderverdeling begroeide duinen naar vegetatiehoogte (zie 3.2.4)

### 3.1 Materiaal

#### 3.1.1 Basiskaart Natuur 2004-2007

Het bestand BKN2004 (Kramer *et al.*, 2007) is een rasterbestand gemaakt op basis van Top10vector. De hoofdindeling, zoals grasland, bos en heide is hieruit overgenomen. Daarnaast is er voor de afbakening van het rietmoeras ook gebruik gemaakt van de rietsymbolen uit Top10vector. Beheerbestanden zijn gebruikt om extensief beheerd grasland in natuurgebieden te onderscheiden van intensief gebruikt grasland in agrarische gebieden. De gebruikte beheerbestanden zijn van Programma Beheer (PBDshape\_blv) en het bestand Staatsbosbeheer 2005 (SBB2005). Naast de bestanden met beheer informatie zijn ook het Bestand BodemGebruik 2000 (BBG2000) en het bestand Fysisch Geografische Regio's (FGR-plus) gebruikt om natuur te onderscheiden en de klasse zand onder te verdelen in een kustregio (duinen, strand en zandplaten) en een binnenlandse regio (zandverstuivingen en stuifduinen).

#### 3.1.2 Bestand Fysisch-geografische regio's

Het bestand FGR is een ruimtelijke indeling van Nederland in negen fysisch-geografische regio's op schaal 1:50.000 (heuvelland, hogere zandgronden, duinen, laagveengebied, rivierengebied, zeekleigebied, afgesloten zeearmen, getijdengebied en Noordzee). Het gebruikte bestand (FGR-plus) is een afgeleide van de versie uit 1999 en ontwikkeld in het kader van het Hotspots project (Runhaar *et al.*, 2005). De duinen zijn handmatig opgesplitst in kalkrijke duinen (du), kalkarme duinen (kd) en geestgronden (ge) op basis van de ondergrond van de ecodistricten-kaart (Klijn, 1997). Het bestand dekt geheel Nederland en de geometrie is gebaseerd op de bodemkaart. Het bestand is gebruikt om een onderverdeling te maken van het Top10vector zand in stuifduinen in het binnenland en duinen, strand en zandplaten in de kuststrook (zie 3.2.1).

#### 3.1.3 Topografisch bestand Top10vector

De Topografische Dienst Nederland maakt het topografische bestand Top10vector. De Top10vector is de digitale versie van de topografische kaart van Nederland met schaal 1:10 000. Het bestand is gebaseerd op visuele interpretatie van panchromatisch luchtfoto's in combinatie met veldwerk. Het bestand bestaat uit een verzameling van vlakken, lijnen en punten, verdeeld over deelbestanden voor huizen, vlakken, symbolen en lijnen. Bij de

vervaardiging van het bestand BKN2007 is gebruik gemaakt van de informatie betreffende huizen, vlakken en (spoor)lijnen. Het bestand beslaat geheel Nederland, ongeveer 1350 kaartbladen van elk 5 km bij 6,25 km.

De kaartbladen worden minimaal elke vier jaar vernieuwd. Momenteel gaat de updatecyclus voor dynamische gebieden naar twee jaar. De update cyclus van de Top10vector bladen ligt momenteel tussen de twee en vier jaar. Bij het aanmaken van het bestand BKN2007 is gebruik gemaakt van de SE-editie van Top10vector uit 2006. Deze 2006 editie is een Top10vector versie waarbij de kaartbladgrenzen ontbreken.

### **3.1.4 Luchtfoto's**

De luchtfoto's zijn digitaal opgenomen in de periode april – juni 2006. Naast het kleurenbeeld (RGB-banden) is ook een infrarood (IR) band beschikbaar. De luchtfoto's, bekend als Digitale Kleuren Luchtfoto Nederland (DKLN) zijn geleverd door Eurosense. De luchtfoto's hebben een ruimtelijke resolutie van 0,5 m en een nauwkeurigheid van 1 m (zie <http://www.idelft.nl/DKLN/brochure.pdf>).

Tegels beslaan een gebied van 4 km \* 4 km en zijn opgebouwd uit verschillende foto's (zie Figuur 4 in par. 3.2.2). De foto's zijn gevlogen in lijnen en tussen de vlieglijnen bestaan verschillen in reflectie als gevolg van tijdsverschillen (zonstand) en verschillen in opnamehoek. De door Eurosense geleverde luchtfoto's zijn samengevoegd tot eenheden van 4 km \* 4 km (oftewel tegels). Tussen tegels en binnen tegels bestaan kleur- en kwaliteitsverschillen. Deze verschillen zijn niet gecorrigeerd, wat de interpretatie van de foto's voor het duingebied bemoeilijkt.

### **3.1.5 Actueel Hoogtebestand Nederland**

Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is op basis van laseraltimetrie (LIDAR) ontwikkeld door het Data-ICT-Dienst van (DID) van Rijkswaterstaat (AGI, 2000). Het AHN is een hoogtemodel gebaseerd op grondpunten (GRD-punten). Het wordt in het algemeen gebruikt om de hoogte van het maaiveld te bepalen. De meetpunt dichtheid varieert binnen Nederland maar het minimum is 1 punt per 16 m<sup>2</sup> met uitzondering van bosgebieden waar een dichtheid geldt van 1 punt per 36 m<sup>2</sup> (zie Annex IV en <http://www.ahn.nl/punt dichtheid.php>). De positionele precisie van de RD-coördinaten van de gemeten punten wordt geschat op minder dan 30 cm. De gemiddelde afwijking van het AHN bedraagt 5 cm t.o.v. de maaiveldhoogte (standaardafwijking 15 cm). Deze afwijkingen worden vastgesteld aan de hand van referentiegebieden die verspreid liggen over het opnamegebied. Om de maaiveldhoogte te bepalen, worden ongewenste hoogtemetingen van bijvoorbeeld huizen, auto's en vegetatie uit het bestand gefilterd ([www.ahn.nl](http://www.ahn.nl)).

Het bestand bevat naast de GRD-punten waarop het AHN is gebaseerd, ook additionele informatie, de zogenaamde VEG-punten. De VEG-punten zijn afwijkende punten, dat wil zeggen punten die buiten een bepaalde bereik ten opzichte van hun omgeving liggen, die niet gebruikt zijn in het hoogtemodel. Ze bevatten onder meer informatie over de vegetatiehoogte. In niet bebouwde gebieden zijn dit punten gelegen op vegetatie en/of liggende op overlappende vliegstroken.

Het gebruikte AHN heeft een ruimtelijke resolutie van 25 m<sup>2</sup> (5 m \* 5 m in het terrein).

### 3.1.6 Vegetatiekaarten

Vegetatiekaarten zijn kaarten (GIS-bestanden) die informatie geven over de voorkomende vegetatietypen of plantensoortensamenstelling van natuurgebieden. Verschillende terrein-beherende organisaties zoals Staatsbosbeheer gebruiken deze kaarten in bijvoorbeeld beheerplannen voor hun gebieden. De inventarisatie van voorkomende vegetatietypen en plantensoortensamenstelling gebruiken ze voor planning en evaluatie van het terreinbeheer, zoals het maaieregime. De vegetatiekaarten beslaan slechts een deel van Nederland; niet alle natuurgebieden zijn gekarteerd.

Vegetatiekaarten worden door verschillende organisaties gemaakt met verschillende doelen. Veelal worden de vegetatietypen onderbouwd en gebaseerd op vegetatieopnamen. Een vegetatieopname is een proefvlakje van beperkte grootte - bijvoorbeeld 4 m<sup>2</sup> - , waarbinnen alle voorkomende plantensoorten en hun bedekking wordt genoteerd. Op basis van de soortensamenstelling van enkele (meestal minimaal 5) overeenkomstige opnames wordt een vegetatietype beschreven. De grenzen van deze typen (homogene kaartvlakken) worden vastgesteld in het veld met luchtfoto's en topografische kaarten. De schaal van de kaarten is meestal 1:5 000 of 1:10 000. De karteerders ter plekke maken vaak op basis van de opnamen een lokale typologie. Deze lokale typologie wordt dan vertaald naar een referentie, bijvoorbeeld subdoeltypen (SBB), associaties (De Vegetatie van Nederland), enz. Daarom komt het voor dat kaarten afkomstig van verschillende organisaties ook anders zijn opgezet en een andere inhoud bevatten en/of op een andere manier zijn geclassificeerd. Dit maakt het lastig om de kaarten te combineren tot één bestand. De kaarten afzonderlijk kunnen echter goed gebruikt worden voor vergelijking/ validatie met het duingebied.

Voor de validatie van het duingebied is gebruik gemaakt van de volgende vegetatiekaarten:

- Terschelling (eigenaar; Staatsbosbeheer en 1998-1999) (Buro Bakker, 2000);
- Amsterdamse Waterleidingduinen ( eigenaar; GWA, jaar; 1989-1998);
- Schoorlsche Duinen (eigenaar; SBB, jaar 2000).

De kaarten Amsterdamse Waterleidingduinen en Schoorlsche duinen zijn eerder gebruikt voor het project 'Effecten van eilandvarianten in de Noordzee op de ecologie van strand en duin' (Sanders *et al.*, 2004). Voor dit project zijn verschillende vegetatiekaarten verzameld, deze hadden veelal een verschillende codering/ classificatie. Voor het project is destijds een eenduidige indeling op basis van De Vegetatie van Nederland (DVN) gemaakt en alle kaarten zijn hierop aangepast. Deze aangepaste versies worden in dit project gebruikt.

### 3.1.7 Software

In het project is de volgende software gebruikt:

- Definiens voor het segmenteren/classificeren van het duingebied;
- Erdas Imagine voor het omzetten luchtfoto's van 16-bit en van 0,5 m \* 0,5 m naar 2,5 m \* 2,5 m;
- ArcInfo-workstation/ArcMap voor berekeningen vegetatiehoogten, aggregaties van 5 m \* 5 m naar 25 m \* 25 m, selecties, dissolve, herclassificatie en eliminatie kleine polygonen (< 2500 m<sup>2</sup>).

## 3.2 Methoden

### 3.2.1 Definitie duingebied

Het duingebied komt overeen met het zand uit de Top10vector (versie 2006) dat binnen de Fysisch Geografische Regio 'Duinen' ligt (**beperkte** definitie duingebied). De verfijning van het duingebied heeft betrekking op een nadere detaillering van het zand in de Top10vector oftewel BKN-klasse 91.

In het duingebied komen volgens de omschrijvingen van het project 'Waarborging Natuurkwaliteit' met name de beheertypen embryonaal duin (8.01), open duin (8.02), vochtige duinvalleien (8.03) en duinheide (8.04) voor. De beheertypen verschillen in vegetatiestructuur. De embryonale duinen zijn met name kaal of slechts spaarzaam begroeid, de open duinen worden gekenmerkt door structuurrijke begroeiingen en kale delen, vochtige duinvalleien bevatten open water en lage pionierbegroeiingen, zeggenvegetaties en kruipwilg en de duinheide is met name droge tot natte heide in het duingebied (zie Annex III voor uitgebreide definities).

Voor de segmentatie en classificatie van de luchtfoto's is een **breder** definitie van het duingebied gebruikt om een betere aansluiting te hebben met de andere Top10vector klassen. Het "uitgebreidere" duingebied is als volgt samengesteld:

- de BKN-klasse 91 duinen, strand en zandplaten (Top10vector zand gelegen binnen de FGR-duinen), waarbij
- de aangrenzende terrestrische natuur uit BKN is meegenomen, waarbij
- de niet-natuur insluitsels binnen de combinatie (BKN-klasse 91 + BKN natuur) zijn ook opgenomen (parkeerplaatsen, bebouwing etc).

### 3.2.2 Segmentatie en classificatie van luchtfoto's van duingebied

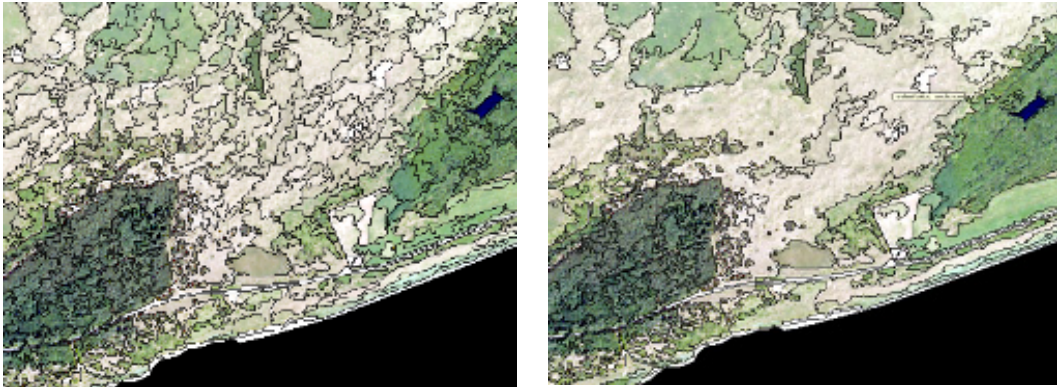
#### **Algemeen**

Luchtfoto's uit 2006 zijn gebruikt om met behulp van Definiens (voorheen Ecognition) gebieden met ongeveer gelijke reflectiewaarden te onderscheiden, die naar verwachting indicatief zijn voor een vegetatiestructuurtype. De segmentatie, dat wil zeggen het omgrenzen van homogene gebieden, van de luchtfoto's vindt plaats in twee stappen:

- (i) 'multi resolution segmentation';
- (ii) 'spectral difference segmentation'.

Tijdens de 'multi resolution segmentation' worden segmenten (polygonen) gevormd op basis van gemiddelde spectrale waarden door een gelijkenis van naastgelegen pixels in de foto. Bij deze segmentatie is gekeken naar de reflectie in het infrarood, rood, groen en blauw. De grootte van de segmenten is afhankelijk van de ruimtelijke schaal waarop gewerkt wordt. Daarbij wordt een afweging gemaakt tussen de rekentijd en de homogeniteit van de segmenten. Met andere woorden: een fijn schaalniveau met relatief homogene kleine segmenten en een lange rekentijd, of een grof schaalniveau met grote relatief heterogene segmenten en een korte rekentijd.

De tweede stap in de segmentatie is 'spectral difference segmentation'. Hierbij worden de gemiddelde reflectiewaarden van segmenten met elkaar vergeleken. Indien de gemiddelde reflectie tussen segmenten kleiner is dan het opgegeven maximale spectrale verschil dan worden segmenten samengevoegd (Figuur 4).



*Figuur 4. Voorbeeld van 'multi resolution segmentation' (links) gevolgd door 'spectral difference segmentation' (rechts), waarbij zichtbaar is dat het aantal segmenten afneemt. Verder is duidelijk te zien dat verschillen op de luchtfoto door de segmentatie techniek worden herkend. Gebieden met verschillende reflectie worden van elkaar gescheiden.*

Uit RGB-waarden, dat zijn de reflectiewaarden in het rood, groen en blauw, kunnen de 'Brightness', 'Hue' en 'Saturation' worden berekend. Definiens kent deze eigenschappen toe aan de segmenten.

### **Resultaten segmentatie verkenning**

De procedures om het duingebied te segmenteren en te classificeren zijn allereerst ontwikkeld voor het testgebied Terschelling. De segmentatie en classificatie heeft zich m.n. gericht op het onderscheid tussen water, kaal zand, lage en opgaande begroeiing (4 klassen). De verkenning van de mogelijkheden om m.b.v. Definiens luchtfoto's te segmenteren heeft tot de volgende resultaten geleid:

- Uit luchtfoto's blijkt het duingebied oftewel met name de BKN-klasse 91 'duinen, strand en zandplaten' nog veel variatie in vegetatiestructuur te vertonen.
- Variatie in BKN-klasse 91 is ook opgemerkt met Definiens. Segmentatie van het duingebied op basis van luchtfoto's met een resolutie van 0,5 m \* 0,5 m (0,25 m<sup>2</sup>) leverde echter veel zeer kleine segmenten op en vergde zeer veel rekentijd. Luchtfoto's met een resolutie van 2,5 m \* 2,5 m (6,25 m<sup>2</sup>) voldoen aan het gewenste detail passend bij een schaal 1:10 000. Door het werken met deze resolutie neemt de rekentijd voor segmentatie drastisch af.
- Het onderscheid tussen begroeide en onbegroeide duinen blijkt minder omslachtig bepaald te kunnen worden met behulp van segmentatie technieken dan op basis van de Normalised Difference Vegetation Index (NDVI). De NDVI, een vegetatie index berekend op basis van reflecties van het rode en nabij-infrarode licht, hoeft bij de segmentatie niet berekend te worden en levert geen verbetering van het resultaat. Segmentatie is uitprobeerde met verschillende eigenschappen die aan de luchtfoto kunnen worden ontleend. Echter de beste segmentatie resultaten voor het onderscheid tussen kale en begroeide duinen zijn behaald met de 'Brightness' oftewel helderheid eigenschap. De kale gebieden zijn lichter van kleur.
- De tegels zijn uitsnedes bestaande uit meerdere luchtfoto's. Kleurverschillen tussen tegels, maar ook binnen één tegel maakt automatische classificatie moeilijk (zie Figuur 5). De instellingen van Definiens zijn daarom per foto aangepast. Met Definiens is het mogelijk om op basis van spectrale eigenschappen onderscheid te maken tussen water, lage begroeiing, hoge begroeiing en kaal zand. Echter met name kleurverschillen binnen één tegel maken het lastig om onderscheid te maken tussen opgaande en lage begroeiing. De voorwaarden voor het onderscheid tussen lage en opgaande begroeiing verschillen voor verschillende delen van de tegel (donker/licht).

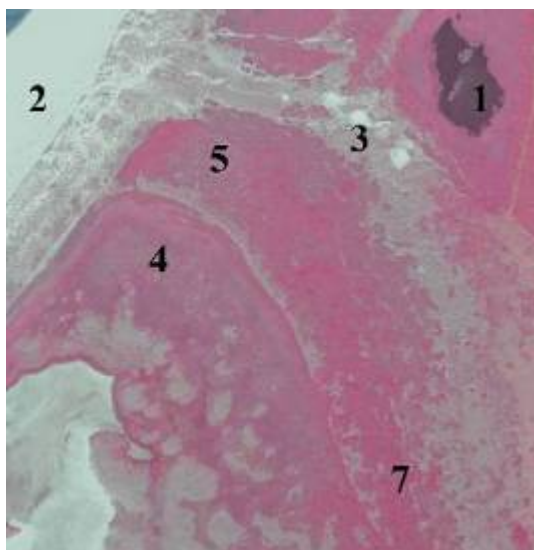
- Een verder onderscheid binnen de vier vegetatiestructuurtypen water, kaal zand, lage en opgaande begroeiing naar meer klassen met Definiens is niet mogelijk als gevolg van de slechte kwaliteit van de luchtfoto's. Voor kleinere gebieden waar de kwaliteit van de luchtfoto homogeen is zou de aanpak wel werken. Handmatig en op basis van de spectrale eigenschappen van elk segment of polygoon zijn deze vier klassen voor Terschelling verder onderverdeeld in negen vegetatiestructuurtypen (zie Tabel 3). Echter dit vergt veel expertkennis en tijd. Figuur 6 geeft een voorbeeld van hoe een aantal van de vegetatiestructuurtypen er op de luchtfoto uitzien.
- De vergelijking van de negen vegetatiestructuurtypen met de vegetatiekaart van Terschelling leverde de volgende resultaten (Tabel 3):
  - lage percentages goed geïdentificeerd areaal voor de meeste klassen
  - hoge percentage voor kaal en begroeid als alleen onderscheid wordt gemaakt naar de vier 'groe' structuurtypen water, kaal zand, lage en opgaande begroeiing met percentages van respectievelijk 7, 72, 90 en 64%.

De tweedeling in kaal zand en begroeide duinen is een waardevolle ecologische aanvulling op beschikbare gegevens uit Top10vector (zie Tabel 4).



*Figuur 5.*

*Luchtfoto van het duingebied in Noord-Holland. Binnen en tussen de tegels, d.w.z. de blokken van 4 km \* 4 km weergegeven door de donkere lijnen zijn duidelijk kwaliteitsverschillen waarneembaar. Kleurverschillen (donker/licht) voor eenzelfde vegetatiestructuurtype bemoeilijken een landsdekkende automatisch segmentatie en classificatie.*



*Figuur 6.*

*Luchtfoto met een aantal van de in Tabel 3 genoemde begroeiingen.*

Tabel 3. Classificatie resultaten voor 9 structuurtypen vergeleken met de vegetatiekaart van Terschelling.

Vegetatiestructuurtype (nummer correspondeert met de vegetatie in de figuur)	Karakteristieken op luchtfoto	% goed geclassificeerd (nauwkeurigheid)
1. Water	Donker/zwart	15
2. Kaal zand	Wit-lichtblauw	71
3. Open duin oftewel zandige duinen met droge lage vegetatie	Licht roodbruin	52
4. Duingrasland met duinvalleivegetatie en graslandachtige vegetatie	Rood	77
5. Duingrasland met laag struweel		30
6. Laag struweel, kruipwilg en duindoornstruweel	Structuurrijk	32
7. Struweel, vlier, wilgen en berken struwelen		78
8. Bos		93
9. Duinheide		50

Tabel 4. Overeenkomsten tussen (vegetatiestructuur)typen van de Top10vector, de luchtfotoclassificatie en de beheertypen (IndexNL).

Topkaart	Luchtfoto (herkenbaar)	Beheertypen (IndexNL)
Zand	Kaal zand	Strand en embryonaal duin
	Open duin	Open duin
	Struweel	
Grasland	Duingrasland	Vochtige duinvallei
Heide	(heide)	Duinheide
Loof, naald, gemengd bos	Bos (loof/naald)	Duinbos
Water	Water	Zoete plas / brak water

Daarnaast is ook gekeken naar de mogelijkheden voor een automatische interpretatie (segmentatie/classificatie) van de vegetatiestructuur voor het duingebied op basis van Landsat TM-satellietbeelden (resolutie 25 m \* 25 m). De segmenten zijn geclassificeerd als zijnde water, kaal, lage of hoge begroeiing. De bewerkingstijd is korter maar de segmentatie levert een minder gedetailleerd resultaat. Daarnaast leveren de segmentaties uitgevoerd op satellietbeelden met verschillende opname data sterk verschillende resultaten voor de vorm en grootte van segmenten. Resultaten zijn niet gevalideerd, maar de afname in detail waren reden om niet verder te gaan met de segmentatie van de satellietbeelden.

#### **Definitieve keuze materiaal en methode voor landsdekkend bestand**

Op basis van bovenstaande resultaten bleek het mogelijk om op basis van luchtfoto's binnen het duingebied onderscheidt te maken in water, begroeid en onbegroeid gebied. Om het hele duingebied te classificeren in bovengenoemde klassen, is gewerkt langs de volgende stappen:

- Selectie van de luchtfoto's voor het duingebied;
- Omzetting van luchtfoto's naar het juiste format (8 bit, unsigned, 2,5 m \* 2,5 m, img);
- Segmentatie van luchtfoto's (2,5 m resolutie) m.b.v. Definiens. Proefondervindelijk levert een eerste segmentatie ('multi resolution') met schaalfactor 20 gevolgd door een spectrale segmentatie ('spectral difference') met schaalfactor 7 de beste segmentatie resultaten. De spectrale segmentatie voegt segmenten uit de eerste segmentatie stap samen op basis van spectrale homogeniteit tussen segmenten;

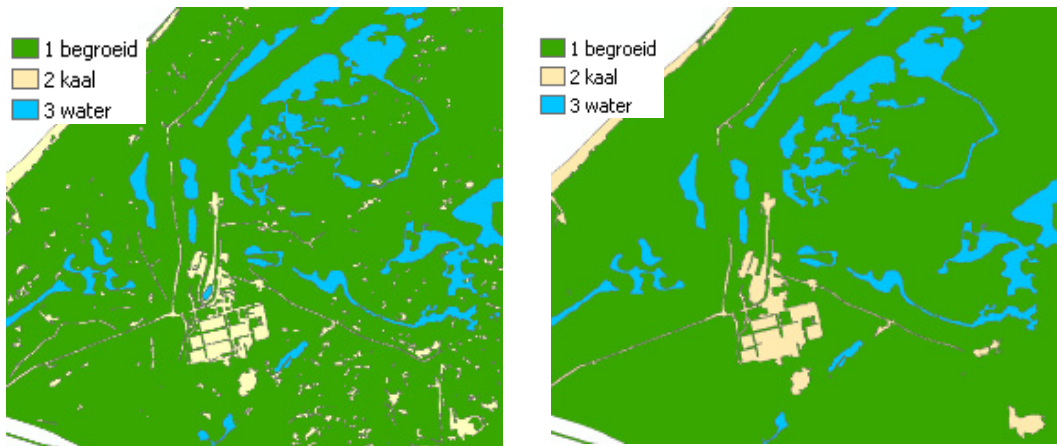
- Classificatie van water, kaal en begroeid op basis van helderheid ('brightness'). Onderscheid tussen opgaande en lage begroeiing is achterwege gelaten als gevolg van grote kleurverschillen binnen tegels;
- Export van de Definiens bestanden naar shapefiles is voor elke klasse afzonderlijk nodig a.g.v. technische beperkingen van Definiens;
- Shapefiles worden omgezet naar 'feature class' om ingeladen te worden in een file geodatabase. Per tegel wordt voor elke klasse (kaal, begroeid en water) een shapefile aangemaakt. Een file geodatabase maakt het mogelijk om deze shapefiles samen te voegen waardoor het mogelijk is om de overlap op te sporen en te elimineren;
- Visueel nalopen verschillende klassen en omzetten fout geclassificeerde segmenten naar juiste klassen;
- Het duingebied bevat nog bebouwd gebied als gevolg van de procedure die gebruikt is om het duingebied te definiëren. Het bebouwd gebied dient bij samenvoeging met het BKN-bestand de behorende BKN-klasse te krijgen.

De klassen ('feature classes') water, kaal en begroeid zijn aparte bestanden en zijn samengevoegd tot één bestand. Het bestand is visueel nagelopen en het samengevoegde bestand is opgeschoond. Segmenten kleiner dan 2500 m<sup>2</sup> zijn geselecteerd en met de 'eliminate' functie in ArcMap samengevoegd met de omliggende segmenten ongeacht de overeenkomst in klasse. Het kleine segment wordt toegekend aan het omliggende segment waar het, het grootste raakvlak mee heeft. Segmenten kleiner dan 2500 m<sup>2</sup> komen uiteindelijk dus niet voor in het bestand. Er wordt echter wel een vergelijking gemaakt tussen het oorspronkelijke en het opgeschoonde bestand. De vergelijking vindt plaats na verrastering van beide bestanden naar 25 m \* 25 m. Het uiteindelijke bestand is immers ook een rasterbestand en zo is het mogelijk om te zien wat het effect van eliminatie van kleine eenheden is op de totale oppervlakten van de rasterbestanden. Het effect van de eliminatie op de oppervlakten is namelijk geringer voor de rasterbestanden dan voor de shapefiles. Het verrasteren gebeurt eerst naar 5 m \* 5 m en de rasters worden daarna geaggregeerd naar 25 m \* 25 m rastercellen (gelijk aan BKN-methode). Het verrasteren gebeurt in twee stappen om informatie verlies tegen te gaan. Immers bij het verrasteren van vector naar rasters worden rastercellen als 'no-data' weergegeven als er geen duidelijke meerderheid voor een bepaalde klasse is.

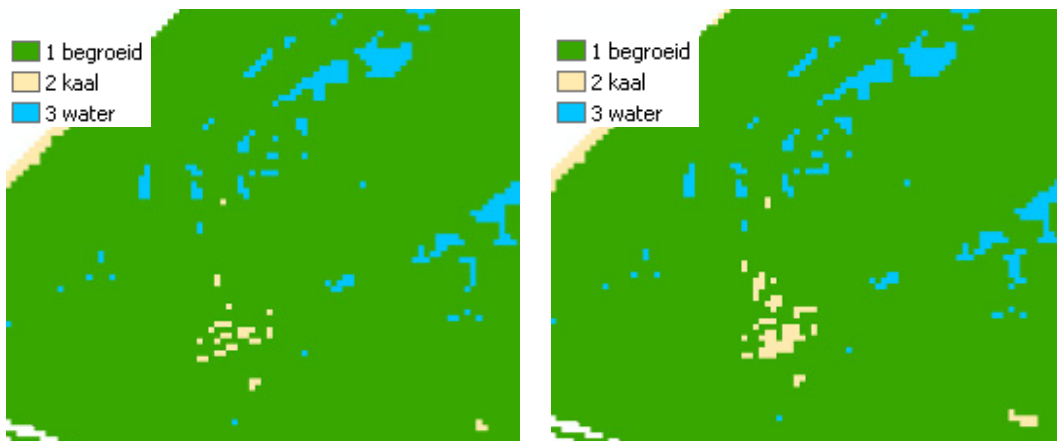
Figuur 7 en Figuur 8 geven een indruk van de verschillen in areaal en beeldvorming tussen het vectoren- en het rasterbestand waarbij al dan niet de kleine eenheden zijn geëlimineerd:

1. Vectorbestand, waarbij de oorspronkelijke segmenten binnen dezelfde klassen samengevoegd zijn.
2. Vectorbestand, waarbij segmenten kleiner dan 2500 m<sup>2</sup> zijn samengevoegd met de aangrenzende klasse.
3. Rasterbestand, waarbij het vectorbestand (1) verrastert is naar 5 m \* 5 m raster. Het rasterbestand is daarna geaggregeerd naar 25 m (= 625 m<sup>2</sup>).
4. Rasterbestand, waarbij het vector bestand (2) verrastert is naar 5 m \* 5 m raster. Het rasterbestand is daarna geaggregeerd naar 625 m<sup>2</sup>.





*Figuur 7. Uitsnede vectorenbestanden voor (links) en na (rechts) eliminatie van eenheden kleiner dan 2500 m<sup>2</sup>.*

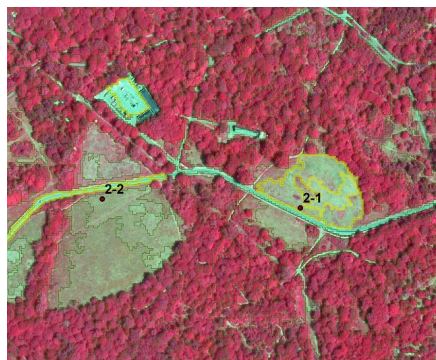


*Figuur 8. Uitsnede rasterbestanden (25 m<sup>2</sup>) voor (links) en na (rechts) eliminatie van eenheden kleiner dan 2500 m<sup>2</sup>.*

### **3.2.3 Veldwerk voor afbakening (on)begroeide duinen**

Een kort veldwerk heeft plaatsgevonden om een beter beeld te krijgen van de classificatiemogelijkheden voor het duingebied. Het hoofddoel van het veldwerk is om de als begroeid en onbegroeid geclassificeerde segmenten te karakteriseren. Een uitgebreide tabel met de veldwerkopnames is te vinden in Annex V.

Voorafgaand aan het veldwerk zijn tien locaties geselecteerd. Bij de selectie speelde verschillen in kleur en helderheid op de luchtfoto's een rol. Daarnaast was een aanvullende voorwaarde dat de locaties binnen een werkdag bezocht konden worden. Ter plekke zijn nog enkele locaties bekeken en beschreven en later met de luchtfoto vergeleken. Ook zijn enkele segmenten bezocht waarover twijfel bestond bij de klasse toekenning (Figuur 9). Per locatie is aangegeven hoeveel procent van het segment op die locatie begroeid was. Verder is er een beschrijving gemaakt van elk segment en zijn omgeving (vegetatiestructuur), opdat een vergelijking gemaakt kan worden tussen de luchtfoto en de werkelijkheid. Het veldwerk heeft plaatsgevonden in september 2008 in de duinen van Zuid-Holland (noordelijk van Den Haag).



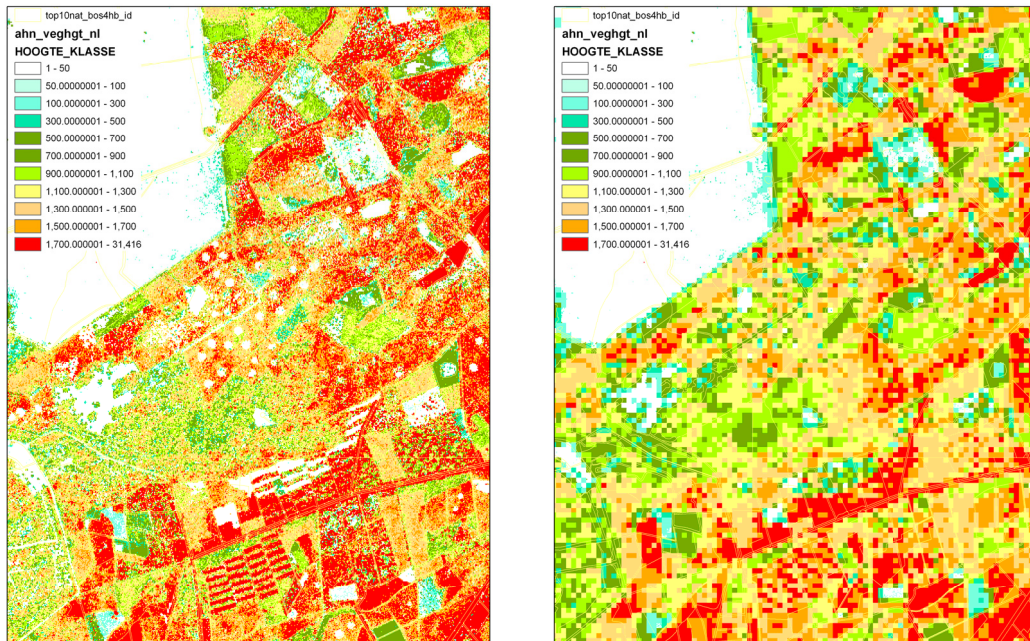
2-1	Als kaal geclassificeerd (donkere vlekken binnen licht gebied)	90% begroeid	Begroeid	Ruig grasland, vlak terrein
-----	--	--------------	----------	-----------------------------

*Figuur 9. De locatie waar twijfel over bestond (2-1) is als kaal geclassificeerd. Toch is er op de luchtfoto een rode kleur te zien binnen het segment. In het veld blijkt dit gebied begroeid te zijn.*

De punten zijn verdeeld over de klassen begroeid en kaal. Met name binnen de klasse begroeid zijn punten geselecteerd die er verschillend uitzien op de luchtfoto. Vooral in het begroeide deel bestond namelijk twijfel of de classificatie tot het juiste resultaat had geleid. De kleur- en textuur verschillen zijn binnen deze klasse groot. Verder is het van belang om de variatie te kennen binnen de klasse begroeid. Veel begroeide segmenten lijken veel kale grond te bevatten. Het is van belang om welke percentages kale grond het binnen deze segmenten gaat. Enkele kale segmenten zijn geselecteerd om de aanwezige vlekken op de luchtfoto te verifiëren (kaal of begroeid).

### 3.2.4 Verfijning begroeide duinen op basis van AHN

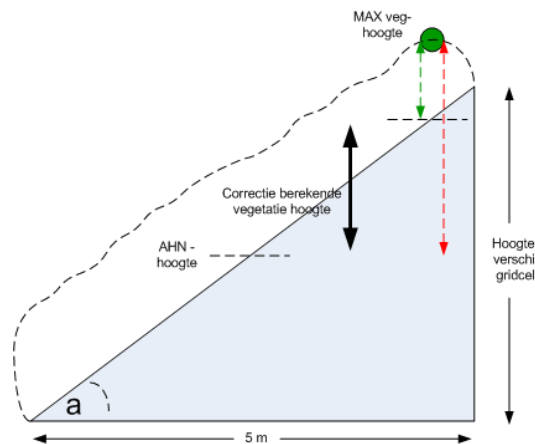
Segmentatie en classificatie van het begroeide deel van de BKN-klasse 91 in meerdere vegetatiestructuurtypen was niet mogelijk omdat de kwaliteit, afwijkingen in kleur en helderheid groot zijn tussen en binnen de luchtfoto's en tegels (zie sectie 3.2.2). Om de onderverdeling van het duingebied verder uit te breiden is met het Actueel Hoogtebestand Nederland (zie sectie 3.1.5 voor uitgebreide beschrijving van het hoogtemodel) getracht de klasse begroeid in relevante hoogteklassen onder te verdelen om de verschillende vegetatiestructuurtypen, met name ruige hoge vegetatie en struweel, te benaderen. Deze vegetatiestructuurtypen vallen vooral binnen het beheertype 'Open duinen'. Deze onderverdeling heeft zich gericht op de BKN-klasse 91 (de **bepaalde** definitie van het duingebied) aangezien dit duingebied minder 'vervuild' is met ander landgebruik. Hier komen bijvoorbeeld geen Top10vector bossen en gebouwen in voor.



Figuur 10. Vergelijking 5 m en 25 m rasters voor de afgeleide vegetatiehoogteklassen

### Omzetting AHN naar vegetatiehoogte

Om de vegetatiehoogten uit het AHN te bepalen, is per 5 m \* 5 m AHN-rastercel het hoogste punt geselecteerd. In principe zijn hiervoor de VEG-punten genomen. Echter in het geval dat er per AHN-rastercel slechts GRD-punten zijn, is het hoogste GRD-punt gekozen. De ruwe vegetatiehoogte per 5 m \* 5 m AHN-rastercel is berekend door van de hoogte van het geselecteerde VEG/GRD-punt de gemiddelde hoogte komend uit het AHN af te trekken (maximale vegetatiehoogte minus de gemiddelde AHN-hoogte, d.w.z. rode pijl in Figuur 11). Deze vegetatiehoogte per 5 m \* 5 m is uitgemiddeld naar 25 m \* 25 m rastercellen (zie Figuur 10). De uitmiddeling zorgt ervoor dat artefacten verdwijnen en de 25 m \* 25 m rastercellen komen overeen met de grootte van de rastercellen van het BKN en het LGN.



Figuur 11. Correctie vegetatiehoogte in geaccidenteerd terrein. Voor het verschil tussen de ruwe berekende vegetatiehoogte (rood) en de werkelijke vegetatiehoogte (groen) wordt gecorrigeerd. De correctie voor de berekende vegetatiehoogte (zwart) is met behulp van het hoogteverschil binnen de rastercel te bepalen. Dit hoogteverschil is met de hellingshoek voor de 5 m \* 5 m rastercel te bepalen. De hellingshoek voor de rastercel wordt afgeleid uit het Actueel Hoogtebestand Nederland. Het AHN is een schatting van de maaiveldhoogte voor geheel Nederland gebaseerd op GRD-punten bepaald met laseraltimetrie.

### **Correctie ruwe vegetatiehoogte**

De berekende ruwe vegetatiehoogte per 5 m AHN-rastercel (maximale vegetatiehoogte minus de gemiddelde AHN-hoogte) is gecorrigeerd voor de hellingshoek. De correctie is nodig aangezien de vegetatie systematisch te hoog is geschat voor sterk geaccidenteerde terreinen (bijvoorbeeld duinrijen). Het verschil tussen de werkelijke vegetatiehoogte (*groene pijl in figuur 11*) en de berekende ruwe vegetatiehoogte (*rode pijl in figuur 11*) neemt toe bij een steilere helling. De te hoge schatting van de vegetatiehoogte wordt veroorzaakt doordat er een grotere kans is dat de geselecteerde VEG/GRD-punten bovenaan de helling voor een 25 m \* 25 m (= 625 m<sup>2</sup>) rastercel liggen. Immers per 5 m \* 5 m rastercel is steeds het hoogste VEG/GRD-punt gekozen.

De correctie van de vegetatiehoogte voor een 625 m<sup>2</sup> rastercel betreft de helft van het berekende hoogteverschil van de rastercel (zie onderstaande Figuur 11). Deze berekende hoogtecorrectie wordt van de ruwe berekende vegetatiehoogte afgetrokken. Hiermee komt de vegetatiehoogte meer overeen met het werkelijke hoogteverschil tussen het geselecteerde VEG/GRD-punt en de locatie van het punt (bovenaan) de helling<sup>1</sup>.

Verder is er uit pragmatische overwegingen voor gekozen een VEG/GRD-waarneming pas mee te nemen in de bepaling van de vegetatiehoogte als deze groter is dan de helft van het hoogteverschil voor die rastercel. Negatieve waarden worden niet meegenomen. Voordeel van deze methode is dat vegetatiehoogte niet wordt overdreven. Het nadeel is dat je wellicht te veel corrigeert waardoor je rastercellen krijgt waar wel lage vegetatie staat maar zonder vegetatiehoogte. Bij aggregatie naar 25 m \* 25 m wordt dit nadeel deels ondervangen door de uitmiddeling. Een 25 m \* 25 m rastercel bevat nu een vegetatiehoogte.

### **Vegetatiehoogten**

De vegetaties zijn op basis van vegetatiehoogten ingedeeld in de volgende drie klassen:

- Laag (< 1 m);
- Midden (1 - 3 m);
- Hoog (> 3 m);

Het gaat hierbij om relatieve klassen binnen de klasse begroeid opdat onderscheid is te maken tussen lage kruidvegetatie, struweel en bos. De vegetatiehoogten zijn als een indicatie gebruikt en moeten niet gezien worden als absolute klassengrenzen. Bij het vaststellen van de grenzen tussen verschillende vegetatiehoogten zijn de volgende factoren mee genomen:

- onnauwkeurigheid AHN in hellingrijk terrein;
- vegetatiehoogtes zijn variabel binnen een grondvlak van 5 m \* 5 m;
- vegetatiehoogtes zijn niet direct af te leiden uit de vegetatiekaart.

Er is dus een afweging gemaakt tussen de nauwkeurigheid van de met AHN bepaalde vegetatiehoogten en de mogelijkheid om ecologisch relevante grenzen af te leiden uit vegetatiekaarten. Vegetatiehoogten lager dan 1 m met AHN bepaald hebben geen hoge betrouwbaarheid door de gehanteerde methode (veel ruis). Boven de 3 m wordt in de ecologie vaak gezien als een hoogte waar aan bos dient te voldoen. De uiteindelijke hoogte indeling is gebaseerd op 'trial and error'. Een meer gedetailleerde indeling van de vegetatiehoogten heeft volgens ons geen zin. Verder zijn 'losse' 25 m \* 25 m pixels (minder dan drie aaneengesloten pixels) met dezelfde vegetatiehoogten samengevoegd met hun omgeving. Annex VI en VII geeft de uitgebreide technische specificaties voor het aanmaken van de vegetatiehoogten vanuit het AHN en de correctie van de vegetatiehoogte.

---

<sup>1</sup> Voorbeeld correctie berekening: AHN<sub>gemid</sub> = 5 m, hoogteverschil = 10 m, vegetatiehoogte = 2 m, maximale vegetatiehoogte = 12 m, ruwe vegetatiehoogte = 7 (= maximale vegetatiehoogte - AHN<sub>gemid</sub>)  
werkelijke vegetatiehoogte = 7 - (0.5 \* 10) = 2 m (= ruwe vegetatiehoogte - (0.5 \* hoogteverschil)).

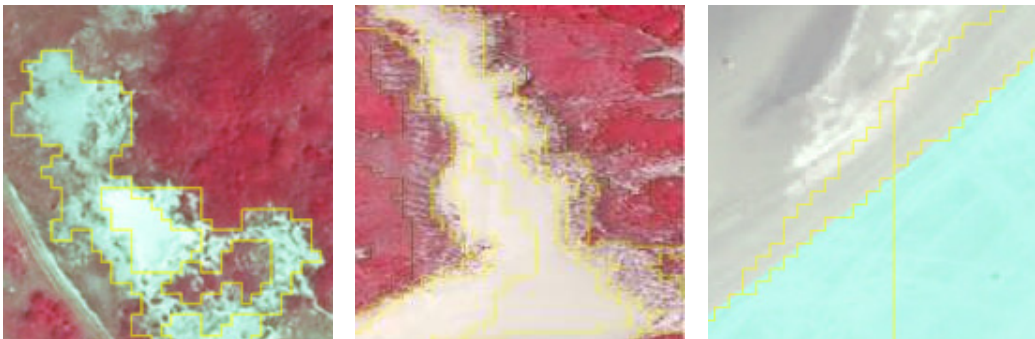


## 4 Verfijning van het duingebied

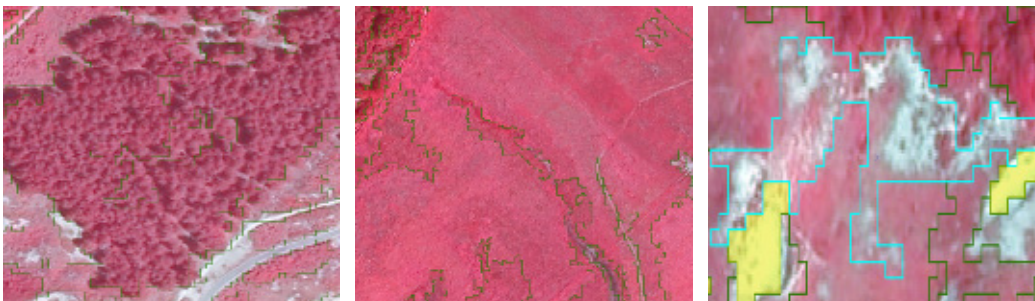
In dit hoofdstuk worden de resultaten besproken van de uiteindelijk gekozen methoden die geleid hebben tot een verdere opdeling van het duingebied. In paragraaf 4.1 worden de resultaten van de segmentatie/classificatie van luchtfoto's voor het breed gedefinieerde duingebied besproken. Het betreft hier de indeling van het duingebied in de klassen onbegroeid, begroeid en water. Verder wordt het onderscheid tussen begroeid en onbegroeid in relatie tot vegetatiebedekkingsgraad toegelicht. De resultaten van de verfijning van de begroeide duinen met AHN voor het beperkte duingebied wordt in paragraaf 4.2 gepresenteerd. De segmentatie/classificatie en verdere verfijning van de begroeide duinen met AHN heeft geleid tot vijf vegetatiestructuurtypen die kort worden toegelicht in paragraaf 4.3. Paragraaf 4.4 geeft een kort overzicht van de mogelijkheden om met behulp van AHN tot een verdere verfijning te komen van de BKN-klasse bos, heide, stuifzanden en rietmoeras.

### 4.1 Begroeid/onbegroeid duingebied

Het onderscheid tussen begroeid en onbegroeid is gelegd bij een vegetatiebedekking van 20%. Deze drempelwaarde is naar aanleiding van het veldwerk bepaald. Hierbij is gekeken naar overeenkomsten in vegetatiebedekking voor zowel de begroeide als onbegroeide segmenten. Annex V geeft een overzicht van de punten bezocht in het veld met een beschrijving van het punt op de luchtfoto en in het veld. Figuren 12 en 13 (luchtfoto's) en Figuren 14 en 15 (panoramafoto's) geven enkele visuele voorbeelden van begroeide en onbegroeide duinen.



*Figuur 12. Karakteristieke segmenten voor de klasse kaal duingebied (91) op de luchtfoto.*



*Figuur 13. Karakteristieke segmenten voor de klasse begroeid duingebied (92) op de luchtfoto.*



*Figuur 14. Enkele foto's van het kale zand in het duingebied.*



*Figuur 15. Enkele foto's van de begroeide duinen (Terschelling).*

Water in het duingebied dat niet voorkomt in Top10vector is eveneens geclassificeerd. Het zijn veelal de donkere delen op de luchtfoto. Water waar begroeiing als bijvoorbeeld riet of lelie in voorkomt, zijn visueel moeilijk te detecteren op luchtfoto's. Het is daarom mogelijk dat niet al het water is terug te zien in het duingebied (zie validatie).

Tabel 5 geeft weer hoe de verschillende klassen van het duingebied verdeeld zijn over de verschillende BKN-klassen. Hierbij valt het volgende op:

- Bijna 50% van het duingebied valt niet binnen de BKN-klasse 91 (duinen, strand en zandplaten). Een groot deel van het duingebied wordt in Top10vector dus niet als zand gezien.
- Ongeveer 50% van het begroeide duingebied valt samen met de BKN-klasse 91. Verder valt een groot deel (+/- 80%) van de klasse 91 (duin, strand en zandplaten) samen met de klasse 'begroeid' van het duingebied. Er is dus meer begroeiing dan de Basiskaart Natuur aangeeft. Met andere woorden: veel Top10vector zand is begroeid. Met remote sensing kan dus een verbetering worden verkregen van de BKN-klasse 91.
- Het grootste deel (>80%) van het 'kale' duingebied valt samen met de BKN-klasse 91. Als iets als kaal geclassificeerd wordt heeft het grote kans dat het in de BKN-klasse 91 valt. De overlap is dus groot, maar de verbetering ligt in de opsplitsing naar echt kaal zand en meer begroeide delen.
- Water blijkt lastig te bepalen met de segmentatie/classificatie technieken. Een belangrijk deel (ongeveer 40%) van het water in het duingebied valt samen met natuurgraslanden (BKN-klasse 11) en duinen, strand en zandplaten (BKN-klasse 91).

- Het samenvallen van natuurgraslanden met het water uit het duingebied kan het gevolg zijn van het onder water staan van deze graslanden ten tijde van opname van de luchtfoto's. Een andere mogelijkheid is dat lagere en daardoor vochtiger delen van de natuurlijke graslanden voor water zijn aangezien (donkerder). Echter dit dient verder onderzocht te worden.
- Het samenvallen van het water in het duingebied met BKN-klasse 91 kan veroorzaakt zijn door omissies in de Top10vector kaart betreffende het zand. Kleine vennen zijn niet meegenomen als water in de Top10vector. Daarnaast bestaat de mogelijkheid dat op basis van de luchtfoto's nattere (en dus donkerder op de luchtfoto) delen van duinvalleien ten onrechte als water zijn geïdentificeerd. Een beperkte overlap geeft dus geen uitsluitend over de juistheid van de segmentatie/classificatie.
- Het duingebied bevat bebouwing volgens het BKN-bestand (klasse 60). Het bebouwd gebied wordt als kaal of begroeid aangewezen. Met BKN is de bebouwing op eenvoudige wijze uit het bestand verwijderd worden.
- Het voorkomen van BKN stuifzanden in het duingebied dient in de BKN2007 gecorrigeerd te worden!

Tabel 5. Vergelijking Basiskaart Natuur met het bestand voor het duingebied (exclusief kleine gebieden) in oppervlakte per m<sup>2</sup>.

KLASDUIN_BKN	Duingebied			Grand Total
	0 water	1 kaal	2 begroeid	
0	345625	86875	1063750	1496250
10 grasland	66875	500625	27891875	28459375
11 natuurgrasland	1061250	786875	69179375	71027500
20 akker	12500	158125	3087500	3258125
30 heide	1250	3125	11916875	11921250
40 bos	9375	113125	116015000	116137500
60 bebouwing	123125	2644375	36350000	39117500
70 water	9653125	10676875	10593125	30923125
80 rietmoeras	76250	2500	7837500	7916250
90 stuifzanden	2500	2500	0	5000
91 duin, strand en za	5401875	69269375	263860625	338531875
Grand Total	16753750	84244375	547795625	648793750
%	57.6	82.2	49.7	

■ water in BKN  
■ kale gebieden in BKN  
■ begroeide gebieden in BKN

Eenzelfde tabel is ook mogelijk voor het duingebied indien de kleine eenheden niet geëlimineerd zijn (zie Annex VIII). Echter de verschillen met Tabel 5 zijn gering aangezien het om zeer kleine verschillen in oppervlakten gaat. In het bestand waarbij de kleine eenheden zijn geëlimineerd komt iets meer kale grond/zand en water voor ten koste van de klasse begroeid.

## 4.2 Verfijning begroeide duinen

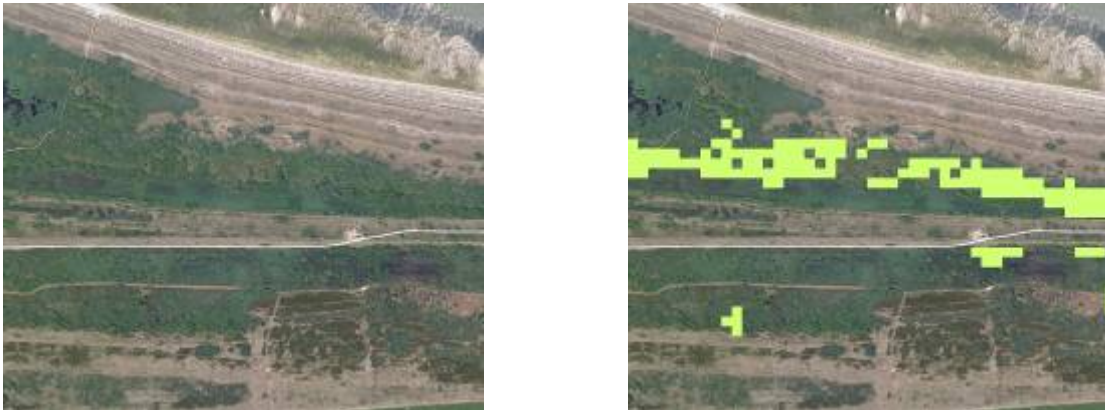
De begroeide duinen zijn verder ingedeeld in structuurtypen op basis van de vegetatiehoogte afgeleid uit het AHN. De begroeide duinen hebben m.n. betrekking op het beheertype 'Open Duinen'. De verfijning heeft plaatsgevonden langs de volgende hoogte verdeling:

- < 1 m (grasachtige vegetatie, laag struweel),
- 1 – 3 m (struweel) en
- > 3 m (bos).

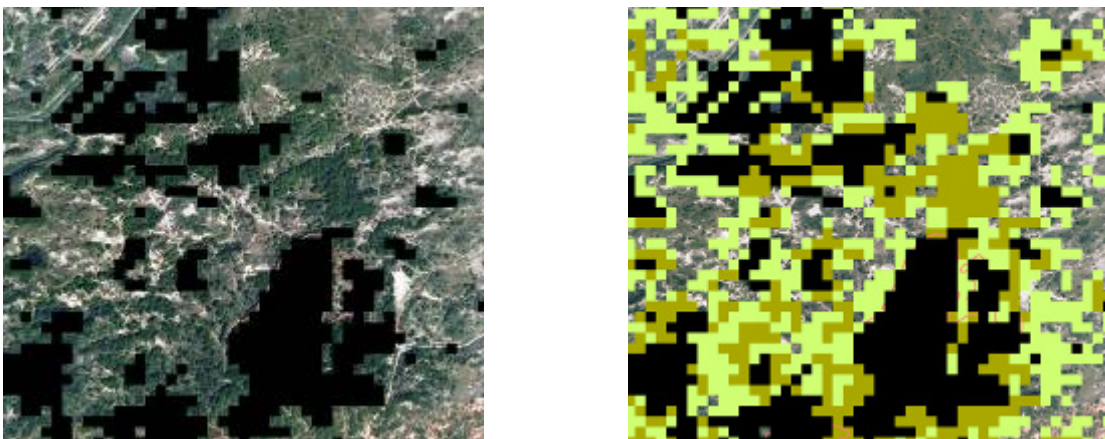
De hogere vegetaties zijn met name bossen in de BKN-klasse 91 oftewel Top10vector klasse zand. De 1 -3 m hoge vegetaties zijn struwelen. De klasse < 1 m zijn begroeide/vastgelegde duinen met grasachtige vegetaties en laag-struweel. De vergelijking tussen de linker en



rechter foto laat zien hoe de vegetatie erop een luchtfoto uitziet voor een bepaalde hoogte klasse (Figuren 16 en 17).



*Figuur 16. Luchtfoto's van het duingebied zonder (links) en met (rechts) rastercellen voor de vegetatiehoogte 1-3m. Op de rechter foto is het duingebied te zien zonder begroeiing of met lage begroeiing (<1m). Een vergelijking van de foto's laat zien dat hogere struwelen worden herkend.*



*Figuur 17. De linker luchtfoto van het duingebied laat de verschillende vegetaties zien waarbij Top10vector bos is gemaskeerd (zwart). De rechter luchtfoto laat hetzelfde gebied zien maar nu met een masker (rastercellen) voor de vegetatiehoogte 1-3m (lichtgroen), >3m (donkergroen) en hetzelfde Top10vector bos (zwart). Het niet gemaskeerde deel van het duingebied is zonder begroeiing of met lage begroeiing (<1m). Een vergelijking van beide foto's geeft aan dat verschillende vegetatiehoogten worden herkend.*

Beide figuren laten duidelijk zien dat de verschillende vegetatiehoogten worden herkend met gebruik van het AHN. In Figuur 17 is verder te zien dat de hogere vegetaties (klassen 1 – 3 m en > 3 m) grenzen aan de vlakken die in Top10vector als bossen worden weergegeven. Dit beeld van opgaande vegetatie richting bossen komt overeen met de situatie in het veld en wekt vertrouwen ten opzichte van de gebruikte methode.



### 4.3 Vegetatiestructuurtypen duingebied

Het bestand begroeid/onbegroeid duingebied en het bestand met de verfijning van de begroeide duinen op basis van AHN zijn geïntegreerd. Het eindbestand beperkt zich tot de BKN-klasse 91 (beperkte definitie duingebied) en bevat dus geen andere Top10vector-klassen zoals bebouwing, ander zand (zoals stuifzanden) of bossen.

Nabewerking en integratie van de verschillende stappen heeft geleid tot de volgende verfijning van de BKN-klasse 91 duinen, strand en zandplaten:

91 - Kaal duingebied is dat deel van de duinen waar minder dan 20% begroeiing voorkomt. Het is overwegend kaal zand.

92 - Begroeid duingebied dat meer dan 20% begroeid is.

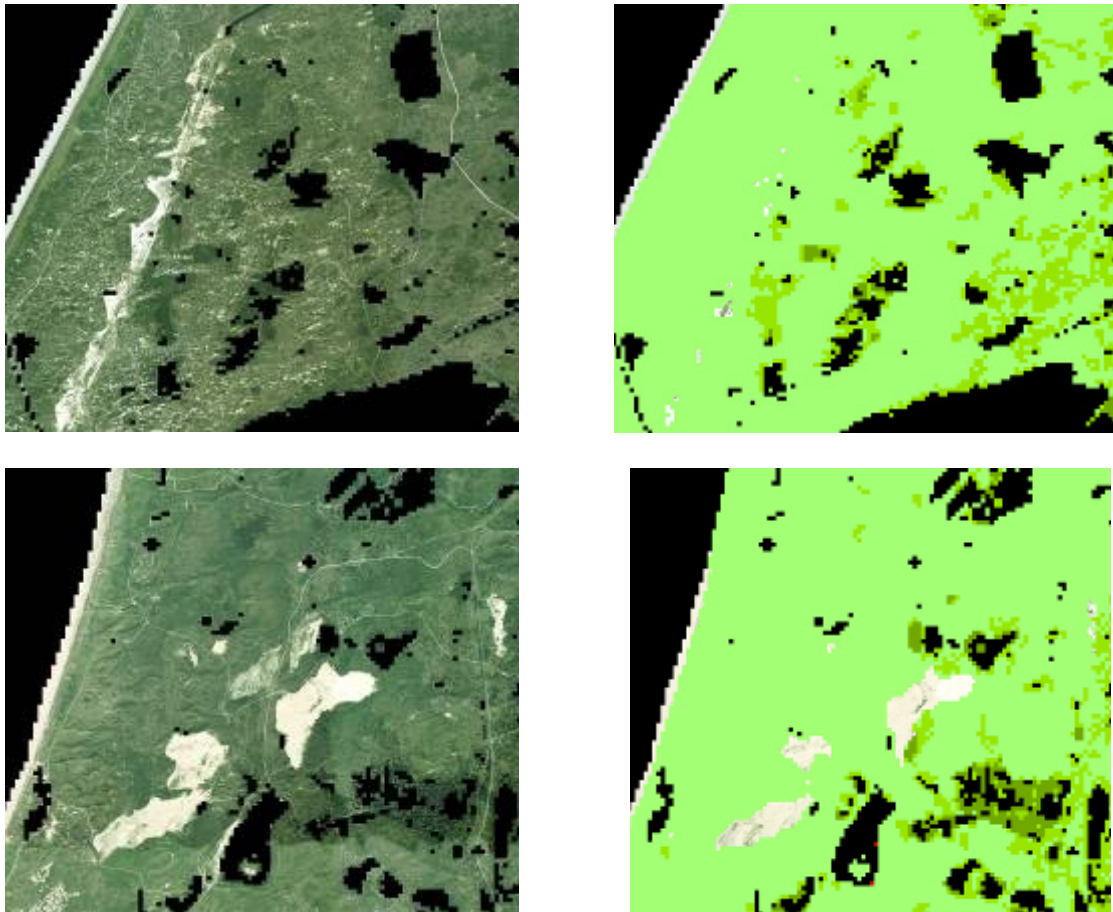
Het begroeide duingebied is op basis van AHN is als volgt verder onderverdeeld:

921 - begroeide duinen met een vegetatie lager dan 1 meter;

922 - begroeide duinen met een vegetatie tussen 1-3 meter;

923 - begroeide duinen met een vegetatie hoger dan 3 meter.

93 – Water in duingebied.



*Figuur 18 en 19. Luchtfoto's van het duingebied zonder (links) en met (rechts) volledige verfijning naar hoogteklassen/vegetatiestructuurtypen. De zwarte rastercellen behoren niet tot de BKN-klasse 91, maar zijn bijvoorbeeld Top10vector bossen of water. De doorzichtige cellen (rechts) zijn cellen met kaal zand, de lichtgroene cellen betreft vegetatie < 1 m, de vaalgroene cellen betreft vegetatie tussen 1 - 3 m en de donkergroene cellen zijn vegetaties boven de 3 meter.*

Tabel 6 geeft de oppervlakten voor de verschillende vegetatiestructuurtypen voor de BKN-klasse 91 duinen, strand en zandplaten. Veruit de kleinste klasse is de klasse 923 (bossen) en veruit de grootste klasse is klasse 921 (begroeide duinen met een grasachtige vegetatie en/of laag struweel met hoogten onder 1 meter). Verder geven de Figuren 18 en 19 enkele voorbeelden van hoe de verschillende klassen er op de luchtfoto uitzien. Hierin is te zien dat verschillen in de luchtfoto's voor een groot deel worden herkend door de AHN-methode. De totale oppervlakte aan BKN-klasse 91 komt sterk overeen met de oppervlakte bepaald in BKN2004 (35002 ha) (Kramer *et al.*, 2007). Vergelijking van de oppervlakten geeft een toename van 174 ha voor BKN2007. Er heeft dus slechts een geringe toename van de BKN-klasse plaats gevonden in die drie jaren. Een uitgebreide validatie van de resultaten komt in hoofdstuk 5 aan de orde.

Tabel 6. BKN-subklassen voor het duingebied met hun oppervlakten.

BKN-klasse	Oppervlakte (ha)
91 Kaal zand	8 425
92 Begroeide duinen	
921 Grasachtige vegetatie/laag struweel (< 1 m)	23 722
922 Struweel (1 – 3 m)	2 344
923 Bossen (> 3 m)	620
93 Water in duinen	65
<i>Totaal</i>	35 176

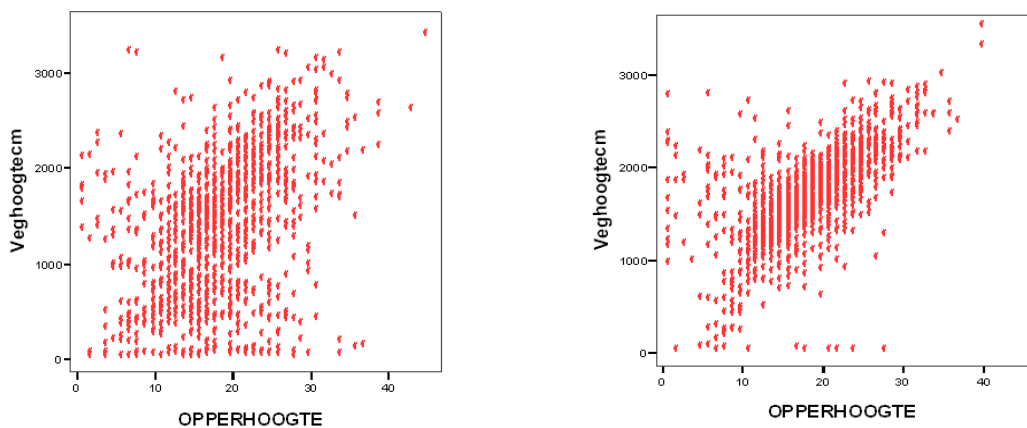
## 4.4 Verkenning verfijning andere BKN-klassen met AHN

Deze sectie geeft een kort overzicht van mogelijkheden om andere BKN-klassen met AHN naar hoogte onder te verdelen. Hier is gekeken naar bossen, heide, stuifzanden en rietmoerassen. Ook is een landelijk bestand aangemaakt met een verdere onderverdeling van enkele BKN-klassen op basis van hoogten (zie Figuur 24, pagina xx). Validatie heeft bij de hier genoemde toepassing nog niet plaats gevonden.

### 4.4.1 Bossen

In een onderzoek uitgevoerd door Wim Daamen (persoonlijke mededeling WOT Natuur & Milieu) is gekeken of met het AHN de zogenoemde opperhoogte te schatten is voor bospercelen. De opperhoogte is de gemiddelde hoogte van de honderd hoogste bomen per hectare. Met AHN is, analoog aan de methode voor duinen, de hoogte van bossen in beeld gebracht. Dit is gedaan door uit het AHN-bestand de grids te halen die behoren tot de opstand waarbinnen een MFV-plot ligt. Voor de uiteindelijke AHN-vegetatiehoogte van de opstand is de 90 percentiele waarde genomen die min of meer vergelijkbaar kan worden genoemd aan de opperhoogte. Deze hoogtewaarnemingen uit het AHN zijn vervolgens, als toetsing, vergeleken met de veldwaarnemingen per opstand (opperhoogten) uit het Meetnet Functievulling (MFV 2001-2005). Figuur 20 laat het verband zien tussen de schatting op basis van het AHN en de in het veld bepaalde hoogte.

De relatie tussen de vegetatiehoogten uit het AHN en de gemeten opperhoogten is voor naaldbos sterker dan voor loofbos. De hoogte van naaldbos per opstand wordt met 6,8% overschat. Maar op basis van de hoogte informatie lijken, volgens de eerste verkenningen, wel mogelijkheden te bestaan om klassen in boshogte ter gaan onderscheiden met AHN.



*Figuur 20. De relatie tussen de schatting van de vegetatiehoogten op basis van het AHN en de in het veld gemeten hoogten voor zowel loofbos (links) als naaldbos (rechts).*

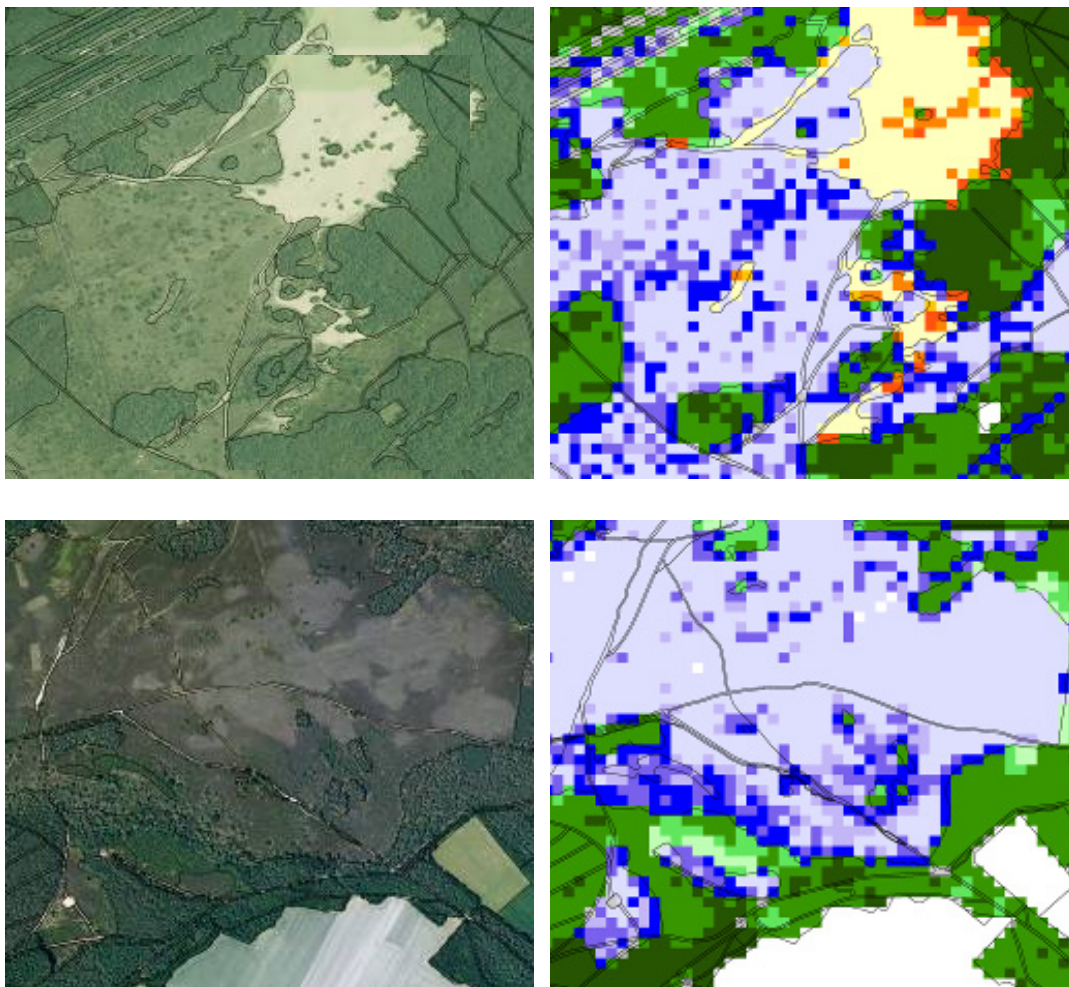


*Figuur 21. Op de luchtfoto zijn duidelijk gebieden met lage vegetaties (gekapt/kaal) binnen het bos waarneembaar. Deze gebieden lijken met AHN goed te classificeren te zijn (lichte vlakken).*

Kale plekken in het bos waar bijvoorbeeld kap heeft plaatsgevonden zijn zichtbaar op de luchtfoto. Ook deze plekken worden met AHN ook goed herkend (zie Figuur 21). Hierdoor is het met AHN ook mogelijk vegetatiestructuurkenmerken als percentage open plekken of gekapte plekken te monitoren.

#### **4.4.2 Heide en Stuifzand**

Een vergelijking van de luchtfoto met de geschatte vegetatiehoogten volgens het AHN geeft aan dat er goede overeenkomsten zijn tussen het onbegroeide zand en de homogene oppervlakten aan heide (zie Figuur 22). Beide vegetatiestructuurtypen worden met het AHN herkend als zijnde vegetaties met een geringe hoogte (< 1 m). De meer wollige patronen op de luchtfoto's worden aangemerkt als hogere vegetaties. Echter het valt, echter zonder aanvullend onderzoek, niet te beoordelen of de toegekende hoogteklaas op basis van AHN de juiste is. Een goede validatie op basis van veldwaarnemingen zou hier uitkomst kunnen bieden. Het valt wel op dat de hogere vegetaties veelal grenzen aan de bossen hetgeen met werkelijkheid overeenkomt. Vervolg onderzoek lijkt wenselijk om de mogelijkheden van vegetatiestructuur van heide verder uit te werken.



*Figuur 22. Luchtfoto's (links) en AHN-hoogteschatting (rechts) voor twee gebieden met heide (paars) en zand (geel). Een donkerder tint geeft een hogere vegetatie weer. De klasse indeling is terug te vinden in Figuur 24.*

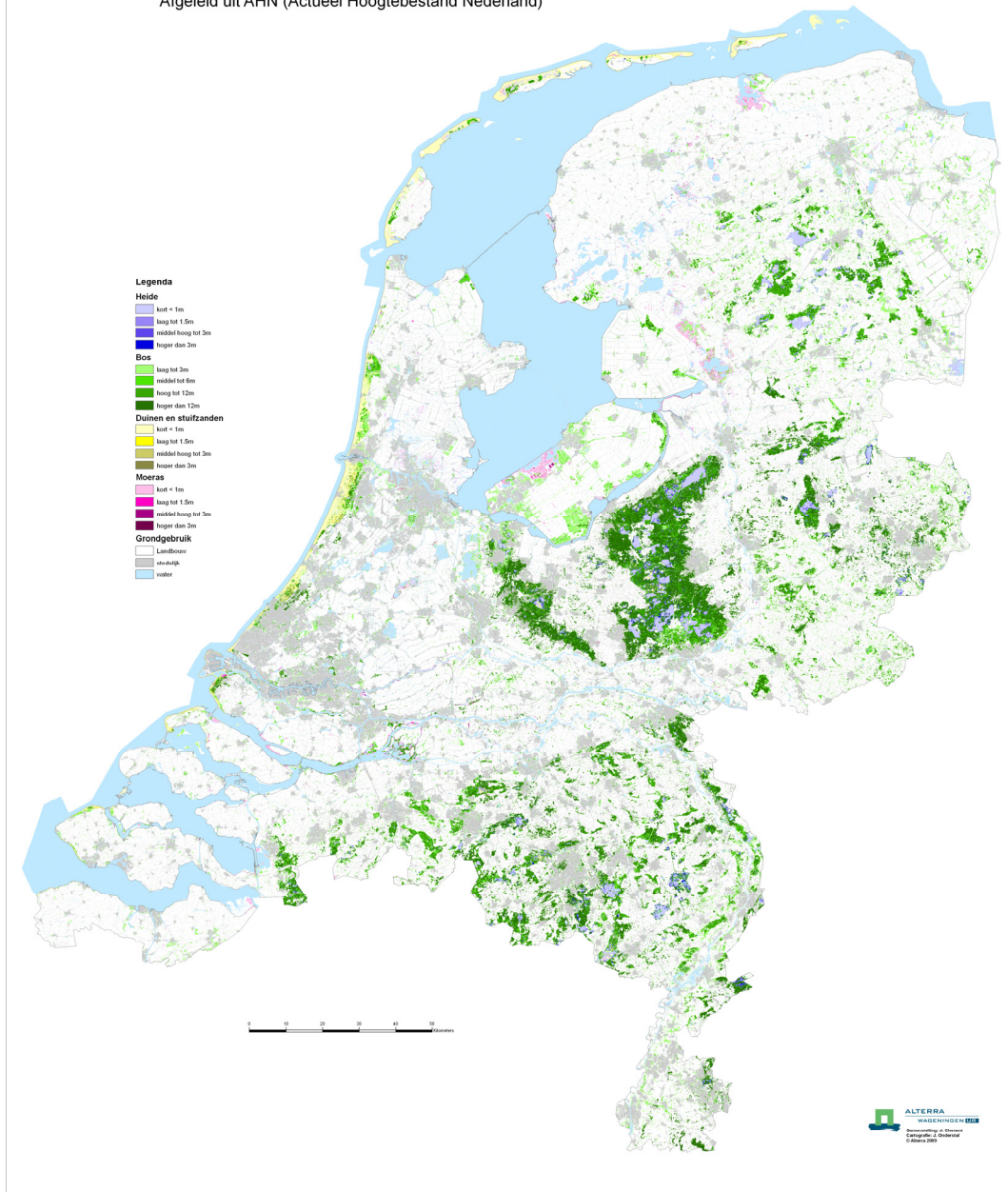
### 4.4.3 Rietmoeras

Een vergelijking van de luchtfoto met de geschatte vegetatiehoogten voor rietmoeras volgens het AHN geeft aan dat de hogere moerasvegetatie veelal plekken omgrenst met 'kale' oftewel lage vegetatie (zie Figuur 23 & 24). Verder valt op dat de hogere rietmoerasvegetatie voorkomt op de overgang van rietmoerasvegetatie naar bossen wat aanmerkelijk is en met de werkelijkheid overeenkomt. Echter validatie zou uitkomst moeten bieden over de nauwkeurigheid van de hoogteverdeling bepaald met het AHN. Mogelijkheden om met het AHN rietmoerassen te differentiëren naar maaibeheer lijken op basis van één tijdsopname beperkt.

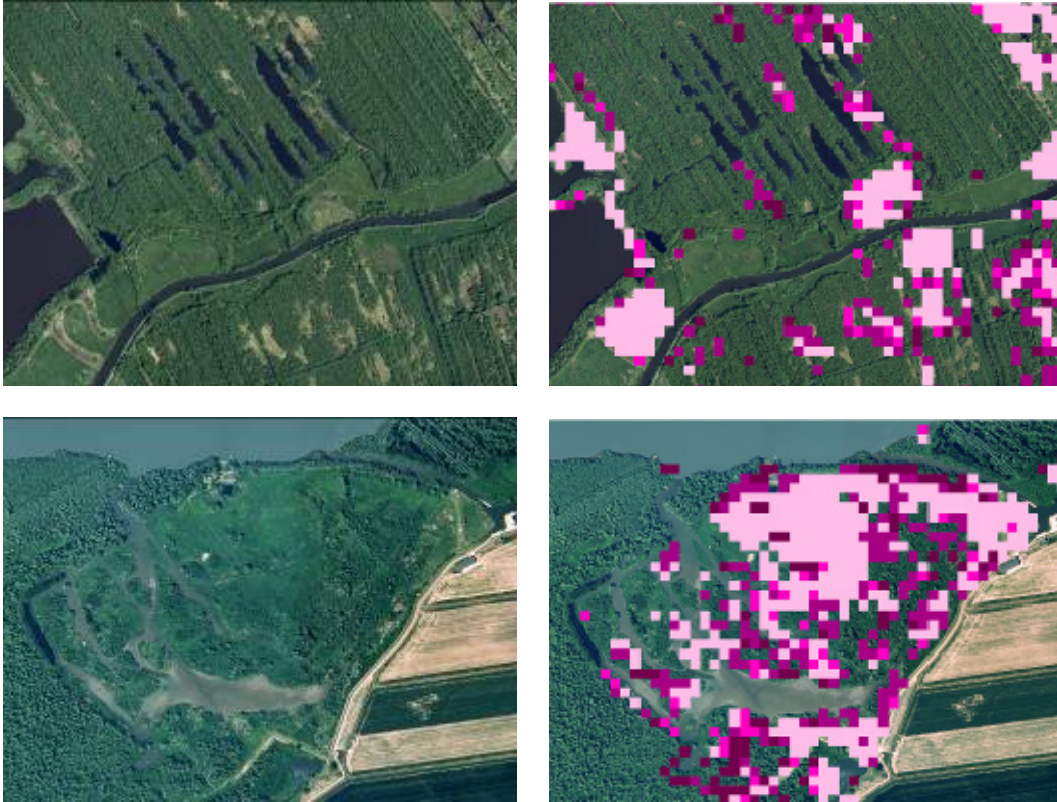


# Vegetatiehoogtes Natuur Nederland

Afgeleid uit AHN (Actueel Hoogtebestand Nederland)



*Figuur 23. Vegetatiehoogtes voor de BKN-classes heide, bos, duinen, stuifzanden en moeras gebaseerd op AHN.*



*Figuur 24. Luchtfoto's (links) en AHN-hoogteschatting (rechts) voor twee moeras gebieden. Een donkerder tint geeft een hogere vegetatie weer. De klasse indeling is terug te vinden in Figuur 23.*

## 5 Validatie met vegetatiekaarten

### 5.1 Beschrijving validatiemethode en uitgangspunten

Uit de globale vergelijking van de kaartbeelden met de luchtfoto's kan voorzichtig geconcludeerd worden dat de verfijning van het duingebied een verbetering is van de grove BKN-klasse. Echter de vraag is hoe groot de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid is van de verfijnde BKN-klassen. In dit hoofdstuk wordt de validatie van het bestand voor het **uitgebreide** duingebied besproken waarbij het duingebied is onderverdeeld in water, onbegroeid (kaal) en begroeid op basis van segmentatie/classificatie van de luchtfoto's (paragraaf 5.2). Paragraaf 5.3 betreft de validatie van het bestand voor het **beperkte** duingebied met de verfijning van de klasse begroeid in drie hoogteklassen met AHN. Het hoofdstuk begint met een korte beschrijving van de validatiemethode. Binnen de paragrafen 5.2 en 5.3 worden de resultaten per deelgebied besproken en elke paragraaf wordt afgesloten met een korte samenvatting/conclusie. Verder is in Annex IX en X terug te vinden hoe de verschillende vegetatietypen voor de deelgebieden zijn onderverdeeld in verschillende vegetatiestructuurklassen en vegetatiehoogten.

Voor de validatie zijn drie deelgebieden geselecteerd waarvoor tamelijk recente vegetatiekaarten beschikbaar zijn. Vegetatiekaarten van andere gebieden bestaan wel, maar die zijn zo gedateerd dat het niet zinvol is om deze voor validatie van een bestand te gebruiken dat gebaseerd is op luchtfoto's uit 2006. Verder zijn de drie deelgebieden zo gekozen dat een zo'n goed mogelijke geografisch spreiding over Nederland is bereikt. Bovendien zouden meer gebieden maar weinig extra's toevoegen. Een punt van aandacht bij de validatie is het relateren van de vegetatietypen van de vegetatiekaart met de vegetatiestructuurtypen zoals bepaald in dit project ((begroeid/onbegroeid) en vegetatiehoogte). Vegetatiekaarten hebben namelijk geen 1:1 relatie met de typologie ontwikkeld in dit project.

De vegetatiekaarten (de referentie bestanden) beslaan drie gebieden met een totale oppervlakte van 5399 ha<sup>2</sup>. Het gehele duingebied (BKN-klasse 91) van Nederland betreft een oppervlakte van 35 176 ha. De referentie bestanden (vegetatiekaarten) zijn zowel gecombineerd met het resultaat van de segmentatie/classificatie van de luchtfoto's als met het resultaat van de onderverdeling van de begroeide duinen in drie vegetatiehoogte klassen. Vervolgens is per deelgebied een vergelijking gemaakt tussen beide 25 m \* 25 m rasterbestanden met als resultaat een kruistabel. De kruistabel bevat de oppervlakten van de voorkomende combinaties tussen het bestand met de 'werkelijke' vegetatieklasse (het referentiebestand) en de toegekende vegetatieklasse (het te valideren bestand). Deze tabellen zeggen iets over hoeveel areaal van een bepaald vegetatiestructuurtype als "goed" of als "fout" wordt beoordeeld. Een goede combinatie betekent dat de klassen van beide bestanden overeenkomen; een foute combinatie betekent dat de klassen niet overeenkomen.

---

<sup>2</sup> Het betreft hier het oppervlak van de referentiebestanden die overeenkomen met de BKN-klasse 91. De validatie van het resultaat van de segmentatie/classificatie van de luchtfoto's betreft het uitgebreide duingebied. Voor dit uitgebreide duingebied is het totale oppervlakte voor de drie referentiegebieden 10 014 ha.

Op deze manier kan de totale nauwkeurigheid van het bestand, de betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid per klasse worden bepaald. De classificatie nauwkeurigheid is de kans dat het 'werkelijke' landgebruik ook als zodanig wordt geclassificeerd in het te valideren bestand. De betrouwbaarheid is gedefinieerd als de kans dat een bepaalde klasse in het te valideren bestand ook in 'werkelijkheid' die klasse betreft. De totale nauwkeurigheid is gedefinieerd als het totaal aantal goed geclassificeerde pixels gedeeld door het totaal aantal pixels van de gehele populatie en wordt als percentage weergegeven (Congalton and Green, 1999). Werkelijk staat tussen haakjes aangezien de referentiebestanden gekenmerkt worden door onvolkomenheden.

## 5.2 Validatie begroeid/onbegroeid duingebied

### 5.2.1 Terschelling

Op basis van de vegetatiecodes in de vegetatiekaart van Terschelling zijn de vegetatietypen ingedeeld in begroeid met vegetatie, kaal zand of water (Annex IXa). De vergelijking van dit referentiebestand met het resultaat van de segmentatie/classificatie van de luchtfoto's heeft Tabel 7 als resultaat opgeleverd. In Tabel 7 is te zien dat het begroeide gebied voor meer dan 95% overeenkomt. Dit betekent dat wat als begroeid is bestempeld in de luchtfotoclassificatie voor het grootste deel ook begroeid is op de vegetatiekaart van Terschelling (en omgekeerd). De betrouwbaarheid (en de nauwkeurigheid) is dus hoog. 40% van het duingebied dat volgens de vegetatiekaart als kaal wordt bestempeld is op de luchtfoto's als kaal zand geclassificeerd. De nauwkeurigheid voor deze klasse is dus laag. Echter van het als kaal zand geclassificeerde duingebied is 80% ook daadwerkelijk kaal zand volgens de vegetatiekaart. Dus uitspraken over de classificatie van kaal zand zijn dus relatief betrouwbaar.

*Tabel 7. Het gesommeerde areaal in hectare per combinatie van overeenkomstige klassen van de vegetatiekaart van Terschelling en de luchtfotoclassificatie. Groen is het als goed beoordeelde areaal; de klassen van de vegetatiekaart komen overeen met de luchtfotoclassificatie. Voor rood is dit niet zo.*

Vegetatiekaart Terschelling	Luchtfotoclassificatie				% Goed (groen)
	Begroeid (ha)	Kaal (ha)	Water (ha)	Totale oppervlakte (ha)	
Begroeid (ha)	5 330	37	41	5 408	99
Kaal (ha)	207	150	21	377	40
Water (ha)	29	0	5	34	14
Totale oppervlakte (ha)	5 566	187	67	5 820	
% Goed (groen)	96	80	8		94

In de vegetatiekaart van Terschelling komt bijna tweemaal zoveel aan oppervlakte kaal zand voor, namelijk 377 ha tegen 187 ha in het bestand gebaseerd op de luchtfotosegmentatie. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat enkele vegetatietypen uit de vegetatiekaart ten onrechte als kaal zijn bestempeld (de vegetatie-eenheden zijn in de afgelopen zes jaar mogelijk begroeid geraakt). Ook kan het zijn dat het resolutieniveau van de vegetatiekaarten te grof is waardoor delen van de vegetatietypen die als kaal zijn aangemerkt toch nog voor een belangrijk deel begroeid zijn.

In de vegetatiekaart komt ongeveer de helft minder water voor dan in de luchtfotoclassificatie (34 ha resp. 67 ha). De betrouwbaarheid (18%) en nauwkeurigheid (14%) zijn voor de klasse water dan ook erg laag. Naast het relatief kleine oppervlakte aan water kan een oorzaak hiervoor zijn dat de vegetatiekaart in een ander jaar is gemaakt dan de opnames van de



luchtfoto's. Vooral als het water niet permanent aanwezig is, kunnen de verschillen in wateroppervlak tussen jaren groot zijn. Bovendien kan de vegetatie die in water groeit het water 'afdekken' waardoor het niet zichtbaar is op de foto (Figuur 25). In het referentiebestand (de vegetatiekaart) zijn de klassen open water en rietvegetaties als water geclassificeerd (zie Annex IXa). De totale nauwkeurigheid van de segmentatie/classificatie voor Terschelling is 94%.



*Figuur 25. Het als water geclassificeerde gebied (links), het water zoals het er op de luchtfoto uitziet (midden) en het water zoals het uit de vegetatiekaart komt namelijk als open water en rietvegetaties.*

## 5.2.2 Amsterdamse Waterleidingduinen

De vegetatiekaart van de Amsterdamse Waterleidingduinen is de tweede kaart die is gebruikt voor de validatie van de luchtfotoclassificatie. Annex IXb geeft de indeling van de vegetatietypen naar de klassen begroeid, onbegroeid en water. In Tabel 8 is te zien dat de arealen van de gelijknamige klassen, met uitzondering van water sterk overeenkomen. De klasse begroeid wordt gekenmerkt door een hoge betrouwbaarheid (97%) en nauwkeurigheid (bijna 100%). De klasse kaal heeft een hoge betrouwbaarheid. 84% Van de op de luchtfoto als kaal geclassificeerd gebied komt overeen met vegetatietypen die kaal zijn volgens de vegetatiekaart.

Het kale gebied in de vegetatiekaart komt voor 54% overeen met het duingebied dat als kaal is geclassificeerd op basis van de segmentatie van de luchtfoto's. De klasse kaal heeft dus een lage nauwkeurigheid. De oppervlakten aan kaal zand zijn beperkt in het duingebied en verder zijn mogelijk de als kaal gedefinieerde vegetatietypen in de afgelopen zes jaar meer begroeid geraakt. Ook is mogelijk kaal zand op de vegetatiekaart, bijvoorbeeld vegetatietype 31BA01A Slangenkruid-associatie; subassociatie met kromhals (zie Annex IXb), deels begroeid waardoor een deel op de luchtfoto als begroeid is geclassificeerd. Alle drie de redenen kunnen een verklaring zijn voor de lage nauwkeurigheid.

*Tabel 8. Het gesommeerde areaal in hectare per combinatie van overeenkomstige klassen van de vegetatiekaart van de Amsterdamse Waterleidingduinen en de luchtfotoclassificatie. De groen gekleurde vakken zijn het als goed beoordeelde areaal; de klassen van de vegetatiekaart komen overeen met de luchtfotoclassificatie.*

Vegetatiekaart Amsterdamse Waterleidingduinen	Luchtfotoclassificatie				
	Begroeid (ha)	Kaal (ha)	Water (ha)	Totale oppervlakte (ha)	% Goed (groen)
Begroeid (ha)	3263	3	5	3271	100
Kaal (ha)	15	20	2	36	54
Water (ha)	102	1	20	123	16
Totale oppervlakte (ha)	3380	23	26	3430	
% Goed (groen)	97	84	76		96

Ook kent het als water geclassificeerde duingebied net als op Terschelling weer een lage nauwkeurigheid (16%). Mogelijk is veel water niet herkenbaar op de luchtfoto aangezien het (volledig) bedekt is met watervegetaties. Deze zijn op de vegetatiekaart niet als zodanig weergegeven. De vraag is dus of de lage nauwkeurigheid niet een onderschatting is als gevolg van tekortkomingen op de vegetatiekaart. Wellicht is het daarom beter om te praten van de klasse "open water zonder opgaande begroeiing". Dit lijkt reëel omdat de betrouwbaarheid met 76% redelijk hoog is, veel als open water geclassificeerd duingebied is volgens de vegetatiekaart ook water.

De totale nauwkeurigheid van het Amsterdamse Waterleidingduingebied is vergelijkbaar met Terschelling. De hoge totale nauwkeurigheid (96%) wordt vooral veroorzaakt door de klasse begroeid. De andere klassen zijn beperkt in oppervlakten.

### 5.2.3 Schoorlsche duinen

In de vergelijking tussen de vegetatiekaart van de Schoorlsche duinen met het bestand dat geclassificeerd is op basis van segmentatie op luchtfoto's is te zien dat ook hier de arealen aan begroeide klassen in beide bestanden voor een groot deel overeenkomen. De betrouwbaarheid (87%) en nauwkeurigheid (bijna 100%) van het begroeide duingebied zijn hoog (Tabel 9). Annex IXc geeft de indeling van de vegetatietypen naar de klassen begroeid, onbegroeid en water voor de Schoorlsche vegetatiekaart.

Het kale gebied in de vegetatiekaart komt slechts voor 17% overeen met het duingebied dat als kaal is geclassificeerd. In de vegetatiekaart komt 5-6 keer zoveel kaal gebied voor als in het te valideren bestand. Mogelijk zijn veel vegetatietypen inmiddels begroeid geraakt. Het kale gebied kent echter wel een hoge betrouwbaarheid (89%).

Het water lijkt in de vegetatiekaart voor 0% overeen te komen met het water uit het segmentatiebestand. Echter het geringe areaal aan water in de Schoorlsche duinen is hiervoor mede verantwoordelijk.

De totale nauwkeurigheid voor het Schoorlsche duingebied ligt met 87% iets lager. Net als bij de Amsterdamse Waterleidingduinen en Terschelling wordt de totale nauwkeurigheid m.n. bepaald door de klasse begroeid.

*Tabel 9. Het gesommeerde areaal in hectare per combinatie van overeenkomstige klassen van de vegetatiekaart van de Schoorlsche duinen en de luchtfotoclassificatie. De groen gekleurde vakken zijn het als goed beoordeelde areaal; de klassen van de vegetatiekaart komen overeen met de luchtfotoclassificatie.*

Vegetatiekaart Schoorlsche duinen	Luchtfotoclassificatie				
	Begroeid (ha)	Kaal (ha)	Water (ha)	Totale oppervlakte (ha)	% Goed (groen)
Begroeid (ha)	645	2	0	648	100
Kaal (ha)	92	19	1	112	17
Water (ha)	4	0	0	4	0
totale oppervlakte (ha)	742	22	1	764	
% Goed (groen)	87	89	0		87

### 5.2.4 Samenvatting en conclusies

De validatie van het bestand gebaseerd op de segmentatie/classificatie van luchtfoto's heeft een hoge totale nauwkeurigheid. In alle drie referentiegebieden komt de totale nauwkeurigheid

niet onder de 87%. Vooral het hoge aandeel aan areaal begroeid duingebied in zowel het referentiebestand als het te valideren bestand dragen hieraan bij. De nauwkeurigheid en betrouwbaarheid voor de klasse begroeid ligt namelijk boven de 95% met uitzondering van de betrouwbaarheid voor de Schoorlsche duinen.

De betrouwbaarheid voor de klasse onbegroeid (kaal zand) ligt boven de 80%. Het als kaal zand geclassificeerde gebied heeft dus een grote kans dat het daadwerkelijk ook kaal is. De oppervlakte aan de klasse kaal/onbegroeid die in beide bestanden voorkomt, maakt percentageel dus een belangrijk deel uit van het totaal aan kaal geclassificeerd duingebied. De nauwkeurigheid van de klasse onbegroeid varieert tussen de drie deelgebieden (17 - 54%).

Mogelijke oorzaken voor de geringere nauwkeurigheid voor de klasse onbegroeid zijn:

- De gedateerdheid van de vegetatiekaarten. Immers in zes jaar tijd kan een als onbegroeid geclassificeerd vegetatietype zich ontwikkelen tot een vegetatie die nu op de luchtfoto als begroeid gezien wordt.
- De indeling van vegetatietypen in begroeid/onbegroeid is niet eenduidig. Vaak zijn de bedekking van de bodem door de vegetatie en de definitie van vegetatietypen niet complementair. Een deel van het als kaal ingedeelde vegetatietype zal daarnaast ook nog eens gekenmerkt worden door begroeiing. Het vegetatietype heeft geen 100% bedekkingsgraad van de bodem.
- De spectrale verwarring tijdens de segmentatie tussen tegels waardoor ten onrechte een deel van het duingebied als kaal is geclassificeerd. Dit speelt slechts een zeer geringe rol, aangezien dit misgeclassificeerde kale gebied vaak wel een vegetatie hoogte heeft.

Verder zal het geringe oppervlakte aan kaal duingebied in zowel het referentiebestand als het te valideren bestand een zekere invloed hebben op het classificatieresultaat. Een geringer oppervlakte aan een bepaalde klasse zorgt ervoor dat een 'fout' in het referentiebestand en/of het te valideren bestand een grote invloed heeft op de kansberekening. Een naar areaal gewogen kansberekening zou dit kunnen ondervangen.

De klasse water kent veruit de laagste betrouwbaarheden/nauwkeurigheden. Geringe oppervlakten en spectrale verwarring zijn mogelijke oorzaken voor deze lage cijfers. Het lijkt daarom verstandig om de klasse water in de BKN-klasse 91 samen te voegen met zijn omgeving en het water over te nemen uit het Top10vector-bestand.

### **5.3 Validatie vegetatiehoogten**

De validatie van de vegetatiehoogten betreft het beperkte duingebied (BKN-klasse 91 oftewel de klasse zand in Top10vector). Het als begroeid geclassificeerde deel is met behulp van AHN in drie hoogtes ingedeeld (<1 m, 1 – 3 m en > 3 m). Naast deze drie vegetatieklasse is ook de klasse kaal gevalideerd. Kaal zand en water zijn hierbij samengevoegd tot een klasse aangezien ze een AHN-vegetatiehoogte van nul zouden hebben.

De klassen uit de vegetatiekaart zijn samengevoegd tot de klassen die voorkomen in het beperkte duingebied (zie Annex X).

#### **5.3.1 Terschelling**

De oppervlakten aan kaal zand en begroeide duinen met vegetaties tot 1 m liggen in dezelfde orde van grootte (Tabel 10). De klasse kaal heeft een betrouwbaarheid van 83% en 77% van de begroeide duinen tot 1 m valt in het referentiebestand ook onder dezelfde klasse (betrouwbaarheid). Echter het struweel (tussen 1 en 3 meter) komt maar voor 7% overeen met

het referentiebestand. Een groot deel van de als struweel geclassificeerde rastercellen vallen onder de vegetatietypen uit het referentiebestand die vallen onder de klassen met vegetatiehoogten < 1 m of > 3 m. Het bos (vegetatie hoger dan 3 meter) dat in het AHN voorkomt komt voor 84% overeen met de hoge vegetatie in de vegetatiekaart, echter er komt in dit bestand maar 8 ha bossen voor. Terwijl in de vegetatiekaart 127 ha bos voorkomt. Dit is een groot verschil dat resulteert in een lage nauwkeurigheid (5%), i.e. de hoeveelheid bos die uit de vegetatiekaart samenvalt met het bos uit het bestand gebaseerd op AHN is relatief laag ten opzichte van de totale hoeveelheid bos in het referentiebestand.

*Tabel 10. Het gesommeerde areaal in hectare per combinatie van overeenkomstige klassen van de vegetatiekaart van Terschelling en het geclassificeerde bestand. De groen gekleurde vakken zijn het als goed beoordeelde areaal; de klassen van de vegetatiekaart komen overeen met het classificatie resultaat.*

Vegetatiekaart Terschelling	Onderverdeling BKN-klasse 91					
	Kaal zand (ha)	Grasachtige vegetaties of laag struweel (<1m) (ha)	Struweel (1-3m) (ha)	Bos (>3m) (ha)	Totale oppervlakte (ha)	% Goed (groen)
Kaal/water (ha)	146	243	1	0	391	37
0 – 1 meter (ha)	25	1641	13	1	1680	98
1 – 3 meter (ha)	5	147	3	0	154	2
Groter dan 3 meter (ha)	0	96	24	7	127	5
Totale oppervlakte (ha)	176	2127	41	8	2352	
% Goed (groen)	83	77	7	84		76

### 5.3.2 Amsterdamse Waterleidingduinen

Het kale zand in het referentiebestand beslaat grotere oppervlakten dan in het te valideren bestand resulterend in een lage nauwkeurigheid. De begroeide duinen met vegetaties tot 1 m (grasachtige vegetaties/laag struweel) worden ook hier gekenmerkt door overeenkomende oppervlakten voor beide bestanden (Tabel 11). De overeenkomende oppervlakten maken een groot deel uit van de totale oppervlakten in het referentiebestand en het te valideren bestand, resulterend in een hoge nauwkeurigheid (84%) respectievelijk betrouwbaarheid (88%). De arealen voor bos en struweel hebben voor beide bestanden dezelfde orde van grootte. De ligging van de struwelen en bossen komt echter niet overeen (geringe oppervlakten die samenvallen ten opzichte van de totale oppervlakten) wat resulteert in lage betrouwbaarheden en nauwkeurigheiden. Veel als bos en struweel geclassificeerde rastercellen vallen samen met vegetatietypen die vallen onder de klasse met vegetaties tot 1 m.

Een herhaling van de validatie met een beperkt aantal vegetatietypen uit het referentiebestand is uitgevoerd om te kijken of de overeenkomst tussen beide bestanden zou toenemen. Slechts de vegetatietypen (en oppervlakten) die met grote zekerheid toegekend konden worden aan een specifieke hoogteklasse zijn in deze validatie gebruikt. De totale oppervlakte in Tabel 12 is ten opzichte van Tabel 11 dus geringer.

Tabel 12 laat duidelijk zien dat er geen grote verschillen zijn tussen de volledige dataset (Tabel 11) en de selectieve dataset. Het enige belangrijke verschil is de hogere nauwkeurigheid voor de klasse kaal zand (een groter deel van het kale zand uit het referentiebestand komt overeen met het kale zand uit het te valideren bestand). Dit onderschrijft het idee dat 'kale vegetatietypen' op de vegetatiekaart niet echt kaal zijn en de gepresenteerde classificatie als goed beoordeeld mag worden.

Tabel 11. Het gesommeerde areaal in hectare per combinatie van overeenkomstige klassen van de vegetatiekaart van de Amsterdamse Waterleidingduinen en het geclassificeerde bestand. De groen gekleurde vakken zijn het als goed beoordeelde areaal; de klassen van de vegetatiekaart komen overeen met het classificatie resultaat.

	Onderverdeling BKN-klasse 91					
<b>Vegetatiekaart Amsterdamse Waterleiding duinen</b>	Kaal zand (ha)	Grasachtige vegetaties of laag struweel (<1m) (ha)	Struweel (1-3m) (ha)	Bos (>3m) (ha)	Totale oppervlakte (ha)	% goed (groen)
Kaal/water (ha)	20	37	11	2	70	29
0 – 1 meter (ha)	3	1816	294	57	2170	84
1 – 3 meter (ha)	0	193	48	2	243	20
Groter dan 3 meter (ha)	0	28	34	11	73	15
Totale oppervlakte (ha)	23	2074	387	71	2556	
% Goed (groen)	86	88	12	15		74

Tabel 12. Het gesommeerde areaal in hectare per combinatie van overeenkomstige klassen van de vegetatiekaart van Amsterdamse Waterleidingduinen en het geclassificeerde bestand beperkt tot de arealen waarvoor met grotere zekerheid de vegetatietypen van het referentiebestand aan een hoogteklasse toegekend konden worden. De groen gekleurde vakken zijn het als goed beoordeelde areaal; de klassen van de vegetatiekaart komen overeen met het classificatie resultaat.

	Onderverdeling BKN-klasse 91					
<b>Vegetatiekaart Amsterdamse Waterleiding duinen</b>	Kaal zand (ha)	Grasachtige vegetaties of laag struweel (<1m) (ha)	Struweel (1-3m) (ha)	Bos (>3m) – (ha)	Totaal oppervlak (ha)	% goed (groen)
Kaal/water (ha)	19	12	0	0	31	63
0 – 1 meter (ha)	3	1554	236	43	1835	85
1 – 3 meter (ha)	0	118	31	0	150	21
Groter dan 3 meter (ha)	0	12	28	9	49	18
Totale oppervlakte (ha)	23	1695	295	52	2065	
% Goed (groen)	86	92	11	17		78

### 5.3.3 Schoorlsche duinen

De Schoorlsche duinen zijn het kleinste referentiegebied (ongeveer een vijfde van het Amsterdamse Waterleidingduingebied). De Schoorlsche duinen (Tabel 13) vertonen veel overeenkomsten met de Amsterdamse Waterleidingduinen (Tabel 11) betreffende de betrouwbaarheden en nauwkeurigheden. Hoge betrouwbaarheden en nauwkeurigheden voor het begroeide duingebied met vegetaties tot 1 m. Lage percentages voor de struwelen en bossen als gevolg van een geringe overeenkomst tussen het referentiebestand en het te valideren bestand. Veel als struweel en bos geclassificeerde rastercellen komen net als in de andere deelgebieden overeen met vegetatietypen uit het referentiebestand die vallen onder de klasse met lage begroeiing (< 1 m). De klasse kaal zand kenmerkt zich door het feit dat het een groter oppervlakte in het referentiebestand beslaat dan in het te valideren bestand aanwezig is, wat resulteert in een lage nauwkeurigheid.

Tabel 13. Het gesommeerde areaal in hectare per combinatie van overeenkomstige klassen van de vegetatiekaart van de Schoorlsche duinen en het geclassificeerde bestand. De groen gekleurde vakken zijn het als goed beoordeelde areaal; de klassen van de vegetatiekaart komen overeen met het classificatieresultaat.

Vegetatiekaart Schoorlsche duinen	Onderverdeling BKN-klasse 91					
	Kaal zand (ha)	Grasachtige vegetaties of laag struweel (<1m) (ha)	Struweel (1-3m)- (ha)	Bos (>3m)- (ha)	Totale oppervlakte (ha)	% Goed (groen)
Kaal/water (ha)	19	19	6	1	45	42
0 – 1 meter (ha)	2	371	38	6	418	89
1 – 3 meter (ha)	0	4	2	0	5	29
Groter dan 3 meter (ha)	0	9	10	4	23	18
Totale oppervlakte (ha)	22	402	56	12	491	
% Goed (groen)	89	92	3	36		81

### 5.3.4 Samenvatting

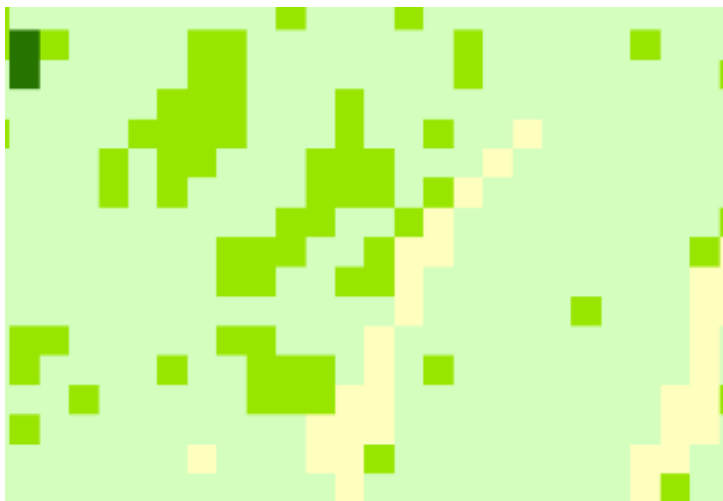
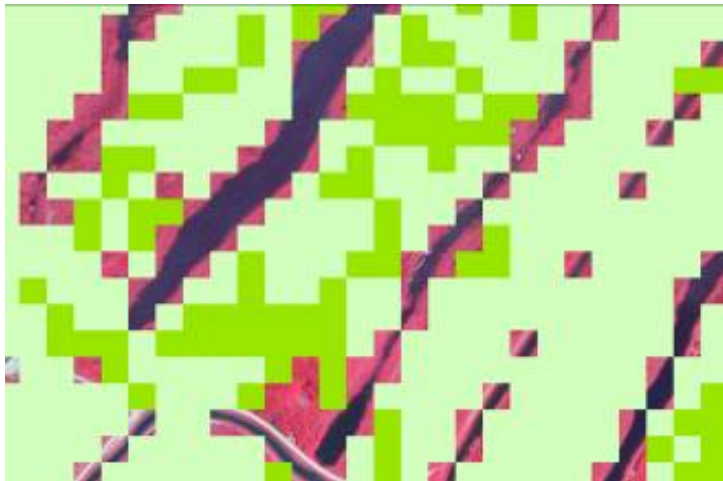
De klasse kaal en begroeid met vegetaties tot 1 m komen over het algemeen in beide bestanden grotendeels overeen. Met name het referentiebestand wordt gekenmerkt door grotere oppervlakten kaal zand ten opzichte van het te valideren bestand hetgeen resulteert in lagere nauwkeurigheden. De vergelijking van de klasse struweel (1 – 3 m) en bos (> 3 m) geeft grote verschillen. De meerderheid aan oppervlakten voor die klassen komen qua ligging niet overeen in beide bestanden, resulterend in lage betrouwbaarheden en nauwkeurigheden.

Wat wel opvalt is dat veel als struweel en bos geclassificeerde rastercellen overeenkomen met de klasse begroeide duinen met vegetaties tot 1 m in het referentiebestand. Herhaling van de validatie met een beperkt aantal vegetatietypen waar met grotere zekerheid de hoogteklaas toegekend kan worden resulteert niet in een betere overeenkomst tussen de bestanden (hogere betrouwbaarheden of nauwkeurigheden). De enige uitzondering hierop is de hogere nauwkeurigheid van de klasse kaal. Dit onderschrijft het idee dat 'kale vegetatietypen' op de vegetatiekaart niet echt kaal zijn. De totale nauwkeurigheden voor de drie referentie gebieden liggen tussen de 74 - 81%.

Net als bij de validatie van het resultaat van de segmentatie/classificatie van de luchtfoto's zijn de nauwkeurigheden voor bepaalde klassen laag. Naast de oorzaken als genoemd in sectie 5.2.4 kunnen ook de beperkingen voor de bepaling van de vegetatiehoogte met AHN een rol spelen. Figuur 26 geeft visueel weer dat op de luchtfoto homogeen lijkende gebieden zowel op de vegetatiekaart als in het geclassificeerde bestand er veel gevarieerder uitzien.

Samenvattend kan gesteld worden dat de volgende factoren een rol spelen bij het validatieresultaat:

- De verschillen in het referentie tijdstip van opname voor de verschillende bestanden. De luchtfoto's betreffen opnames uit het jaar 2006, de vegetatiekaarten geven de situatie weer voor 1989-1999 of 2000, het AHN is gebaseerd op laser altimetrie-opnames van het jaar 2000. Vegetatie kan in de periode 2000 – 2006 gegroeid of verwijderd zijn, zandvlakten kunnen begroeid zijn geraakt, water kan dicht begroeid zijn geraakt met planten of kunnen juist opgeschoond zijn.



-  kaal
-  begroeid
-  laag struweel
-  bos - struweel

*Figuur 26. Het classificatie resultaat waarbij water/kaal doorzichtig zijn gemaakt (boven), de vegetatiekaart (onder) vertonen veel variatie in min of meer homogene gebieden op de luchtfoto (midden). Verder verschilt de ligging van de struwelen sterk tussen de vegetatiekaart en het classificatie resultaat.*



- De arbitraire indeling van vegetatietypen in vegetatiehoogteklassen. De indeling in hoogteklassen van de vegetatietypen is niet eenduidig. Vegetatietypen worden niet gedefinieerd door hoogte en er komen vaak meerdere soorten voor met verschillende hoogtes.
- De beperkte resolutie van het AHN in relatie tot de variabiliteit van de vegetatiehoogte. Het AHN bevat gemiddeld 1 hoogtepunt op 16 m<sup>2</sup>. Indien een opnamepunt net op een plek met vegetatie staat terwijl in omliggende gebied dit niet zo is, kan het voorkomen dat een geheel gebied van 25 m<sup>2</sup> als hoge vegetatie wordt aangemerkt, terwijl dit in werkelijkheid niet zo is. Andersom kan ook voorkomen. Echter de algemene vegetatie volgens de vegetatiekaart kan voor een dergelijk gebied juist in een andere hoogteklasse vallen.
- De uitmiddeling van vegetatiehoogten naar 25 m \* 25 m heeft een effect voor de toegekende hoogte waardoor de hoogte kan afwijken van de 'werkelijke' vegetatiehoogte.
- De afleiding van vegetatiehoogten uit het AHN is indirect en dient voor geaccidenteerd terrein gecorrigeerd te worden. De afleiding van de vegetatiehoogten is gebaseerd op het verschil tussen het hoogtemodel en additionele VEG-punten. Bij de afleiding van de vegetatiehoogten worden aannames gedaan die een bepaalde, niet altijd te voorziene invloed hebben op de berekende vegetatiehoogte.

Het is moeilijk aan te geven welke factoren de grootste invloed hebben op het validatie resultaat. Echter volgens ons spelen de gedateerdheid van vegetatiekaarten en de arbitraire indeling in hoogteklassen van de vegetatietypen uit de vegetatiekaart een grote rol.



## 6 Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusies

De verkenning, voorafgaande aan het ontwikkelen van een methode voor verfijning van de natuurklassen in Nederland, heeft gezorgd voor begripsverduidelijking en inzicht gegeven in de verhouding tussen enerzijds natuur- en beheertypen en anderzijds de BKN-klassen. Het BKN-bestand is een goed startpunt om de globale arealen van natuurklassen in beeld te brengen. Echter de indeling in natuur- en beheertypen (Index NL) is een uitgebreidere, op beheer gerichte indeling van de Nederlandse natuur. Vegetatiestructuurtypen vormen de verbinding tussen beide typologieën, waarbij natuur- en beheertypen vaak gekenmerkt worden door meerdere vegetatiestructuurtypen.

In het project is gekozen voor een verfijning van de BKN-klassen op basis van vegetatiestructuurtypen. Remote sensing speelt bij de classificatie van verschillende vegetatiestructuurtypen, zoals kale grond, grassen, heide, struweel en bos, een belangrijke rol. Echter voor het monitoren van natuur- en beheertypen zijn remotesensingtechnieken alleen onvoldoende. Naast administratieve grenzen van de natuur- en beheertypen zijn additionele GIS bestanden nodig om samen met remote sensing een bijdrage te leveren aan monitoren van natuur- en beheertypen.

Het project heeft aangetoond dat een verfijning van de Basiskaart Natuur (BKN) met luchtfoto's en het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) mogelijk is. Een belangrijk resultaat is het bestand waarbij het duingebied (BKN-klasse 91 duinen, strand en zandplaten) is onderverdeeld op basis van vegetatiestructuurtypen. Het bestand voldoet aan de door de opdrachtgever gestelde randvoorwaarden:

- het is gebaseerd op bestanden die regelmatig beschikbaar komen;
- de methodologie is reproduceerbaar en transparant;
- het bestand sluit aan bij al bestaande bestanden;
- het veldwerk is beperkt; en
- het is landsdekkend.

De verfijning van de BKN-klasse 91 (duinen, strand en zandplaten) heeft geleid tot de volgende onderverdeling:

91 - Kaal duingebied is dat deel van de duinen waar minder dan 20% begroeiing voorkomt. Het is overwegend kaal zand.

92 - Begroeid duingebied dat meer dan 20% begroeid is.

Het begroeide duingebied is op basis van AHN verder onderverdeeld:

921 - begroeide duinen met een vegetatie lager dan 1 meter

922 - begroeide duinen met een vegetatie tussen 1-3 meter

923 - begroeide duinen met een vegetatie hoger dan 3 meter

93 – Water in duingebied.

De onderverdeling van het duingebied in kaal, begroeid en water is gebaseerd op luchtfoto-segmentatie. Een verdere opdeling was niet zinvol aangezien de nauwkeurigheden voor de onderscheiden klassen erg laag werden. Het AHN was een goede aanvulling om de klasse begroeid verder op te delen.

Het bestand voor het duingebied is een 25 m \* 25 m rasterbestand en sluit hiermee aan bij de specificaties van het BKN. Het bevat alle het gebied dat in Top10vector als zand is weergegeven, waarbij het zand in het binnenland (de stuifzanden) niet zijn meegenomen. De integratie met BKN2007 is geen probleem aangezien beide bestanden dezelfde, namelijk Top10vector-versie 2006 als geometrische basis hebben. De daadwerkelijke integratie vindt plaats in het project PP10.2 - Geodatabase Kwaliteitsborging Natuur.

De verfijning van de BKN-klasse 91 (duinen, strand en zandplaten) is gevalideerd op basis van gegevens uit drie deelgebieden met een totale oppervlakte van 5399 ha. De validatie van het bestand heeft geleid tot de volgende conclusies:

- Klasse 921: duingebied begroeid met vegetaties tot 1 m (grasachtige vegetaties, laag struweel) is, goed te onderscheiden met behulp van het AHN.
- De klassen 922 en 923: duingebied begroeid met vegetaties tussen 1 – 3 m (struwelen) respectievelijk duingebied begroeid met vegetaties boven de 3 m (bossen) komen slecht overeen met het referentiebestand. Opvallend hierbij is dat veel struweel en bos met de klasse begroeide duinen met vegetaties tot 1 m uit het referentiebestand samenvalt. Herhaling van de validatie met een beperkt aantal vegetatietypen waaraan met grotere zekerheid de hoogte klasse toegekend kan worden resulteert niet in een betere overeenkomst tussen de bestanden (hogere betrouwbaarheden of nauwkeurigheden). De toedeling van vegetatietypen uit de vegetatiekaarten aan hoogteklassen is zeer waarschijnlijk mede debet aan de lage betrouwbaarheden.
- De kale gebieden (klasse 91) geven een min of meer eenduidig beeld, namelijk hoge betrouwbaarheden en lagere/wisselende nauwkeurigheden.
- De totale nauwkeurigheden voor de drie referentie gebieden liggen tussen de 74 - 81% waarbij aangetekend moet worden dat deze percentages voor een groot deel bepaald zijn door de relatief grote oppervlakten aan grasachtige vegetatie/laag struweel (vegetaties tot 1 m).

De studie heeft verder aangetoond dat er goede mogelijkheden zijn om met behulp van het AHN andere BKN-natuurklassen zoals bos, heide, stuifzanden en rietmoerassen verder onder te verdelen.

## **6.2 Aanbevelingen**

### **6.2.1 Segmentatie luchtfoto's**

Luchtfoto's verschillen onderling sterk in kwaliteit (reflectie, helderheid). Landsdekkende automatische interpretatie van de luchtfoto's voor vegetatiestructuur was daardoor niet mogelijk. Het bepalen van grenzen tussen vegetatiestructuurtypen op basis van spectrale waarden is dan niet eenduidig. Soms ontbreken grenzen of zijn er grenzen tussen vlakken die gelijk blijken te zijn. Luchtfoto's dienden hierdoor apart geïnterpreteerd te worden. De kwaliteit van de luchtfoto's en daarmee de homogeniteit tussen luchtfoto's dient te verbeteren. Er zijn indicaties dat de verschillen tussen luchtfoto's voor 2008 geringer zijn als gevolg van verbeterde nabewerkingen.

De segmentatie van luchtfoto's levert slechts een beperkte verfijning van het duingebied en deze verfijning zou ook nog handmatig nagelopen dienen te worden als je beter afstemming met de 'werkelijkheid' wil. Men kan zich afvragen wat de meerwaarde van de segmentatie ten opzichte van een volledige handmatige interpretatie van de luchtfoto's in 2 tot 3 klassen is.

De selectie van het brede duingebied bevat naast Top10vector zand ook nog andere klassen. Wegen en bebouwing zijn in geringe mate aanwezig in de selectie. De segmentatie/classificatie wordt door het meenemen van de deze klassen waarschijnlijk in geringe mate 'vervuild'. Het effect op het uiteindelijke resultaat is volgens ons gering maar niet gekwantificeerd. Het is beter om deze klasse bij voorbaat niet mee te nemen in de segmentatie/classificatie van vegetatiestructuurtypen. Bebouwing kan op eenvoudige wijze uit het bestand gehaald worden met het BKN-bestand. Verder bevat de BKN-klasse 91 ook nog stuifzanden. Hiervoor dient in de BKN 2007 gecorrigeerd te worden.

Naast de eisen die gesteld worden aan de totstandkoming van het product dient ook de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van het product aan bepaalde eisen te voldoen. De betrouwbaarheid en nauwkeurigheid zijn bepaald maar onbekend is of ze aan de voorwaarde voldoen om het uiteindelijke bestand te gebruiken voor de voorgenomen toepassing. Hierbij dient men zich af te vragen of monitoring van verandering bij geconstateerde nauwkeurigheden/betrouwbaarheden zinvol is.

Op basis van de validatie resultaten lijkt het zinvol om het water in het duingebied samen te voegen met de omliggende klassen. Het betreft maar een zeer klein oppervlak van 65 ha. Wij bevelen aan om het water rechtstreeks uit Top10vector te halen en het niet als een aparte klasse te onderscheiden in de segmentatie/classificatie van de luchtfoto's.

## 6.2.2 Toepasbaarheid Actueel Hoogtebestand Nederland

Het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) is een bruikbaar bestand gebleken om in combinatie met luchtfoto's het begroeide duingebied in verschillende vegetatiestructuurtypen (hoogteklassen) in te delen. Naast het duingebied zien wij ook mogelijkheden om met het AHN andere BKN-klassen verder onder te verdelen. Echter het gebruik van het AHN voor de bepaling van vegetatiehoogten wordt gekenmerkt door bepaalde eigenschappen van het AHN die onderkent dienen te worden bij het bepalen van de vegetatiehoogten. Het AHN is namelijk niet volledig landsdekkend (ontbrekend kaartblad, constructie ruwe punten met behulp van een model), gedateerd (opname in het jaar 2000) en heeft een beperkte, niet homogene punt dichtheid (minimaal 1 punt per 16 m<sup>2</sup>). Verder wordt de bepaling van de vegetatiehoogten in geaccidenteerd terrein overschat waardoor correctie nodig is, komen er punten met afwijkende dubbele hoogten (overlappende vliegstroken) voor en heeft het bestand een beperkte ruimtelijke resolutie (25 m<sup>2</sup>). Daarnaast dient men zich bewust te zijn dat de afleiding van de vegetatiehoogten uit het AHN indirect is en gebaseerd op het verschil tussen het hoogtemodel en additionele VEG-punten.

Het gebruik van het toekomstig nieuwe AHN2 wordt door ons aanbevolen. Dit bestand zal een deel van de bezwaren wegnemen aangezien het bestand landelijk beschikbaar zal komen met een hogere punt dichtheid 11 per 1 m<sup>2</sup> en ruimtelijke resolutie van 0,5 m<sup>2</sup>.

## 6.2.3 Verfijning andere BKN-klassen

Met behulp van het AHN zien wij mogelijkheden om andere BKN-klassen verder te differentiëren. In paragraaf 4.4 is een eerste verkenning uitgevoerd waarbij de volgende aanbevelingen voortvloeien:

- **Bossen:** Er lijken goede mogelijkheden te zijn om met AHN kale plekken in het bos op te sporen. Ook het maken van onderscheid tussen 'productie bos' (eenvormig en/of rijen bomen) en meer 'natuurlijk bos' (diffuser) dient verder onderzocht te worden. Informatie uit de bosstatistiek zou hierbij een rol kunnen spelen.

- **Heide en stuifzand:** Het onderscheid tussen heide en opslag in de heidegebieden lijkt goed mogelijk. Echter het onderverdelen met AHN van de opslag in hoogteklassen dient verder uitgezocht te worden. Ook nader onderzoek naar het relateren van de hoogteklassen aan type van begroeiing wordt aanbevolen. Bovenstaande geldt ook voor de stuifzandgebieden.
- **Moeras:** Een eerste poging is gedaan om moerassen in hoogteklassen in te delen. Validatie hiervan is nog achterwege gebleven. Verder dient is het interessant of de hoogte indeling te koppelen is aan het onderscheid tussen rietlanden en overig moeras.

Bij een verdere verfijning van de genoemde BKN-klassen dient speciaal aandacht geschonken te worden aan de indeling in hoogteklassen en aan de validatie. Welke hoogteklassen zijn ecologisch relevant in relatie tot beheer- en natuurtypen? Verder is de beschikbaarheid van bruikbare validatie gegevens een 'must' om de kwaliteit van de verfijningen te borgen.

Naast de genoemde toepassingen van het AHN zouden luchtfoto's in combinatie met AHN mogelijk gebruikt kunnen worden voor een onderscheid in natte en droge natuurlijke graslanden, de mate van begroeiing van heidegebieden (bedekkingsgraad) en de karakterisering van de kwelders en schorren. Voor de andere natuurtypen liggen ook mogelijkheden met remote sensing maar aanvullend veldwerk is dan noodzakelijk.

#### 6.2.4 Betrouwbaarheid en monitoring

Goede referentiedatasets zijn nodig om de classificaties beter te valideren. Vooral de temporele (synchroniciteit in tijdstip van opnamen) en thematische (overeenkomstige legenda) aspecten waren duidelijk beperkend bij de validatie van de resultaten van de verfijning van het duingebied. Met name actuele vegetatiekaarten met een vertaling van de legenda-eenheden naar hoogteklassen zou de validatie-uitkomsten gunstig beïnvloeden. Een andere mogelijkheid is de validatie te baseren op daadwerkelijk hoogtemetingen uit het veld.

Het water in duingebied BKN-klasse 91 oftewel Top10vector zand zou op basis van de validatieresultaten samengevoegd dienen te worden met zijn omgeving. Het bepalen van het areaal water in het duingebied met gevolgde methode komt niet overeen met de referentiebestanden.

Gezien de kleine oppervlakten aan struwelen (klasse 922) en bossen (klasse 923) binnen het duingebied (BKN-klasse 91) en mede als gevolg daarvan de geringe overeenkomst tussen het te valideren bestand en het referentiebestand dient men zich af te vragen wat de betekenis is om deze klassen te onderscheiden.

Het monitoren van veranderingen in de tijd binnen het duingebied dient zich te beperken tot vergelijking van arealen. Een ruimtelijke vergelijking (waar verandert wat) met de nu bekende nauwkeurigheden/betrouwbaarheden zal lastig zijn. Verder maakt de heterogeniteit tussen luchtfoto's een vergelijking in de tijd een moeizame exercitie.

## Literatuur

- Adviesdienst Geo-informatie en ICT, 2000. Productspecificatie AHN 2000. AGI-Rijkswaterstaat, Delft.
- Buiten, H.J. & Clevers, J.G.P.W (ed), 1990. Remote Sensing, theorie en toepassingen van landobservatie. Pudoc, Den Haag.
- Buro Bakker, 2000. Vegetatiekartering van de terreinen van Staatsbosbeheer op Terschelling 1998-1999. Buro Bakker, Assen.
- Congalton, R.G. and Green, K., 1999. Assessing the accuracy of remote sensed data: principles and practices. Lewis Publishers, New York, 137 pp.
- Hazeu, G.W., M.E. Sanders, G.J.A. Nieuwenhuis, G.J. Roerink, Z. Su, J. Clement & A.M. Schmidt, 2002. Onderzoek naar kwaliteitsverbetering van Natuurplanbureaumodellen met behulp van remote sensing; begroeiingstypen, biomassa en verdamping als case studies. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 511 / CGI-report 9. Alterra, Wageningen. 103 pp.
- Index NL oftewel Catalogus/Index Natuur, Landschap en Recreatie – beschrijving beheer- en recreatietypen, concept fase 1, maart 2008).
- Kooistra, L., Mucher, S. & Niewiadowska, A., 2008. Monitoring of Natura2000 sites using hyperspectral remote sensing. Quality assessment of field borne data for Ginkelse & Ederheide and Wekeromse Zand. Wageningen UR. CGI-report 08-001, 61 blz.
- Klijn, F., 1997. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. Proefschrift. Rijksuniversiteit Leiden.
- Kramer, H., Hazeu, G.W. and J. Clement, 2007. Basiskaart Natuur 2004. Vervaardiging van een landsdekkend basisbestand terrestrische natuur in Nederland. WOT-werkdocument 40. WOT Natuur & Milieu, Wageningen.
- Küchler, A.W. & Zonneveld, I.S. (ed.), 1988. Vegetation mapping. Kluwer, Dordrecht, Nederland, 635 pp.
- Runhaar, H. J., J. Clement, J., Jansen, P.C., Hennekens, S.M., Weeda, E.J., Wamelink, G.W.W. en E.P.A.G. Schouwenberg, 2005. Hotspots Floristische Biodiversiteit. WOT-rapport 9. WOT Natuur & Milieu, Wageningen
- Sanders, M.E., Slim, P.A., van Dobben, H.F., Wegman, R.M.A & Schouwenberg, E.P.A.G., 2004. Effecten van eilandvarianten in de Noordzee op de ecologie van strand en duin. Alterra-rapport 1092. Alterra, Wageningen. 100 pp.
- Til, M. van, Lange, R. de & Bijlmer, A.M, 2003. Hyperspectrale beeldverwerking voor de kartering van duinvegetatie. Meetkundige Dienst, Rijkswaterstaat, Delft, 75p.
- Zonneveld, L.M.L., Asmuth, J.R. von & Dongen, J.A.M. van, 1997. Vegetatiekartering "De Grie" (Terschelling), 1:5000, 1993 : op basis van false-colour luchtfoto's. Meetkundige Dienst, Rijkswaterstaat, Delft, 33p.
- Kloosterman, E.H., Zonneveld, L.M.L. & Janssen, J.A.M., 1995. Vegetation mapping and monitoring on different scale levels on the island of Ameland : methodology and preliminary results. BCRS, Delft. 47pp.

<http://www.idelft.nl/DKLN/brochure.pdf>

<http://www.ahn.nl>



**Annex I Natuur- en beheertypen (Catalogus/Index Natuur, Landschap en Recreatie – beschrijving beheer- en recreatietypen, concept fase 1, maart 2008).**

<b>Natuurtypen</b>	<b>Beheertypen</b>
<b>1 Grootchalige, dynamische natuur</b>	
	01.01 Grootchalig zout (getijden)water
	01.02 Grootchalig duin- of kwelderlandschap
	01.03 Grootchalige rivier- of moeraslandschap
	01.04 Grootchalige zand- of kalklandschap
<b>2 Rivieren</b>	
	02.01 Rivier
<b>3 Beken en bronnen</b>	
	03.01 Beek en Bron
<b>4 Stilstaande wateren</b>	
	04.01 Kranswierwater
	04.02 Zoete Plas
	04.03 Brak water
	04.04 Afgesloten zeearm
<b>5 Moerassen</b>	
	05.01 moeras
	05.02 Gemaaid rietland
<b>6 Voedselarme venen en vochtige heiden</b>	
	06.01 Veenmosrietland en moerasheide
	06.02 Trilveen
	06.03 Hoogveen
	06.04 Vochtige heide
	06.05 Zwakgebufferd ven
	06.06 Zuur ven en hoogveeven
<b>7 Droge heiden</b>	
	07.01 Droge heide
	07.02 Zandverstuiving
<b>8 Open duinen</b>	
	08.01 Embryonaal duin en strand
	08.02 Open duin
	08.03 Vochtige duinvallei
	08.04 Duinheide
<b>9 Schorren en kwelders</b>	
	09.01 Schor en kwelder
<b>10 Vochtige schraalgraslanden</b>	
	10.01 Nat schraalland
	10.02 Vochtig schraalland
	10.03 Vochtig laagveenschraalland

<b>Natuurtypen</b>	<b>Beheertypen</b>
<b>11 Droge schraalgraslanden</b>	
	11.01 Droog schraalgrasland
<b>12 Voedselrijke graslanden en akkers</b>	
	12.01 Bloemdijk
	12.02 Kruidenrijk grasland
	12.03 Glanshaverhooiland
	12.04 Zilt grasland
	12.05 Kruiden- of faunarijke akker
<b>13 Vogelgraslanden</b>	
	13.01 Vochtig weidevogelgrasland
	13.02 Wintergastenweide
<b>14 Vochtige natuurbossen</b>	
	14.01 Overstromingsbos
	14.02 Broek- en bronbos
	14.03 Haagbeuken- en Essenbos
<b>15 Droge natuurbossen</b>	
	15.01 Duinbos
	15.02 Eiken-, Dennen- of Beukenbos
<b>16 Multifunctionele bossen</b>	
	16.01 Grove Dennen-Eikenbos met productie
	16.02 Wintereiken-Beukenbos met productie
	16.03 Essen-Iepenbos met productie
<b>17 Cultuurhistorische bossen</b>	
	17.01 Vochtig hakhout of Middenbos
	17.02 Droog hakhout
	17.03 Park- of Stinzenbos
	17.04 Eendenkooi
<b>18 Landschapselementen</b>	
	18.01 Poel
	18.02 Houtwal, houtsingel en struweelhaag
	18.03 Knip- of scheerheg
	18.04 Laan
	18.05 Knotbomenrij en elzensingel
	18.06 Hoogstamboomgaard
	18.07 Vesting- en verdedigingswerk
	18.08 Historische gebouw en erf
	18.09 Historische tuin
	18.10 Aarden wal en Steilrand



## **Annex II    Legenda BKN-klassen (Kramer *et al.*, 2007).**

<b>BKN code</b>	<b>Omschrijving</b>
11	Extensief beheerde graslanden
30	Heide
40	Bos
80	Rietmoeras
90	Stuifzanden
91	Duinen, strand en zandplaten
70	Water
10	Overige graslanden
20	Akker
60	Bebouwing
120	Stedelijk gebied en infrastructuur



## **Annex III Beschrijving beheertypen vallend onder natuurtipe 'Duinen' (Catalogus/Index Natuur, Landschap en Recreatie – beschrijving beheer- en recreatietypen, concept fase 1, maart 2008).**

### **08.01 Embryonaal duin en strand**

#### ***Algemene beschrijving***

Embryonaal duin en strand bevat onbegroeide of spaarzaam begroeide stranden, strandplaten en jonge duinen, meestal aan de zeezijde van een duinenrij, maar soms bij jonge zandplaten, ook aan de binnenkant van de duinen. Natuurlijke processen als wind en getijde zorgen voor een voortdurend veranderend uiterlijk. Veel embryonale duinen en stranden bestaan slechts kortstondig door toedoen van storm of springvloed.

De omstandigheden zijn zilt, de duinen en stranden kunnen zowel droog als nat zijn. De duinen aan de binnenzijde vormen een overgang van zout naar zoet en naar typen als Open duin. Embryonaal duin en strand staan aan het begin van de duinvorming en leggen daarmee de basis voor de biodiversiteit van de begroeiingsreeksen van de droge en natte duinen. Embryonaal duin en strand komen aan de kust voor, maar vaak ontbreekt goede kwaliteit door de hoge recreatiedruk en de beperkte ruimte voor natuurlijke processen. Europees gezien zijn de embryonale duinen en stranden van bijzondere waarde.

Begroeiing is grotendeels afwezig door de geselende werking van stuivend zand. Waar het zeewater niet komt en de duintjes iets hoger worden komt biestarwegras voor. Dit zeer geharde gras houdt zand vast en zorgt voor luwe plekken. Hier kan een open vegetatie van bijvoorbeeld helm zich vestigen. In vloedmerken vestigen zich andere karakteristieke planten zoals zeeraket loogkruid en zeepostelein. Embryonaal duin en strand zijn van belang voor broedende en foeragerende kustvogels, zoals dwergstern, eider, meeuwen en de strandplevier. Rust is een belangrijke voorwaarde voor hun aanwezigheid. Enkele ongewervelde dieren zijn gespecialiseerd in de embryonale duinen en stranden.

Het voorkomen van rust en natuurlijke processen in de vorm van wind en (zee)getijden vormen de belangrijkste kwaliteitsvoorwaarde.

#### ***Afbakening***

- Het beheertype embryonaal duin bestaat grotendeels uit kaal zand en pioniervegetatie gekenmerkt door biestarwegras en planten die karakteristiek zijn voor vloedmerken.
- Embryonaal duin en strand wordt door de zee begrensd en is onderhevig aan getijdenwerking.
- Op minimaal 5 % van het strand dienen embryonale duintjes aanwezig te zijn of aan de kust gebonden vegetaties aanwezig te zijn, bijv. in de vorm van zogenaamd groen strand.

**Voorbeeldgebieden:** De Hors en Onrust (Texel), Vliehors (Vlieland), Kwade Hoek, Schiermonnikoog, Griend, Koegelwiek en de Boschplaat.

*Embryonale duinen en stranden zijn kaal of spaarzaam begroeid en dynamisch van aard.  
(fotocode: 10204, Amelanderduin, H. van Steenwijk)*

## 08.02 Open duin

### ***Algemene beschrijving***

Open duin bevat structuurrijke begroeiingen en deels onbegroeide delen van zeeduinen. Processen zoals verstuiwing en begrazing zorgen voor variatie. De zeereep sluit meestal de duinen af van de zee, Zeeschuim waait de duinen in en kan het blad van bomen verbranden, maar zorgt ook voor extra bufferstoffen.

Open duin bestaat uit een afwisseling van lage mos- en korstmosrijke vegetatie, grazige vegetaties met bijvoorbeeld helm, kruidenrijke duingraslanden, zoomvegetaties, ruigte en laag en hoog struweel. De bossen komen meer in de oudere duinen voor, beschermd voor de wind door duinen en struwelen, maar kunnen bij een afslagkust vlak aan zee komen te liggen.

Open duin ontstaat bij aanwaskusten op natuurlijke wijze uit embryonaal duin en strand. Bij afslagkusten slaat de zee bressen in de zeereep. Het kale zand wordt vervolgens door de wind het open duin ingeblazen. De duinen kunnen onder invloed van de wind vele vormen aannemen. Loopduinen zijn hoge duinen die zich geleidelijk verplaatsen, soms over het gehele eiland.

Door begrazing en graverijen van dieren kunnen de oudere, begroeide duinen opnieuw gaan stuiven. Als de wind hierop goed grip krijgt kunnen uitstuiwingskuilen of zelfs duinvalleien ontstaan. Het zand van de kalkrijke duinen van het vasteland is wat bruiner en kleiner en ronder. Het verstuift wat minder snel dan de witte zanden van de Waddeneilanden.

Open duin is van belang voor veel planten (duindoorn, zeewolfsmelk, blauwe zeedistel, helm duinroosje, kleverige reigersbek, ruw vergeet-mij-nietje, duinviooltje, mossen, korstmossen, en paddenstoelen en ook voor diverse diersoorten zoals roodborsttapuit, velduil, duinparelmoervlinder, blauwvleugsprinkhaan, en zandhagedis.

Hoewel Open duin in Nederland vrij veel voorkomt, is het internationaal gezien zeldzaam. Nederland kent daarom een bijzondere verantwoordelijkheid. Openduin vormt vaak een overgang vormen naar bijvoorbeeld 08.01 Embryonaal duin en strand en 15.01 Duinbos. Samen met andere typen van het Kust- en duingebied vormt het een landschappelijk en ecologisch geheel. Windwerking en begrazing zorgen op een natuurlijke manier voor variatie in de begroeiingen. Door luchtvervuiling, de afname in konijnenstand en verminderde verstuiwing zijn veel open duinen de afgelopen decennia verruigd.

### ***Afbakening***

- Het beheertype open duin omvat een afwisseling van stuiwend zand, duingrasland, helmduinen en struweel. Kleinere delen kunnen bestaan uit duinvalleien, overgangen naar kwelders etc.
- Open duin omvat in het duin- en kustgebied de zeereep en de binnenduinen.
- Tot 20% van het beheertype kan bestaan uit struweel.
- Het beheertype komt voor in het duinlandschap.

**Voorbeeldgebieden:** Schiermonnikoog, Ameland, Terschelling Vlieland, Texel, Zwanewater, Kennemerland, Coepelduynen, Meijendel, Berkheide, Voornes Duin, Duinen van Goeree en Kop van Schouwen.

*Open duin kan bestaan uit verschillende begroeiingstypen, maar kenmerkt zich door openheid. (fotocode: 10425, Duin- en Kruidberg, H. van Steenwijk)*

## 08.03 Vochtige duinvallei

### ***Algemene beschrijving***

In vochtige duinvalleien komen zowel open water, lage pionierbegroeiingen, grote of kleine zeggenvegetaties als kruipwilgstruweel voor. Het gaat om valleien van de jonge duinen langs de kust. Deze valleien staan vaak onder invloed van zoet grondwater.

Duinvalleien kunnen op meerdere manieren ontstaan. Duinvalleien ontstaan bij aangroekusten waar zandbanken aanhelen. De overstroming met zeewater wordt op groene stranden en sluffers geleidelijk steeds minder. De aangroeiende duinen sluiten uiteindelijk de vallei af van de zee. Door uitstuiving van wat oudere duinen achter de zeereep kan ook een laagte ontstaan, die nat wordt wanneer duinen uitstuiven tot op het niveau van het grondwater. Door zee inbraken, of door natuurlijke verdroging van het duinmassief bij een afslagkust kan de ontwikkeling van een natte duinvallei afgebroken worden.

Natte en vochtige duinvalleien zijn vaak rijk aan overgangen; van water tot droge grond, waardoor veel variatie in begroeiing kan ontstaan. De lage en open vegetaties van biezen, russen en mossen, kunnen lang voorkomen dankzij de zandige, vochtige tot zeer natte, vaak kalkrijke bodems en de invloed van voedselarm grond- en oppervlaktewater. De begroeiingen zijn zeer soortenrijk, enerzijds door de vele pioniers als dwerggras, stijve moerasweegbree, teer guichelheil, dwergbloem, bitterling, knopbies en parnassia maar ook de soorten van open water (kranswieren weegbreefonteinkruid) en door soorten van gesloten begroeiingen zoals veldgentiaan, gelobde maanvaren, vleeskleurige orchis, groenknolorchis, honingorchis en moeraswespenorchis.

In kalkarme duinvalleien komen meer vegetaties van zwakgebufferde vennen en natte heiden voor.

Natte duinvalleien zijn ook van belang voor paddenstoelen, vogels, dagvlinders, amfibieën en zoogdieren. De betekenis van de duinvalleien is zowel nationaal als internationaal groot; Nederland kent wegens het beperkte voorkomen in Europa en de hoge biodiversiteit een grote (inter)nationale verantwoordelijkheid.

Bij natuurlijke successie gaat de lage vegetatie over in duinheide, struwelen en uiteindelijk bos en verliest daarmee een groot deel van de pioniersoorten. Ontkalking en humusvorming zijn belangrijke processen die zorgen voor veranderingen in de vegetatie. Verjonging door erosie en sedimentatieprocessen langs de kust is daarom van groot belang. Ontginning voor grasland of akker en verdroging door waterwinning hebben in het verleden tot het verdwijnen van veel natte en vochtige duinvalleien geleid.

### ***Afbakening***

- Vochtige duinvalleien zijn in het duin- en kustgebied gelegen natte laagten of delen van drooggevallen zandplaten, worden niet of nauwelijks door zeewater geïnundeerd, en zijn gekenmerkt door een lage vegetatie.
- Tot 20% van het beheertype kan bestaan uit struweel.

**Voorbeeldgebieden:** Oosterkwelder en Westduinen (Schiermonnikoog), Noordvaarder en Boschplaat (Terschelling), kroonspolder (Vlieland), Zuid Kennemerland, Mokslootvallei, Kwade hoek.

*Natte of vochtige duinvalleien zijn vaak bijzonder raak aan orchideeën en andere planten. (fotocode: KINA10797, Zwanenwater, beeldarchieven.nl)*

## 08.04 Duinheide

### ***Algemene beschrijving***

Duinheide omvat de droge tot natte heiden in de zeeduinen. Duinheide komt tot ontwikkeling op ontkalkte bodems met een humuslaag. De variatie in duinheiden kan groot zijn door schaduwrijke noordzijden, met mossen en eikvaren, zeer zonnige en hete plekken met pioniers en korstmossen, droge duinen en zeer natte laagten. In vergelijking met binnenlandse heide is er wat meer buffering. Duinheide is door de afwisseling vaak soortenrijker dan binnenlandse heide. Behalve uit struikheide, kraaiheide en dopheide kan duinheide ook bestaan uit kruipwilg.

Duinheide kwam enkele honderden jaren geleden niet of nauwelijks voor in de Nederlandse duinen door de overheersende zandverstuivingen. Het vastleggen van duinen leidt tot een humusvorming in de bodem waardoor de toplaag zuurder wordt. Natte duinheide kan na verloop van tijd ontstaan uit oudere en zure vormen van vochtige duinvalleien. Droge heide kan ontstaan uit duingrasland, op ontkalkte zandige stukken in oude duinen en dan vaak met zandzegge, of door geleidelijke overstuiving van natte heiden.

Duinheide komt met enkele duizenden hectaren voor in Nederland, ten noorden van Bergen is het in alle duingebieden te vinden. Europees gezien is de waarde van duinheide vrij groot.

Duinheide is van belang voor vaatplanten als drienerfzige zegge en rond wintergroen, mossen, korstmossen, maar ook voor broedvogels, dagvlinders en reptielen. Overgangen en variatie in reliëfrijke terreinen kunnen voor een hoge kwaliteit zorgen. Oude, onbegraasde, duinheide met kraaiheide en kruipwilg is echter soortenarm en vormt dikke organische lagen. Vestiging van berk verloopt hier heel traag, vaak ontstaan ruigten met duinriet en wilgenroosje. Door begrazing kan veroudering vermeden worden. Duinheide kan daarnaast waardevolle overgangen vormen naar andere beheertypen als vochtige duinvallei en open duin.

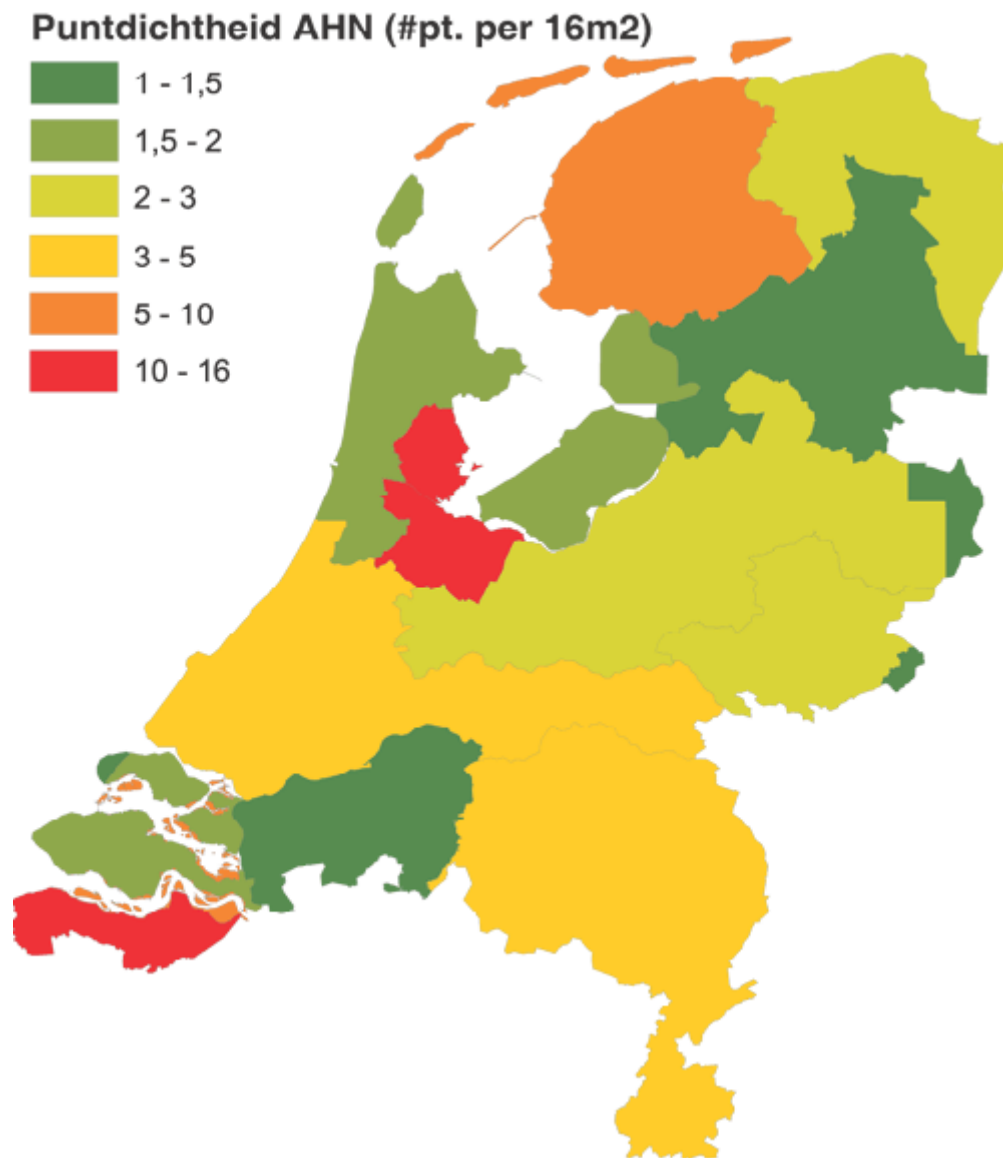
### ***Afbakening***

- Het beheertype duinheide omvat voor tenminste 30 % vegetaties gedomineerd door dwergstruiken Dopheide, Kraaiheide en/of Struikheide, en/of Grote veenbes.
- De overige delen kunnen bestaan uit open zand of begroeid zijn met korstmosvegetaties, grazige vegetaties, kruipwilgstruweel of veenmossen.
- Het beheertype komt voor in het duinlandschap.

**Voorbeeldgebieden:** Duinen van Ameland, Terschelling, Vlieland, Den Helder, Callantsog, Zwanenwater, Schoorl en Solleveld.

*Duinheide lijkt sterk op de binnenlandse heide. Belangrijk voor de kwaliteit is variatie in structuur en begroeiing. (fotocode: 10170, Doodemanskisten, H. van Steenwijk)*

## Annex IV Punt dichtheid van het Actueel Hoogtebestand Nederland (<http://www.ahn.nl>).







## Annex V Veldwerkopnames

Locatie / punt	Beschrijving lufo	In het veld		
		% begroeiing / kaal	Classificeren als;	Korte beschrijving
2-1	Geclassificeerd als kaal (donkere vlekken binnen licht gebied)	90% begroeid	begroeid	Ruig grasland, vlak terrein
2-2	Begroeid (licht van kleur)	90% begroeid	begroeid	Ruig grasland, vlak terrein
2-3	Kaal	100% kaal	kaal	Speeltuin, met zand .
2-4	Kaal	100% kaal	Kaal	Bestrating, grenzend aan weg en deels ingesloten door grasland
3-1	Begroeid	60% begroeid	Begroeid	Gras in een vochtige kom tussen heuvels van zand.
3-2	Begroeid (klein segment)	60-80% begroeid	begroeid	+/- 20m <sup>2</sup> aaneengesloten gebied met (helm)grassen binnen het zandgebied
3A0	Begroeid	90% begroeid	Begroeid	Zeer lage begroeiing, van grassen en mossen
3B0	Begroeid	30-40% begroeid	begroeid	Kleine plukken mos, grassen of kruiden binnen een voornamelijk zandgebied.
4-1	Begroeid	80% begroeid	Begroeid	duin is een zandrug begroeid met gras
4-2	Begroeid	80% begroeid	Begroeid	duin is een zandrug begroeid met gras
5A0	Begroeid	90% begroeid	Begroeid	Grassen, struiken (duindoorn, meidoorn), hier en daar kale plekken
5A0-a	Kaal	25 % begroeid	Begroeid	Zand met grassen en mossen, zichtbare opp. 40 m <sup>2</sup> . zijkant heuvel.
5B0 + 5C0 + 5D0	Begroeid	10-20 % begroeid	Kaal	In dit gebied wordt gewerkt, het ziet er naar uit, dat dit veranderd is en zand is verplaatst/ opgebracht?



## Annex VI Technische specificaties voor het aanmaken van de vegetatiehoogten vanuit de AHN.

### ***Het proces in Python (technisch, puntsgewijs)***

AHN-punten shapes worden verrasterd met behulp van het pythonscript "*AHN2VegHgt.py*" en een bijbehorende tekstbestand, "*inifile\_AHN2vegHgt.txt*", waarin settings worden gedaan betreffende input- en output gegevens, zoals locaties, namen en celgrootte.

Het script converteert het bronbestand naar een 5 meter - raster op basis van het item "Z\_cm". Dit proces wordt uitgevoerd voor deelgebieden die daarna worden samengevoegd, binnen een opgegeven maximale extent (in dit geval van Nederland).

- Stap 1 = verrastering per kaartblad (ong. 70 voor heel Nederland);
- Stap 2 = samenvoeging kaartbladen naar gebieden (ong. 6 voor heel Nederland);
- Stap 3 = samenvoeging gebieden voor heel Nederland.

In het tekstbestand kan een subselectie gemaakt worden van te verwerken kaartbladen en/of gebieden.

Voorwaarden waar te gebruiken data voor de verrastering aan moeten voldoen:

- AHN-input
  - bevat punten (shape)
  - bevat item "Z\_cm"
- Bestand met kaartblad-indeling
  - bevat polygonen (shape)
  - bevat numeriek item met kaartblad-nummer (naam generiek)
  - bevat numeriek item met gebieds-nummer (naam generiek)
  - bevat items "xmin", "ymin", "xmax" en "ymax" voor bepaling van de extent per kaartblad
- Bestand met gebieds-indeling
  - bevat polygonen (shape)
  - bevat numeriek item met gebieds-nummer (naam generiek)
  - bevat items "xmin", "ymin", "xmax" en "ymax" voor bepaling van de extent per gebied

Na verrastering volgt de berekening van de vegetatiehoogte, inclusief een correctie op hellingshoek. Dit gebeurt in script "*AHN\_correctie\_slope.py*",

De onderliggende stappen en de bijbehorende procedures, binnen de scripts worden hieronder meer in detail beschreven.

(zie script "*AHN2VegHgt.py*", met bijbehorende textfile "*inifile\_AHN2vegHgt.txt*" en script "*AHN\_correctie\_slope.py*", met "*inifile\_correctie\_slope.txt*" zie bijlage <xxx>)

### ***Omzetting AHN naar vegetatiehoogte/verrastering***

Python script: *AHN2VegHgt.py*  
Inifile(textfile): *inifile\_AHN2vegHgt.txt*

### **Per (top100) kaartblad**

*(procedures Top100Blad\_cursor en doe\_Top100\_AHN)*

1. Verrasteren grond-punten AHN op maximale hoogte per 5 meter (item "Z\_cm")
2. Verrasteren vegetatie-punten AHN op maximale hoogte per 5 meter (item "Z\_cm")
3. Combineren resultaten van bovengenoemde stappen. Creëert 1 raster waarbij in eerste instantie waarden van stap 2 (max. vegetatiehoogte) worden overgenomen, tenzij die ontbreken; in dat geval wordt de waarde van het de max grond hoogte gebruikt.

### **Per gebied**

*(procedures Mosaic\_gebieden en doe\_Mosaic)*

4. Samenvoegen resultaatrasters van alle kaartbladen (stap 3) per gebied

### **Heel Nederland**

*(procedures Mosaic\_Nederland en doe\_Mosaic)*

5. Samenvoegen resultaatrasters van alle gebieden (stap 4) voor heel Nederland

### **Correctie voor de helling**

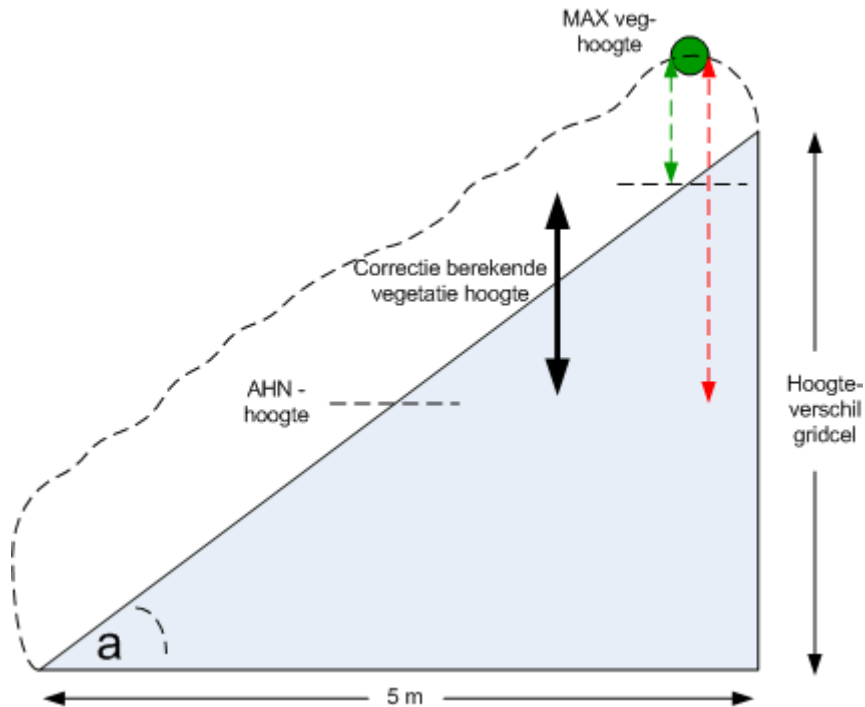
*Python script: AHN\_correctie\_slope.py*

*Inifile(textfile): inifile\_correctie\_slope.txt*

*(procedure Calculate\_Slope\_AHN)*

6. Samenvoegen raster ahn-noord en raster ahn-zuid tot ahn-raster voor heel Nederland (5 meter resolutie)
7. Gebruik het AHN van Nederland om de helling te bepalen per 5 meter rastercel. Resultaat is een raster met 5 meter resolutie voor heel Nederland met de hellings-waarde in graden  
*(procedure CalculateHDif)*
8. Gebruik het hellings-raster om het maximale hoogteverschil binnen een rastercel van 5 meter te bepalen dat te verklaren zou zijn, puur door de helling. Resultaat is een raster met hoogteverschillen in meters  
*(procedure CalculateVegH)*
9. Bepaal ruwe vegetatiehoogte door verschil max. vegetatiehoogte (stap 3) met ahn te berekenen (stap 6)
10. Corrigeer ruwe vegetatiehoogte (stap 6) met hoogteverschillen die veroorzaakt worden door de helling (stap 8)
11. Filter water en bebouwing uit
12. Middel vegetatiehoogte uit naar een raster met een resolutie van 25 meter

## Annex VII Correctie vegetatiehoogte.



$$\tan \langle \mathbf{a} \rangle = \langle \text{Hoogteverschil gridcel} \rangle / 5$$

Vertaling naar map-algebra in ArcGis:

$$\langle \text{Hoogteverschil gridcel} \rangle = \text{int}(\tan((\text{rsSlope\_AHN\_nld}) \text{ div deg}) * 5)$$

waarbij

- rsSlope\_AHN\_nld het raster is met de hellingshoek  $\langle \mathbf{a} \rangle$  in graden (bepaald uit AHN hoogtemodel)
- "div deg" converteert van graden naar radialen

Voor correctie is de helft van het  $\langle \text{hoogteverschil gridcel} \rangle$  in cm's gebruikt:

$$\langle \text{Correctie berekende vegetatiehoogte} \rangle = 0.5 * 100 * \langle \text{Hoogteverschil gridcel} \rangle$$



## Annex VIII Vergelijking Basiskaart Natuur met het bestand voor het duingebied ( inclusief kleine gebieden) in oppervlakte per m<sup>2</sup>.

KLASDUIN_BKN	Duingebied			Grand Total
	0 water	1 kaal	2 begroeid	
0	345625	86875	1063750	1496250
10 grasland	66875	500625	27891875	28459375
11 natuurgrasland	1061250	786875	69179375	71027500
20 akker	12500	158125	3087500	3258125
30 heide	1250	3125	11916875	11921250
40 bos	9375	113125	116015000	116137500
60 bebouwing	123125	2644375	36350000	39117500
70 water	9653125	10676875	10593125	30923125
80 rietmoeras	76250	2500	7837500	7916250
90 stuifzanden	2500	2500	0	5000
91 duin, strand en za	5401875	69269375	263860625	338531875
Grand Total	16753750	84244375	547795625	648793750
%	57.6	82.2	49.7	

■ water in BKN  
■ kale gebieden in BKN  
■ begroeide gebieden in BKN





## Annex IX Indeling vegetatieklassen naar begroeid, onbegroeid en water.

### IXa. Terschelling

Vegetatie	1 begroeid	2 onbegroeid	3 water	Totaal
0	2322	11156	2283	15761
1 X0-1: kale grond op zand, slib of organisch materiaal	220	1110	145	1475
2 01-32: zoete en brakke overstromingsgraslanden en overgangen	1278	4		1282
3 G1-23: graslanden met Engels raaigras en Ruw beemdgras	706	6		712
4 G31-45: Witbolweiden	161			161
5 G51-73: Kamgras en Rompgemeenschappen met Gewoon struisgras	669	1	1	671
6 E1-12: heischrale graslanden	115			115
7 P1-41: pionier van voedselarme oevers, overige typen	294			294
8 P51-55: pionier van voedselarme oevers, type van Oeverkruid	24			24
9 W0-6: open water en watervegetaties	176	5	83	264
10 R1-61: Rietlanden en grote zeggengemeenschappen	287			287
11 K1-31: zure kleine zeggengemeenschappen	353	3		356
12 V1-15: Knopbiesvegetaties	399			399
13 H1-31: vochtige duinheiden	655			655
14 H41-51: droge duinheiden	5585	7		5592
15 D1-21: zeereepvegetaties	3093	1287	184	4564
16 D31-35: droge duinvegetaties, type van Duinzwenkgras en Zanddoddegras	2411	16	50	2477
17 D41-44: droge duinvegetaties, type van Buntgras	4797	5	36	4838
18 D51-54: droge duinvegetaties, type van romp- en derivaatgemeenschappen	9666	58	68	9792
19 D61-67: droge duinvegetaties, types Schapegras en Gewoon struisgras	5843			5843
20 Z1-7: lage kweldervegetaties, type van Slijkgras, Zeekraal en Schorrekruid	1114	56	125	1295
21 Z11-13: lage kweldervegetaties, type van Gewoon kweldergras	266	34	2	302
22 Z15-26: middelhoge kweldervegetaties	2569	54	8	2631
23 Z31-35: oeverwalvegetaties, type van Gewone zoutmelde, Strandkweek	5232	3	97	5332
24 Z41-44: Middelhoge en hoge kweldervegetaties, type van Zilte rus	1101	101	36	1238
25 Z51-61: Middelhoge en hoge kweldervegetaties, type van Rood zwenkgras en Engelsgras	12365	91	209	12665
26 Z65-83: Middelhoge en hoge kweldervegetaties, overige typen	1464	5	4	1473
27 Z91-95: vloedmerkvegetaties	437	21	11	469
28 S1-6: struwelen, typen van Kruiplwilg	6077	106	13	6196
29 S11-13: struwelen, typen van Grauwe wilg en Gagel	2418			2418
30 S21-23 : overige struwelen	948			948
31 B1-3: Berkenbroek	779			779
32 B11-14: Elzenbroek	492			492
33 N1-11: Dennen en Sparrenbos	2771			2771
34 B21-26 Berken - en zomereikenbos	4852			4852
35 B31-34: Wintereiken-Beukenbos en bossen met Esdoorn of Es	2277			2277
36 N21-22, B52-53: overig loofbos	777			777
37 X11-22: ruigten.	1770	13	1	1784
38 S31-32: struwelen, typen van Vlier en Duindoorn	1165	2		1167
39 D41-44/H51: complex van type van Buntgras met droge duinheide	1795			1795
40 D51-54/H51: complex van type van romp- derivaatgemeenschappen	1370			1370
41 D61-67/H51: complex van type van Schapegras en Gewoon struisgras met droge duinheide	283			283

#### Indeling vegetatieklassen naar begroeid, onbegroeid en water

	Begroeid
	Onbegroeid
	Water

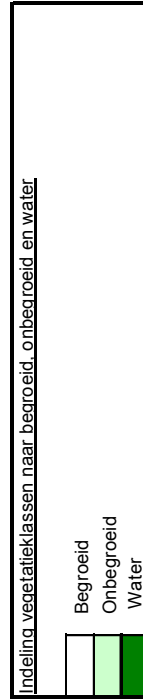
## IXb. Amsterdamse Waterleidingduinen

Vegetatie	1 begroeid	2 onbegroeid	3 water	Totaal
55 83AA3/7AC02A	12			12
56 14CB01B	527			527
57 08RG03/05B03	1			1
58 87AC01/37AC03	20			20
59 87AC02B/33	4			4
60 04BA03	439		41	480
61 43AA03A/37AC03	109			109
62 14CA01B/31BA01A	69			69
63 14RG10/33	7			7
64 87RG03/14CB01B	7			7
65 09AA09AA02	1			1
66 8333AA	2			2
67 09AA02	1			1
68 87RG02/14BB02A	8			8
69 14CB/37/41DG03	72			72
70 14BB02A	2113			2113
71 09AA	29			29
72 87RG02/23RG01	3			3
73 87RG04/14CB01C	2			2
74 87AC03/42AA02	12			12
75 43AA03B	144			144
76 05BC	435		201	636
77 42AA02/33	122			122
78 14AA02B/31BA01A	79			79
79 83/37AC03	39			39
80 43AA03A/42AA02	32			32
81 833/14RG10	10			10
82 87RG03/37AC02A	6			6
84 42AA02/33/37AC03	26			26
85 14AA02B/14CA01A	27			27
86 14RG10/14CB01B	152			152
87 14RG10/14CA01B	6			6
90 87RG03/37RG02	433			433
92 20AB04	17			17
94 43AA01	82			82
95 43AA03A/43AA03B	396			396
96 14RG10/14RG09	5			5
97 14/16/33	192			192
98 09BA04	51			51
99 14/16/14RG09	41			41
100 14/16/14AA02B	13			13
101 14AA	408			408
102 40AA02	56			56
103 40AA02/09AA	11			11
104 08AA/04BA02	10			10
105 87AC03/33	4			4
106 43AA03B/08AA/04BA02	8			8
107 43AA03B/33AA	7			7
108 20AB04/09BA04	19			19
109 87AC02B/08AA	4			4
110 87AC02A/37RG04	72			72
111 14BB02A/14/16	117			117
112 09AA/14RG09	12			12
113 14CB01B/14RG09	12			12
114 14/16/14CA01B	19			19

Vegetatie	1 begroeid	2 onbegroeid	3 water	Totaal
0 87AC03	150			150
1 33	727		1	729
2 33/14RG09	5			5
3 Open water/05B03	4			4
4 37RG03	462			462
5 87AC02A	1824		1	1825
6 42AA02/37AC03	296			296
7 37AC03/37AC02A	12			12
8 37AC02B	146			146
9 37AC02A/37AC02B	55			55
10 14CA02	112			112
11 14RG10	107			107
12 14/16	210			210
13 33/08RG03	65			65
14 87RG03/14RG10	9			9
15 14CB02	84			84
16 Open water	62	2		64
17 14CB/37	593			593
18 Niet gekarteerd	48	3		51
19 14CA01B	752	1		753
20 33AA	108			108
21 30B	17			17
22 14CA01B/14AA02B	147			147
23 14CB02/37AC02A	14			14
24 14CA02/14CA01B	4			4
25 37RG02	1576			1576
26 14CA01B/14CA01A	94			94
27 42AA02	1842			1842
28 87RG02/37AC02A	369			369
29 37AC01	53			53
30 14RG10/14CB01A	6			6
31 14AA02B	578			578
32 14AA02B/14AA02A	499			499
33 14/16/14CB	206			206
34 1DG03	893			893
35 37RG04	489			489
36 14CB01C	77			77
37 08RG03	51			51
38 33/14CB	124			124
39 04BB01	409		64	473
40 14AA02A	1052			1052
41 04RG01	328	10		338
42 04BA02	11		71	82
43 33AA/37AC02B	37			37
44 05BC03	227		3	230
45 08AA	8			8
46 08AA/Open water	15			15
47 37RG02/37RG03	100			100
48 05BC03/05BC	99		1	100
49 43AA03A/33	29			29
50 37AC01/37AC02A	27			27
51 08RG03/14CB	6			6
52 43AA03A	938			938
53 37AC02A/37RG03	35			35
54 33/08RG03/Open water	3			3

Vegetatie	1 begroeid	2 onbegroeid	3 water	Totaal
115 37AC03/37RG04	25			25
116 08AA/08RG03	23			23
117 14CB01C/37AC02A	26			26
118 37RG02/14RG10	10			10
119 37RG04/14RG09	24			24
120 43AA03B/37AC03	22			22
121 14CA01B/14AA02B/14CA01A	7			7
122 37RG03/37RG04	1			1
123 37AC02A/08RG03	1			1
125 09BA04/08RG03	3			3
127 37RG02/37AC02B	4			4
128 37RG03/14RG09	12			12
129 37AC02A/14CB01A	51			51
130 20AB04/37AC02B	4			4
131 14CB/37AC	15			15
132 37AC03/37RG04/37AC02B	7			7
133 37AC03/33AA	8			8
136 37RG04/14CB01B	13			13
137 14CB01B/14CB01C	1			1
138 14CB01B/14/16	5			5
140 14CB01C/37RG04	92			92
141 14BB02A/14CB01B/14/16	32			32
142 37RG04/37AC02B	8			8
143 14BB02A/14CB01B	18			18
144 14BB02A/14RG09	103			103
146 20AA01A	63			63
147 37AC03/18RG01	23			23
148 14CB02/14CB01A	19			19
149 14CA02/14BB02B	72			72
150 14BB02B	65			65
151 14CA02/14CB02	27			27
152 14CB01A	3172			3172
153 14CB01A/14CA01B	3068			3068
154 14CB02/14CA01B	21			21
155 14CA01B/14CB01A	133			133
156 14BB02A/14AA02B	49			49
157 14BB02A/14AA02A	858			858
158 14AA02B/14BB02A	99			99
159 14CB01B/14CB01A	127			127
160 14CB01A/14CB01C	140			140
161 14CB01A/14BB02A	102			102
162 14CB01A/14AA02B	10			10
163 14CB01A/14CA01A	4			4
164 14CB01B/14BB02A	47			47
165 14BB02A/14AA02B/14AA02A	52			52
166 14BB02A/20AA01A	12			12
167 14CB	4642	1	6	4649
168 14CB/14CA01B	1029	2		1031
169 14RG09	6387	1		6388
170 14CB/14CB02	15			15
171 31AB03B	128	1		129
172 31AB03B/14RG09	11			11
173 31AB03B/14CB	13			13
174 14CB/14CB01A	371			371
175 31AB03B/14CB02	14			14

Vegetatie	1 begroeid	2 onbegroeid	3 water	Totaal
176 23RG01	442			442
177 14RG09/14CB01A	104			104
178 14RG09/14AA02B	680			680
179 23RG01/14CB01A	607			607
180 23RG01/14CA01B	82			82
181 23RG01/14AA02B	15			15
182 14CB/14CB01B	48			48
183 14RG09/14CB01B	416			416
184 23AB01	243			243
185 23RG01/14CA02	4			4
186 23RG01/14CB	298			298
187 23RG01/14RG09	12			12
188 14CB/14RG09	516	10		516
189 31BA01A	357			357
190 14RG09/14BB02A	2434			2434
191 14CB/14AA02B	151			151
192 14RG09/14CA01B	74			74
193 23AB01/23AB01B	22			22
194 31BA01A/14RG09/14AA02A	11			11
195 37AA	57			57
196 14RG09/14AA02B/14AA02A	114	1		115
197 31BA01A/14AA02B	12			12
198 14RG09/37AA	7			7
199 14CB/14RG09/14AA02B	17			17
200 14RG09/14AA02A	31			31
201 14CB/31BA01A	25			25
202 18RG01	455			455
203 14RG09/18RG01	32			32
204 14RG09/14BB02A/14AA02A	51			51
205 14CA01A	1887	2		1889
206 Strand	186	311	30	527
207 23AB01B	20			20
208 14CA01A/27AA02	683	30		713
Totaal	54080	375	422	54877



**IXc. Schoorlsche duinen**

Vegetatie	1 begroeid	2 onbegroeid	3 water	Totaal
55 37RG01	13			13
56 23/23RG01	6			6
57 14AA02B/14DG01/23RG01	50			50
58 20AB01/42DG01	5			5
59 14RG09	141			141
60 Kale grond/14DG01	3			3
61 142	100			100
62 23RG01/14RG01	9			9
63 06RG01	5			5
64 06RG04	43			43
65 09AA06	12			12
66 42AA01/41DG03	14			14
67 Open water/06RG01	4			4
68 09AA06/09AA01	3			3
69 05/06AB	5			5
70 11AA03	138			138
71 20AB01/14CA01	12			12
72 14BB02/14B/20AB	5			5
73 09AA01	15			15
74 23RG01/14DG01	106			106
75 14RG01/23RG01	8			8
76 14AA02/14BB02	32			32
77 14DG01/14RG01	40			40
78 14DG01/14B/20AB	120			120
79 14B/20AB/20AB01	58			58
80 14RG06/14DG01	19			19
81 20AB01/14AA02	21			21
82 14AA02/14B/20AB	23			23
83 20AB03	206			206
84 14RG10/37RG01	5			5
85 11AA03C	35			35
86 42AA01/20AB02/14BB02	11			11
87 Kale grond/23AA01	42	4		46
88 14AA02/20AB01	74			74
89 42AA01/14AA02	7			7
90 20AB01/14B/20AB	6			6
91 23RG01/14AA02B	47			47
92 14RG10/20AB01	12			12
93 20AB01/14DG01	110			110
94 42AA01/20AB01	23			23
95 14CA01/23RG01	12			12
96 14RG10/14AA02B	5			5
97 14DG01/20AB01	15	4		19
98 14AA02/23RG01	328	3		331
99 20AB03/11AA03	8			8
100 14BB02/14RG06	10			10
101 Kale grond/23RG01	6			6
102 14RG10/20AB02	2			2
103 14AA02B/20AB02	23			23
104 06RG09/Open water	2			2
105 23RG01/14CA01	21			21
106 23RG01/14BB02	6			6
107 14AA02B/20AB01	42			42
108 14RG01/14AA02	66			66
109 23RG01/14AA02	14			14

Vegetatie	1 begroeid	2 onbegroeid	3 water	Totaal
0 14RG06	12			12
1 14BB02	60			60
2 14DG01/23RG01	102			102
3 23AB01A	5			5
4 14DG01	438	9		447
5 Kale grond	43	12		55
6 23RG01	1557			1557
7 14B/20AB	69			69
8 31RG04	1			1
9 32	4			4
10 14CA01	49	2		51
11	1351	290	13	1654
12 23	11			11
13 20AB02	168			168
14 35	5			5
15 14CB01	14			14
16 14DG01/Kale grond	6			6
17 14BB02/Kale grond	1			1
18 14BB02/14AA02	18			18
19 23AA01	45	4		49
20 20AB01	1348	2		1350
21 33	10			10
22 20AB01/14BB02	5			5
23 42DG01	54			54
24 14RG06/14BB02	5			5
25 14AA02B	418			418
26 16BC01B	10			10
27 32RG04	10			10
28 14BB02/14DG01	57			57
29 Open water	9	9		18
30 16AB04	6			6
31 14AA02	824	2		826
32 09RG02	4			4
33 ERF	22			22
34 41DG03	122	7		129
35 42AA01	496			496
36 41	437			437
37 08RG01/12BA	3			3
38 14AA02B/14CB01	7			7
39 16RG01	7			7
40 14RG01	310			310
41 14BB02/14DG01/14AA02	59			59
42 36AA02	21			21
43 14DG01/14AA02	72			72
44 14	99			99
45 23AB01B	244	6		250
46 42AA01D	35			35
47 14DG01/14BB02	7			7
48 14BB02/20AB01	18			18
49 41/41DG03	50			50
50 41DG03/42AA01	4			4
51 16	4			4
52 42AA02	73			73
53 14RG10	112			112
54 23RG01/20AB01	96			96

Vegetatie	1 begroeid	2 onbegroeid	3 water	Totaal
110 20AB01/20AB03	32			32
111 41DG03/20AB01	6			6
112 14BB02/23RG01/14AA02	8			8
113 14DG01/41DG03	6			6
114 14RG01/14BB02	137			137
115 20AB02/14RG01	3			3
116 33RG02	6			6
117 23RG01/20AB01/14DG01	18			18
118 20AB02/14RG10	7			7
119 20AB01/14RG01	5			5
120 14/23RG01	7			7
121 42AA01A	38			38
122 14BB02/14RG01	55			55
123 14DG01/14RG10	6			6
124 39AA	7			7
125 42/20AB01	11			11
126 20AB02/14RG09	5			5
127 14RG01/20AB02	4			4
128 23RG01/20AB02/14AA02B	23			23
129 14AA02/14RG01	11			11
130 14AA02/14BB02/14RG01	17			17
131 14RG09/14RG01	15			15
132 20AB01/42	6			6
133 14RG10/11AA03	5			5
134 09AA01/11AA03	4			4
135 14AA02B/23RG01	62			62
136 14RG01/20AB01	9			9
137 14RG01/14CB01	6			6
138 16B/14B	5			5
139 20AB01/14RG10	16			16
140 14RG10/23RG01	22			22
141 14AA02/14AA02B	31			31
142 09	10			10
143 11RG02	10			10
144 20AB01/23RG01	12			12
145 14DG01/20AB02	5			5
146 23RG01/20AB02	7			7
147 14RG01/14DG01	19			19
148 20AB02/23RG01	30			30
149 14RG10/14BB02	15			15
<b>Totaal</b>	<b>11866</b>	<b>345</b>	<b>13</b>	<b>12224</b>

Indeling vegetatieklassen naar begroeid, onbegroeid en water





# Annex X Indeling vegetatieklassen naar hoogte: laag (< 1 m), midden (1 – 3 m) en hoog (> 3 m)

## Xa. Terschelling

Hoogte klasse	Vegetatie	91	921	922	923 Grand Total	91	921	922	923 Grand Total
L	0	11331	5290	79	16705		168		168
L	1D63	5	3312	10	3327		70		70
K	2D11	244	1903		1547		2		2
L	3D51	10	714		714		363		363
K	4D12	23	1010		1033		377	1	378
K	5D01	723	449		1172		45		45
L	6Z57	16	176		192	1	36		37
L	7D32	14	704		718		14		14
L	8D34	2	418		420	7	55		62
L	9Z44	19	122		141		51		52
L	10D42	3	555		558		2		2
L	11Z41	26	7		33		57		57
K	12X00	1239	564		1803		66		66
L	13D33	2	334		336		25		25
L	14D31	13	1045		1058	18	10		10
L	15O11	5	271		276		123		123
L	16Z55	4	541		545		845	17	862
L	17Z12	15	10		25		30		30
S	18S31	2	490	5	497		511	2	513
L	19Z43	3	20		23		93		93
L	20Z22	4	58		62		2859	6	2923
L	21Z57*	5	154		159		6		6
L	22Z25	12	28		40		20	2	22
L	23Z11	9	1		10		63		63
L	24Z42	35	35		70		4		4
L	25Z54	8	377		385		187	3	190
L	26Z01	2	28		30		5		5
L	27Z82	4	1269	2	1278		17	3	20
L	28D43	7	35		42		197	57	254
L	29V01	10	3		13		12		12
L	30Z15	7	7		14		162		162
L	31Z75	23	23		46		34		34
L	32Z13	2	249		251		17		17
L	33Z21	2	29		31		7		7
W	34W0	31	29		60		1456	16	1472
L	35Z91	1	23		24		35	1	36
L	36O21*	29	47		76		24		24
L	37Z83	8	8		16		99		99
L	38Z51	8	47		55		5		5
L	39Z53	9	52		61		9		9
L	40Z26	34	34		68		58		58
L	41Z35	749	749		752	6	7		7
L	42Z52	3	28		31		726	2	728
L	43Z65*	1	3		4		15		15
L	44Z61	47	47		94		42		42
L	45Z06	37	91		128		59	2	61
K	46X01	55	143		198		639	29	668
L	47Z81	26	39		65		207	3	210
L	48Z07	66	66		132		4		4
L	49O31	63	307		370		439	16	455
L	50O01	2	244		246		1		1
L	51X18	4	24		28		63		63
L	52Z66	24	24		48		1		1
L	53Z32	14	880		894		16	2	18
L	54D41	15	15		30		15		15

Hoogte klasse	Vegetatie	91	921	922	923	Grand Total
L	113 H31A0		67			67
L	114 G32		10			10
L	115 D62		3038	58	6	3102
L	116 E04		11			11
S	117 S41		76	7		83
L	118 G54		1			1
L	119 G67		8			8
L	120 H01A0		202			202
L	121 O06		6			6
L	122 G68		1	1		2
L	124 K21	3	20			23
L	125 G22		7			7
L	126 G53		4			4
L	127 G62		11			11
DS	128 S06		703	19		722
L	129 K01		45			45
L	130 G65		17			17
L	132 D63		573			573
L	133 H11A0		3			3
K	134 P12		12			12
L	136 G23		17			17
L	137 O02		6			6
L	138 G71		12			12
L	139 D65		4			4
S	140 S23		94	53		147
L	143 H01A2		1			1
L	144 G31		4	3		7
L	145 O03		1			1
K	146 P13		2			2
K	147 P11		6			6
B	148 B13		7			7
K	149 P02		4			4
B	150 B12		6	4		10
S	151 S21		8	1		9
L	152 Z71*		2			2
B	153 N04		58	60	19	137
B	154 B31		11	5	6	22
L	155 O07		62			62
S	156 S22		26	3		29
K	157 P21		16	1		17
B	158 B21		57	82	48	187
L	159 V14		25			25
L	160 V03		11			11
L	161 H31A3			3		3
L	162 G44		12			12
L	163 Z71		4			4
L	164 O32*		5			5
K	166 P31		7			7
B	167 N01		11	22	18	51
B	168 B32		3	2		5
S	169 S13		359	30		389
L	171 H31B3			1		1
L	172 H01A3		7	3		10
L	173 V15		5			5
L	174 G41		2			2
B	175 N03				4	4
L	176 X11			4		4
L	177 H21			20		20
K	179 P31*			3		3
L	180 H43A3			27		27
L	181 H02A3			11		11
L	183 D62*			9		9
L	187 G52			4		4
L	188 E01			8		8
B	189 B01			6		6
L	193 G12			12		12
L	194 H01B3			23		23
DS	195 S05		44	6		50
B	196 B53		1			1
L	197 N22		2	5		7
S	198 S12		6			6
K	199 P51		1			1
K	200 P41		24			24
K	201 P54		1			1
K	202 P05		24			24
L	203 X16		4			4
L	204 G42		3			3
L	205 G45		4			4
B	206 B24		1			1
L	209 H41A1		3			3
L	213 H01C3		13			13
L	215 X13		8			8
W	216 W6		6			6
B	218 N21		5	5		10
W	219 W2		12			12
K	221 P32		4			4
K	222 R51		15			15
K	224 R31		44	3		47
L	225 H41		13			13
B	227 B52		4			4
B	228 B25		2			2
L	229 K11		2			2
K	230 R41		3			3
L	235 P55		4			4
B	236 B11		5	9		14
B	238 N06			11		11
L	241 V02		74			74
L	242 O14		1			1
K	243 R32		11			11
L	244 X22		3			3
K	246 R22		1			1
L	247 H03A0		2			2
K	248 R21		14			14
L	249 D42A0		3			3
L	250 G73		5			5

Hoogte klassen

W	water
K	kaal
L	lage vegetatie
DS	middenhoog / dwergstruweel
S	struweel
HS	hoog struweel
B	bos

Indeling vegetatiekaarten naar hoogte

91	Kaal zand
921	Grasachtige vegetatie / laag struweel (<1)
922	Struweel (1-3 m)
923	Bossen (>3m)



## Xb. Amsterdamse Waterleidingduinen

Hoogte klassen	Vegetatie	91	921	922	923	Totaal	Hoogte klassen	Vegetatie	91	921	922	923	Totaal
S	037AC03		15	26	5	46	L	5614CB01B		423	61	3	487
L	133	1	76	20	11	108	W	5708RG03/05BC03		1			1
L	233/14RG09			4		4	S	5837AC03/37AG03		8	8		16
DS	437RG03		269	145	4	418	DS	5937AC02B/33		3	1		4
DS	537AC02A		1430	298	2	1730	W	6004BA03		109	5	3	117
B	642AA02/37A003		1	9	4	14	HS	6143AA03/37AC03		13	21	1	35
DS	737AC03/37AC02A		3	7		10	L	6214CA01B/31BA01A		46	8		60
DS	837AC02B		89	38		127	L	6314RG10/33		4			4
DS	937AC02A/37A002B		39	11		50	L	6437RG03/14CB01B		3	3	1	7
L	1014CA02		109			109	L	663333AA		2			2
L	1114RG10		72	23		95	L	6709AA02		1			1
L	1214/16		98	20		118	DS	6837RG02/14BB02A		3	5		8
L	1333/08RG03		58			63	L	6914CB/3741DG03		1011	376	3	1486
DS	14137RG03/14RG10		7			7	L	7014BB02A		22	4		26
W	1514CB02		81	2		83	L	7109AA		3			3
W	16Open water		35	2		37	DS	7237RG02/23RG01		2	2		4
S	1714CB/37		5	20	26	61	DS	7337RG04/14CB01C		3	3		6
L	18Niet gekarteerd	3		4		8	B	7437AG03/42AA02		79	17	4	99
L	1914CA01B	1	608	64	20	693	W	7543AA03B		55	21	2	78
L	2033AA		71	27		98	L	7605BC		9	8	1	18
L	2130B		14			14	L	7742AA02/33		32	4		36
L	2214CA01B/14AA02B		91	24	14	129	L	7814AA02B/31BA01A		2	2	6	10
DS	2314CB02/37AC02A		13	1		14	S	793337AC03		6	4		10
L	2414CA02/14CA01B		4			4	L	813374RG10		2	2		4
L	2537RG02		1322	179	13	1514	DS	8237RG03/37AC02A		20	1		21
L	2614CA01B/14CA01A		71	12	3	86	L	8514AA02B/14CA01A		121	14		135
B	2742AA02		64	34	10	108	L	8614RG10/14CB01B		6			6
DS	2837RG02/37AC02A		341	18		359	DS	9037RG03/37RG02		316	84		410
S	2937AC01		30	10		40	L	9220AB04		13			13
L	3014RG10/14CB01A		6			6	B	9543AA03A/43AA03B		24	91	28	143
L	3114AA02B		283	100	46	429	L	9614RG10/14RG09		4			4
L	3214AA02B/14AA02A		293	71	10	374	L	9714/16/33		27	25	21	73
L	3314/16/14CB	1	16	16	3	36	L	9809BA04		28	7	5	40
DS	3441DG03		17	19	23	59	L	9914/16/14RG09		21	14		35
DS	3537RG04		387	86		473	L	10014/16/14AA02B		11			11
L	3614CB01C		74	2		76	L	10114AA		209	95	17	321
L	3708RG03		22	6		28	B	10240AA02		3	12		15
L	3833/14CB		93	17	4	114	DS	10340AA02/09AA		4	4		8
L	3904BB01		92	21	1	114	L	10408AA/04BA02		4	4		8
L	4014AA02A		613	182	60	855	S	10537AC03/33		1	1		2
W	4104RG01	10	60	18		88	B	10643AA03B/08AA/04BA02		6	2		8
W	4204BA02		5	2		7	B	10743AA03E/33AA		4			4
DS	4333AA/37AC02B		18	16		34	L	10820AB04/09BA04		15	2		17
W	4405BC03		87	18		105	L	10937AC02B/09AA		4	4		8
W	4508AA		4	4		8	DS	11037AC02A/37RG04		58	5		63
W	4608AA/Open water		10	2		12	L	11114BB02A/14/16		43	4		47
W	4737RG02/37RG03		93	3		96	L	11209AA/14RG09		12			12
W	4805BC03/05BC		37	6	1	44	L	11314CB01B/14RG09		8			8
B/L	4943AA03A/33		2	12		14	L	11414/16/14CA01B		13	1		14
S	5037AC01/37AC02A		19	4		23	S	11537AC03/37RG04		17	1		18
L	5108RG03/14CB		6			6	L	11714CB01C/37AC02A		26			26
B/L	5245AA03A		92	266	87	445	S	11837RG02/14RG10		10			10
W	537AC02A/37RG03		32	3		35	DS	11937RG04/14RG09		24			24
W	5433/08RG03/Open water		3			3	DS	12043AA03B/37AC03		6	1		7
DS	5533AA/37AC02A		6	6		12							

Hoogte klassen	Vegetatie	91	921	922	923	Totaal
L	121 14CA01B/14AA02B/14CA01A	5	283	3	2	283
S	23 27AC02A/08RG03	1	5	60	6	10
L	125 09BA04/08RG03	3	389	17	17	435
DS	127 37RG02/37AC02B	3	184	65	107	276
DS	128 37RG03/14RG09	1	1383	502	107	2002
DS	129 37AC02A/14CB01A	4	90	26	8	116
L	130 20AB04/37AC02B	41	61	3	3	72
L	131 14CB/37AC	11	22	2	2	22
L	132 37AC03/37RG04/37AC02B	4	4	2	2	6
L	133 37AC03/39AA	1	23	24	5	53
L	136 37RG04/14CB01B	12	13	1	1	14
L	137 14CB01B/14CB01C	1	15	1	4	20
L	138 14CB01B/14/16	3	22	52	28	22
L	140 14CB01C/37RG04	86	139	11	23	219
L	141 14BB02A/14CB01B/14/16	22	12	11	5	23
DS	142 37RG04/37AC02B	6	4	5	49	1799
L	143 14BB02A/14CB01B	1	1634	114	20	1868
L	144 14BB02A/14RG09	9	20	20	20	497
L	148 14CB02/14CB01A	16	186	30	610	800
L	149 14CA02/14BB02B	66	580	30	610	1246
L	150 14BB02B	2	33181	6197	1143	40896
L	151 14CA02/14CB02	27	3	375	1143	1480
L	152 14CB01A	2850	136	18	18	3104
L	153 14CB01A/14CA01B	2872	121	14	14	3007
L	154 14CB02/14CA01B	21	133	3	3	157
L	155 14CA01B/14CB01A	37	665	130	11	806
L	156 14BB02A/14AA02B	59	79	20	4	122
L	157 14BB02A/14AA02A	82	137	36	1	138
L	158 14AA02B/14BB02A	137	59	34	8	93
L	160 14CB01A/14CB01C	8	4	45	2	48
L	161 14CB01A/14BB02A	34	9	8	25	3975
L	162 14CB01A/14AA02B	40	269	112	7	909
L	163 14CB01A/14CA01A	788	1376	233	14	4949
L	164 14CB01B/14BB02A	1	103	1	105	210
L	165 14BB02A/14AA02B/14AA02A	14	10	10	10	361
L	167 14CB	1	3339	23	3	433
L	168 14CB/14CA01B	1	105	6	91	192
L	169 14RG09	1	389	12	7	476
L	170 14CB/14CB02	14	586	7	1	594
L	171 31AB03B	103	82	16	4	102
L	172 31AB03B/14RG09	10	15	60	22	356
L	173 31AB03B/14CB	10	274	242	2	518
L	174 14CB/14CB01A	335	11	11	15	361
L	175 31AB03B/14CB02	11	432	1	433	444
L	176 23RG01	432	91	80	6	594
L	177 14RG09/14CB01A	73	389	7	1	476
L	178 14RG09/14AA02B	389	586	7	1	594
L	179 23RG01/14CB01A	82	82	82	82	328
L	180 23RG01/14CA01B	15	15	15	15	45
L	181 23RG01/14AA02B	23	23	23	23	69
L	182 14CB/14CB01B	23	23	23	23	69
L	183 14RG09/14CB01B	274	274	274	274	1092
L	184 23AB01	242	242	242	242	970
L	185 23RG01/14CA02	2	2	2	2	6

Hoogte klassen	Vegetatie	91	921	922	923	Totaal
L	186 23RG01/14CB	283	5	3	2	283
L	187 23RG01/14RG09	10	389	60	6	435
L	188 14CB/14RG09	184	1383	502	107	276
L	189 31BA01A	90	61	26	8	116
L	190 14RG09/14BB02A	61	22	3	3	72
L	191 14CB/14AA02B	22	4	2	2	22
L	192 14RG09/14CA01B	4	23	24	5	53
L	193 23AB01/23AB01B	13	13	1	1	14
L	194 31BA01A/14RG09/14AA02A	15	15	1	4	20
L	196 14RG09/14AA02B/14AA02A	22	22	52	28	22
L	199 14CB/14RG09/14AA02B	139	12	11	23	219
L	200 14RG09/14AA02A	4	4	5	5	14
L	201 14CB/31BA01A	2	1634	114	49	1799
L	202 18RG01	2	186	20	20	497
L	203 14RG09/18RG01	311	20	30	610	800
L	204 14RG09/14BB02A/14AA02A	2	580	30	610	1246
L	205 14CA01A	375	33181	6197	1143	40896
L	206 Strand	2	3	3	3	9
L	207 23AB01B	18	136	18	18	3104
L	208 14CA01A/27AA02	14	121	14	14	3007
L	Grand Totaal	375	33181	6197	1143	40896

Indeling vegetatiekaarten naar hoogte

- 91 Kaal zand
- 921 Grasse vegetatie / laag struweel (<1)
- 922 Struweel (1-3 m)
- 923 Bossen (>3m)

Hoogte klassen

- W water
- K kaal
- L lage vegetatie
- DS middenhoog / dwergstruweel
- S struweel
- IHS hoog struweel
- B bos

**Xc. Schoorlsche duinen**

Hoogte klassen	Vegetatie	91	921	922	923	Totaal	Hoogte klassen	Vegetatie	91	921	922	923	Totaal
L	014RG06		5	2	2	7	W	63	06RG01		2	2	4
L	114B02		33	18	2	53	W	64	06RG04		10	10	21
L	214DG01/23RG01		98	3		101	W	65	12AA03/14DG03		10	1	11
L	23AB01A		4	68	4	76	W	66	12AA03/14DG03		1	1	2
L	414DG01	9	320	4	4	401	L	67	Open water/06RG01		2	2	2
K	5Kale grond	12	32	9	1	54	W	68	09AA/06/09AA01		1	1	1
L	623RG01		1494	44	8	1546	L	70	0506AB		1	1	1
L	714B/20AB		53	15		68	L	71	11AA03		50	2	60
L	83TRG04		1			1	L	72	120AB01/14CA01		12	2	14
L	932		4			4	L	73	14BB02/14B/20AB		3	2	5
L	1014CA01	2	44	3	2	51	L	74	23RG01/14DG01		10	10	20
L	11	290	212	61	16	579	L	75	14RG01/23RG01		57	23	80
L	1223		10	1		11	L	76	14AA02/14BB02		2	5	7
L	1320AB02		131	4		135	L	77	14DG01/14RG01		20	10	30
DS	1435		5	14	5	24	L	78	14DG01/14B/20AB		20	3	23
L	1514CB01		14			14	L	79	14DG01/14B/20AB		56	34	103
K	1614DG01/Kale grond		6			6	L	80	14RG06/14DG01		14	5	19
K	1714BB02/Kale grond		1			1	L	81	20AB01/14AA02		8	7	15
L	1814B02/14AA02		18	8		26	L	82	14AA02/14B/20AB		5	1	6
L	1923AA01	4	37	8		49	L	83	20AB03		22	1	23
L	2020AB01	2	359	39	5	405	DS	84	14RG10/37RG01		3	2	5
L	2133		10			10	L	85	11AA03C		3	5	8
L	2220AB01/14BB02		5	15	5	25	L	86	12AA03/14BB02/14BB02		3	5	8
DS	2342DG01		26	15	41	82	K	87	Kale grond/23AA01	4	36	5	45
L	2414RG06/14BB02		5	22	370	57	L	88	14AA02/20AB01		40	3	43
L	2514AA02B		348	3		351	B	89	12AA01/14AA02		6	4	10
L	2814B02/14DG01	2	54	72	24	633	L	90	20AB01/14B/20AB		6	4	10
L	3114AA02		535	4		539	L	91	23RG01/14AA02B		38	6	44
-	33ERF		4			4	L	92	14RG10/20AB01		4	6	10
L	3441DG03	7	28	34	13	82	L	93	20AB01/14DG01		30	2	32
B	3542AA01		50	68	23	141	B	94	12AA01/20AB01		6	2	8
B	3644		29	46	25	100	L	95	14CA01/23RG01		9	9	18
L	3814AA02B/14CB01		7	18	11	26	L	96	14RG10/14AA02B		5	5	10
L	4014RG01		210	39		249	L	97	14DG01/20AB01	4	8	12	
L	4114B02/14DG01/14AA02		16	39		55	L	98	14AA02/23RG01	3	244	32	
L	4236AA02		2	5		7	L	99	20AB03/11AA03		2	2	4
L	4314DG01/14AA02		67	5		72	L	100	14BB02/14RG06		8	1	9
L	4414		83	10	3	96	K	101	Kale grond/23RG01		6	6	12
L	4523AB01B	6	214	28		248	L	102	14RG10/20AB02		1	1	2
B	4642AA01D		1	5	6	7	L	103	14AA02B/20AB02		20	20	40
L	4714DG01/14BB02		1	6		7	L	105	23RG01/14CA01		18	18	36
L	4814BB02/20AB01		1	6		7	L	106	23RG01/14BB02		6	6	12
B	49414DG03		1	10	16	27	L	107	14AA02B/20AB01		29	29	58
B	5041DG03/42AA01		1	3		4	L	108	14RG01/14AA02		61	61	122
B	5242AA02		1	3		4	L	109	23RG01/14AA02		14	14	28
L	5314RG10		91	6		97	DS	110	20AB01/20AB03		14	14	28
L	5423RG01/20AB01		85	3		88	B	111	14DG03/20AB01		2	3	5
DS	5537RG01		9	3	12	24	L	112	14BB02/23RG01/14AA02		8	8	16
L	5623/23RG01		5	1		6	L	113	14DG01/41DG03		2	2	4
L	5714AA02B/14DG01/23RG01		50	1		51	L	114	14RG01/14BB02		120	120	240
DS	5820AB01/42DG01		3	4	5	12	L	115	20AB02/14RG01		3	3	6
L	5914RG09		134	1		135	L	116	33RG02		5	5	10
K	60Kale grond/14DG01		2	1		3	L	117	23RG01/20AB01/14DG01		2	2	4
L	6142		21	10	1	32	L	118	20AB02/14RG10		7	7	14
L	623RG01/14RG01		5	4		9	L	119	20AB01/14RG01		5	5	10

Hoogte klassen	Vegetatie	91	921	922	923	Totaal
L	120   14/23RG01		7			7
B	121   14AA01A		1			1
L	122   14BB02/14RG01		54			54
L	123   14DG01/14RG10		5			5
B	124   39AA		3			3
B	125   14/220AB01		5			5
L	126   20AB02/14RG09		5			5
L	127   14RG01/20AB02		4			4
L	128   23RG01/20AB02/14AA02B		22			22
L	129   14AA02/14RG01		8			8
L	130   14AA02/14BB02/14RG01		17			17
L	131   14RG09/14RG01		10			10
L	132   20AB01/42		5			5
L	133   14RG10/11AA03		2			2
L	134   09AA01/11AA03		3			3
L	135   14AA02/23RG01		57			57
L	136   14RG01/20AB01		6			6
L	137   14RG01/14CB01		6			6
L	138   16B/14B		1	4		5
L	139   20AB01/14RG10		11			11
L	140   14RG10/23RG01		22			22
L	141   14AA02/14AA02B		16			16
L	142   09		9			9
L	143   11RG02		6			6
L	144   20AB01/23RG01		12			12
L	145   14DG01/20AB02		5			5
L	146   23RG01/20AB02		6			6
L	147   14RG01/14DG01		18			18
L	148   20AB02/23RG01		27			27
L	149   14RG10/14BB02		7			7

Indeling op vegetatiekaarten naar hoogte

	91 Kaal zand
	921 Grassachtige vegetatie / laag struweel (<1)
	922 Struweel (1-3 m)
	923 Bossen (>3m)

Hoogte Klassen

W	water
K	kaal
L	lage vegetatie
DS	middenhoog / dwergstruweel
S	struweel
HS	hoog struweel
B	bos

## Verschenen documenten in de reeks Rapporten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu sinds 2005

WOT-rapporten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; F 0317 – 41 90 00; E [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl)

WOT-rapporten zijn ook te downloaden via de WOT-website [www.wotnatuurenmilieu.wur.nl](http://www.wotnatuurenmilieu.wur.nl)

- 1 *Wamelink, G.W.W., J.G.M. van der Gref-van Rossum & R. Jochem (2005)*. Gevoeligheid van LARCH op vegetatieverandering gesimuleerd door SUMO
- 2 *Broek, J.A. van den (2005)*. Sturing van stikstof- en fosforverliezen in de Nederlandse landbouw: een nieuw mestbeleid voor 2030
- 3 *Schrijver, R.A.M., R.A. Groeneveld, T.J. de Koeijer & P.B.M. Berentsen (2005)*. Potenties bij melkveebedrijven voor deelname aan de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer
- 4 *Henkens, R.J.H.G., S. de Vries, R. Jochem, R. Pouwels & M.J.S.M. Reijnen, (2005)*. Effect van recreatie op broedvogels op landelijk niveau; Ontwikkeling van het recreatiemodel FORVISITS 2.0 en koppeling met LARCH 4.1
- 5 *Ehlert, P.A.I. (2005)*. Toepassing van de basisvrachtbenadering op fosfaat van compost; Advies
- 6 *Veeneklaas, F.R., J.L.M. Donders & I.E. Salverda (2006)*. Verrommeling in Nederland
- 7 *Kistenkas, F.H. & W. Kuindersma (2005)*. Soorten en gebieden; Het groene milieurecht in 2005
- 8 *Wamelink, G.W.W. & J.J. de Jong (2005)*. Kansen voor natuur in het veenweidegebied; Een modeltoepassing van SMART2-SUMO2, MOVE3 en BIODIV
- 9 *Runhaar, J., J. Clement, P.C. Jansen, S.M. Hennekens, E.J. Weeda, W. Wamelink, E.P.A.G. Schouwenberg (2005)*. Hotspots floristische biodiversiteit
- 10 *Cate, B. ten, H. Houweling, J. Tersteeg & I. Versteegen (Samenstelling) (2005)*. Krijgt het landschap de ruimte? – Over ontwikkelen en identiteit
- 11 *Selnes, T.A., F.G. Boonstra & M.J. Bogaardt (2005)*. Congruentie van natuurbeleid tussen bestuurslagen
- 12 *Leneman, H., J. Vader, E. J. Bos en M.A.H.J. van Bavel (2006)*. Groene initiatieven in de aanbidding. Kansen en knelpunten van publieke en private financiering
- 13 *Kros, J. P. Groenendijk, J.P. Mol-Dijkstra, H.P. Oosterom, G.W.W. Wamelink (2005)*. Vergelijking van SMART2SUMO en STONE in relatie tot de modellering van de effecten van landgebruikverandering op de nutriëntenbeschikbaarheid
- 14 *Brouwer, F.M, H. Leneman & R.G. Groeneveld (2007)*. The international policy dimension of sustainability in Dutch agriculture
- 15 *Vreke, J., R.I. van Dam & F.H. Kistenkas (2005)*. Provinciaal instrumentarium voor groenrealisatie
- 16 *Dobben, H.F. van, G.W.W. Wamelink & R.M.A. Wegman (2005)*. Schatting van de beschikbaarheid van nutriënten uit de productie en soortensamenstelling van de vegetatie. Een verkennende studie
- 17 *Groeneveld, R.A. & D.A.E. Dirks (2006)*. Bedrijfseconomische effecten van agrarisch natuurbeheer op melkveebedrijven; Perceptie van deelnemers aan de Subsidieregeling Agrarisch Natuurbeheer
- 18 *Hubeek, F.B., F.A. Geerling-Eiff, S.M.A. van der Kroon, J. Vader & A.E.J. Wals (2006)*. Van adoptie tot duurzame stadswijk; Natuur- en milieueducatie in de praktijk
- 19 *Kuindersma, W., F.G. Boonstra, S. de Boer, A.L. Gerritsen, M. Pleijte & T.A. Selnes (2006)*. Evalueren in interactie. De mogelijkheden van lerende evaluaties voor het Milieu- en Natuurplanbureau
- 20 *Koeijer, T.J. de, K.H.M. van Bommel, M.L.P. van Esbroek, R.A. Groeneveld, A. van Hinsberg, M.J.S.M. Reijnen & M.N. van Wijk (2006)*. Methodiekontwikkeling kosteneffectiviteit van het natuurbeleid. De realisatie van het natuurdoel 'Natte Heide'
- 21 *Bommel, S. van, N.A. Aarts & E. Turnhout (2006)*. Over betrokkenheid van burgers en hun perspectieven op natuur
- 22 *Vries, S. de & Boer, T.A. de, (2006)*. Toegankelijkheid agrarisch gebied voor recreatie: bepaling en belang. Veldinventarisatie en onderzoek onder in- en omwonenden in acht gebieden
- 23 *Pouwels, R., H. Sierdsema & W.K.R.E. van Wingerden (2006)*. Aanpassing LARCH; maatwerk in soortmodellen
- 24 *Buijs, A.E., F. Langers & S. de Vries (2006)*. Een andere kijk op groen; beleving van natuur en landschap in Nederland door allochtonen en jongeren
- 25 *Neven, M.G.G., E. Turnhout, M.J. Bogaardt, F.H. Kistenkas & M.W. van der Zouwen (2006)*. Richtingen voor Richtlijnen; implementatie Europese Milieurichtlijnen, en interacties tussen Nederland en de Europese Commissie
- 26 *Hoogland, T. & J. Runhaar (2006)*. Neerschaling van de freatische grondwaterstand uit modelresultaten en de Gt-kaart
- 27 *Voskuilen, M.J. & T.J. de Koeijer (2006)*. Profiel deelnemers agrarisch natuurbeheer
- 28 *Langeveld, J.W.A. & P. Henstra (2006)*. Waar een wil is, is een weg; succesvolle initiatieven in de transitie naar duurzame landbouw

- 29 *Kolk, J.W.H. van der, H. Korevaar, W.J.H. Meulenkamp, M. Boekhoff, A.A. van der Maas, R.J.W. Oude Loohuis & P.J. Rijk (2007).* Verkenningen duurzame landbouw. Doorwerking van wereldbeelden in vier Nederlandse regio's
- 30 *Vreke, J., M. Pleijte, R.C. van Apeldoorn, A. Corporaal, R.I. van Dam & M. van Wijk (2006).* Meerwaarde door gebiedsgerichte samenwerking in natuurbeheer?
- 31 *Groeneveld, R.A., R.A.M. Schrijver & D.P. Rudrum (2006).* Natuurbeheer op veebedrijven: uitbreiding van het bedrijfsmodel FIONA voor de Subsidieregeling Natuurbeheer
- 32 *Nieuwenhuizen, W., M. Pleijte, R.P. Kranendonk & W.J. de Regt (2008).* Ruimte voor bouwen in het buitengebied; de uitvoering van de oude Wet op de Ruimtelijke Ordening (WRO) in de praktijk
- 33 *Boonstra, F.G., W.W. Buunk & M. Pleijte (2006).* Governance of nature. De invloed van institutionele veranderingen in natuurbeleid op de betekenisverlening aan natuur in het Drents-Friese Wold en de Cotswolds
- 34 *Koomen, A.J.M., G.J. Maas & T.J. Weijtschede (2007).* Veranderingen in lijnvormige cultuurhistorische landschapselementen; Resultaten van een steekproef over de periode 1900-2003
- 35 *Vader, J. & H. Leneman (redactie) (2006).* Draggers landelijk gebied; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 36 *Bont, C.J.A.M. de, C. van Bruchem, J.F.M. Helming, H. Leneman & R.A.M. Schrijver (2007).* Schaalvergroting en verbreding in de Nederlandse landbouw in relatie tot natuur en landschap
- 37 *Gerritsen, A.L., A.J.M. Koomen & J. Kruit (2007).* Landschap ontwikkelen met kwaliteit; een methode voor het evalueren van de rijksbijdrage aan een beleidsstrategie
- 38 *Luijt, J. (2007).* Strategisch gedrag grondeigenaren; Van belang voor de realisatie van natuurdoelen.
- 39 *Smits, M.J.W. & F.A.N. van Alebeek, (2007).* Biodiversiteit en kleine landschapselementen in de biologische landbouw; Een literatuurstudie.
- 40 *Goossen, C.M. & J. Vreke. (2007).* De recreatieve en economische betekenis van het Zuiderpark in Den Haag en het Nationaal Park De Hoge Veluwe
- 41 *Cotteleer, G., Luijt, J., Kuhlman, J.W. & C. Gardebroek, (2007).* Oorzaken van verschillen in grondprijzen. Een hedonische prijsanalyse van de agrarische grondmarkt
- 42 *Ens B.J., N.M.J.A. Dankers, M.F. Leopold, H.J. Lindeboom, C.J. Smit, S. van Breukelen & J.W. van der Schans (2007).* International comparison of fisheries management with respect to nature conservation
- 43 *Janssen, J.A.M. & A.H.P. Stumpel (red.) (2007).* Internationaal belang van de nationale natuur; Ecosystemen, Vaatplanten, Mossen, Zoogdieren, Reptielen, Amfibieën en Vissen
- 44 *Borgstein, M.H., H. Leneman, L. Bos-Gorter, E.A. Brasser, A.M.E. Groot & M.F. van de Kerkhof (2007).* Dialogen over verduurzaming van de Nederlandse landbouw. Ambities en aanbevelingen vanuit de sector
- 45 *Groot, A.M.E., M.H. Borgstein, H. Leneman, M.F. van de Kerkhof, L. Bos-Gorter & E.A. Brasser (2007).* Dialogen over verduurzaming van de Nederlandse landbouw. Gestructureerde sectordialogen als onderdeel van een monitoringsmethodiek
- 46 *Rijn, J.F.A.T. van & W.A. Rienks (2007).* Blijven boeren in de achtertuin van de stedeling; Essays over de duurzaamheid van het platteland onder stedelijke druk: Zuidoost-Engeland versus de provincie Parma
- 47 *Bakker, H.C.M. de, C.S.A. van Koppen & J. Vader (2007).* Het groene hart van burgers; Het maatschappelijk draagvlak voor natuur en natuurbeleid
- 48 *Reinhard, A.J., N.B.P. Polman, R. Michels & H. Smit (2007).* Baten van de Kaderrichtlijn Water in het Friese Merengebied; Een interactieve MKBA vingeroefening
- 49 *Ozinga, W.A., M. Bakkenes & J.H.J. Schaminée (2007).* Sensitivity of Dutch vascular plants to climate change and habitat fragmentation; A preliminary assessment based on plant traits in relation to past trends and future projections
- 50 *Woltjer, G.B. (met bijdragen van R.A. Jongeneel & H.L.F. de Groot) (2007).* Betekenis van macro-economische ontwikkelingen voor natuur en landschap. Een eerste oriëntatie van het veld
- 51 *Corporaal, A., A.H.F. Stortelder, J.H.J. Schaminée en H.P.J. Huiskes (2007).* Klimaatverandering, een nieuwe crisis voor onze landschappen ?
- 52 *Oerlemans, N., J.A. Guldmond & A. Visser (2007).* Meerwaarde agrarische natuurverenigingen voor de ecologische effectiviteit van Programma Beheer; Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer: Achtergrondrapport 3
- 53 *Leneman, H., J.J. van Dijk, W.P. Daamen & J. Geelen (2007).* Marktonderzoek onder grondeigenaren over natuuraanleg: methoden, resultaten en implicaties voor beleid. Achtergronddocument bij 'Evaluatie omslag natuurbeleid'
- 54 *Velthof, G.L. & B. Fraters (2007).* Nitraatuitspoeling in duinzand en lössgronden.
- 55 *Broek, J.A. van den, G. van Hofwegen, W. Beekman & M. Woittiez (2007).* Options for increasing nutrient use efficiency in Dutch dairy and arable farming towards 2030; an exploration of cost-effective measures at farm and regional levels
- 56 *Melman, Th.C.P., C. Grashof-Bokdam, H.P.J. Huiskes, W. Bijkerk, J.E. Plantinga, Th. Jager, R. Haveman & A. Corporaal (2007).* Veldonderzoek effectiviteit natuurgericht beheer van graslanden. Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer: Achtergrondrapport 2

- 57 *Bakel, P.J.T. van, H.Th.L. Massop, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R. Pastoors, & T. Kroon (2008).* Actualisatie hydrologie voor STONE 2.3. Aanpassing randvoorwaarden en parameters, koppeling tussen NAGROM en SWAP, en plausibiliteitstoets
- 58 *Brus, D.J. & G.B.M. Heuvelink (2007).* Towards a Soil Information System with quantified accuracy. Three approaches for stochastic simulation of soil maps
- 59 *Verburg, R.W. H. Leneman, B. de Kneegt & J. Vader (2007).* Beleid voor particulier natuurbeheer bij provincies. Achtergronddocument bij 'Evaluatie omslag natuurbeleid'
- 60 *Groenestein, C.M., C. van Bruggen, P. Hoeksma, A.W. Jongbloed & G.L. Velthof (2008).* Nadere beschouwing van stalbalansen en gasvormige stikstofverliezen uit de intensieve veehouderij
- 61 *Dirkx, G.H.P., F.J.P. van den Bosch & A.L. Gerritsen (2007).* De weerbarstige werkelijkheid van ruimtelijke ordening. Casuïstiek Natuurbalans 2007
- 62 *Kamphorst, D.A. & T. Selnes (2007).* Investeringsbudget Landelijk Gebied in natuurbeleid. Achtergrond-document bij Natuurbalans 2007
- 63 *Aarts, H.F.M., G.J. Hilhorst, L. Sebek, M.C.J. Smits, J. Oenema (2007).* De ammoniakemissie van de Nederlandse melkveehouderij bij een management gelijk aan dat van de deelnemers aan 'Koeien & Kansen'
- 64 *Vries, S. de, T.A. de Boer, C.M. Goossen & N.Y. van der Wulp (2008).* De beleving van grote wateren; de invloed van een aantal 'man-made' elementen onderzocht
- 65 *Overbeek, M.M.M., B.N. Somers & J. Vader (2008).* Landschap en burgerparticipatie.
- 66 *Hoogeveen, M.W., H.H. Luesink, J.N. Bosma (2008).* Synthese monitoring mestmarkt 2006.
- 67 *Slangen, L.H.G., N. B.P. Polman & R. A. Jongeneel (2008).* Natuur en landschap van rijk naar provincie; delegatie door Investeringsbudget Landelijk Gebied (ILG).
- 68 *Klijn, J.A., m.m.v. M.A. Slingerland & R. Rabbinge (2008).* Onder de groene zoden: verdwijnt de landbouw uit Nederland en Europa? Feiten, cijfers, argumenten, verwachtingen, zoekrichtingen voor oplossingen.
- 69 *Kamphorst, D.A., M. Pleijte, F.H. Kistenkas & P.H. Kersten (2008).* Nieuwe Wet ruimtelijke ordening: nieuwe bestuurscultuur? Voorgenomen provinciale inzet van de nieuwe Wet ruimtelijke ordening (Wro) voor het landelijk gebied.
- 70 *Velthof, G.L., C. van Bruggen, C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen. J.F.M. Huijsmans (2009).* Methodiek voor berekening van ammoniakemissie uit de landbouw in Nederland
- 71 *Bakker, H.C.M., J.C. Dagevos & G. Spaargaren (2008).* Duurzaam consumeren; Maatschappelijke context en mogelijkheden voor beleid
- 72 *Hoogeveen, M.W., H.H. Luesink, J.N. Bosma (2008).* Synthese monitoring mestmarkt 2007.
- 73 *Koeijer, T.J. de, K.H.M. van Bommel, J. Clement, R.A. Groeneveld, J.J. de Jong, K. Oltmer, M.J.S.M. Reijnen & M.N. van Wijk (2008).* Kosteneffectiviteit terrestrische Ecologische Hoofdstructuur; Een eerste verkenning van mogelijke toepassingen.
- 74 *Boer, S. de, W. Kuindersma, M.W. van der Zouwen, J.P.M. van Tatenhove (2008).* De Ecologische Hoofdstructuur als gebiedsopgave. Bestuurlijk vermogen, dynamiek en diversiteit in het natuurbeleid
- 75 *Wulp, N.Y. van der (2008).* Belevingswaardenmonitor Nota Ruimte 2006; Nulmeting Landschap naar Gebieden
- 76 *Korevaar, H., W.J.H. Meulenkamp, H.J. Agricola, R.H.E.M. Geerts, B.F. Schaap en J.W.H. van der Kolk (2008).* Kwaliteit van het landelijk gebied in drie Nationale Landschappen
- 77 *Breeman, G.E. en A. Timmermans (2008).* Politiek van de aandacht voor milieubeleid; Een onderzoek naar maatschappelijke dynamiek, politieke agendavorming en prioriteiten in het Nederlandse Milieubeleid
- 78 *Bommel, S. van, E. Turnhout, M.N.C. Aarts & F.G. Boonstra (2008).* Policy makers are from Saturn, ... Citizens are from Uranus...; Involving citizens in environmental governance in the Drentsche Aa area
- 79 *Aarts, B.G.W., L. van den Bremer, E.A.J. van Winden en T.K.G. Zoetebier (2008).* Trendinformatie en referentiewaarden voor Nederlandse kustvogels
- 80 *Schrijver, R.A.M., D.P. Rudrum & T.J. de Koeijer (2008).* Economische inpasbaarheid van natuurbeheer bij graasdierbedrijven
- 81 *Densen, W.L.T. van & M.J. van Overzee (2008).* Vijftig jaar visserij en beheer op de Noordzee
- 82 *Meesters, H.W.G., R. ter Hofstede, C.M. Deerenberg, J.A.M. Craeijmeersch, I.G. de Mesel, S.M.J.M. Brasseur, P.J.H. Reijnders en R. Witbaard (2008).* Indicator system for biodiversity in Dutch marine waters; II Ecoprofiles of indicator species for Wadden Sea, North Sea and Delta area
- 83 *Verburg, R.W., H. Leneman, K.H.M. van Bommel en J. van Dijk (2008).* Helpt boeren de Nationale Landschappen? Een empirische analyse van de landbouw en haar effecten op kernkwaliteiten
- 84 *Slangen, L.H.G., R.A. Jongeneel, N.B.P. Polman, J.A. Guldemond, E.M. Hees en E.A.P. van Well (2008).* Economische en ecologische effectiviteit van gebiedscontracten
- 85 *Schröder, J.J., J.C. van Middelkoop, W. van Dijk en G.L. Velthof (2008).* Quick scan Stikstofwerking van dierlijke mest. Actualisering van kennis en de mogelijke gevolgen van aangepaste forfaits
- 86 *Hoogeveen, M.W. en H.H. Luesink (2008).* Synthese monitoring mestmarkt 2008

- 87** *Langers, F., J. Vreke (2008).* De recreatieve betekenis van de Ecologische Hoofdstructuur. Bijdrage van de EHS aan recreatief gebruik, beleving en identiteit
- 88** *Padt, F.J.G., F.G. Boonstra en M.A. Reudink (2008).* De betekenis van duurzaamheid in gebiedsgericht beleid
- 89** *Hoogland, T., G.B.M. Heuvelink, M. Knotters (2008).* De seizoensfluctuatie van de grondwaterstand in natuurgebieden vanaf 1985 in kaart gebracht
- 90** *Bouwma, I.M., D.A. Kamphorst, R. Beunen & R.C. van Apeldoorn (2008).* Natura 2000 Benchmark; A comparative analysis of the discussion on Natura 2000 management issues
- 91** *Vries, S. de, J. Maas & H. Kramer, 2009.* Effecten van nabije natuur op gezondheid en welzijn; mogelijke mechanismen achter de relatie tussen groen in de woonomgeving en gezondheid.
- 92** *Meesters, H.W.G., A.G. Brinkman, W.E. van Duin, H.J. Lindeboom, S. van Breukelen, 2009.* Graadmeterstelsel Biodiversiteit zoute wateren. I. Beleidskaders en indicatoren.
- 93** *Pleijte, M., J. Vreke, F.J.P. van den Bosch, A.L. Gerritsen, R.P. Kranendonk & P.H. Kersten, 2009.* Verdrogingsbestrijding in het tijdperk van het Investeringsbudget Landelijk Gebied. Tussen government en governance
- 94** *Gaast, J.W.J. van der, H.Th. Massop & H.R.J. Vroon, 2009.* Actuele grondwaterstandsituatie in natuurgebieden. Een pilotstudie
- 95** *Breman, B.C., J. Luttkik, J. Vreke, 2009.* De aantrekkingskracht van het Nederlandse landschap. Een verkenning naar de relatie tussen ruimtelijke factoren en inkomend toerisme.
- 96** *Jongeneel, R., H. Leneman (redactie), J. Bremmer, V.G.M. Linderhof, R. Michels, N.B.P. Polman & A.B. Smit, 2009.* Economische en sociale gevolgen van milieu- en natuurwetgeving; Ontwikkeling evaluatiekader en checklist.
- 97** *Meesters, H.W.G., R. ter Hofstede, I. De Mesel, J.A. Craeymeersch, C. Deerenberg, P.J.H. Reijnders, S.M.J.M. Brasseur & F. Fey, 2009.* De toestand van de zoute natuur in Nederland. Vissen, benthos en zeezoogdieren.
- 98** *Pouwels, R., M.J.S.M. Reijnen, M.F. Wallis de Vries, A. van Kleunen, H. Kuipers, J.G.M. van der Gref, 2009.* Water-, milieu- en ruimtecondities fauna: implementatie in LARCH
- 99** *Luttkik, J., B. Breman, F. van den Bosch en J. Vreke 2009.* Landschap als blinde vlek; een verkenning naar de relatie tussen ruimtelijke factoren en het vestigingsgedrag van buitenlandse bedrijven
- 100** *Vries, S. de, 2009.* Beleving & recreatief gebruik van natuur en landschap; naar een robuuste en breed gedragen set van indicatoren voor de maatschappelijke waardering van natuur en landschap.
- 102** *Hazeu, G.W., J. Oldengarm, J. Clement, H. Kramer, M.E. Sanders, A.M. Schmidt & I. Woltjer, 2009.* Verfijning van de Basiskaart Natuur; segmentatie van luchtfoto's en het gebruik van het Actueel Hoogtebestand Nederland in duingebieden.





**Wot**  
Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

