

# Relatie tussen bodem, atmosfeer en vegetatie in het Landelijk Meetnet Flora (LMF)

H.F. van Dobben  
R.M.A. Wegman

werkdocumenten

**wot**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGENUR

*For quality of life*



# **Relatie tussen bodem, atmosfeer en vegetatie in het Landelijk Meetnet Flora (LMF)**

H.F. van Dobben

R.M.A. Wegman

**Werkdocument 111**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, september 2008

*De reeks 'Werkdocumenten' bevat tussenresultaten van het onderzoek van de uitvoerende instellingen voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT Natuur & Milieu). De reeks is een intern communicatiemedium en wordt niet buiten de context van de WOT Natuur & Milieu verspreid. De inhoud van dit document is vooral bedoeld als referentiemateriaal voor collega-onderzoekers die onderzoek uitvoeren in opdracht van de WOT Natuur & Milieu. Zodra eindresultaten zijn bereikt, worden deze ook buiten deze reeks gepubliceerd. De reeks omvat zowel inhoudelijke documenten als beheersdocumenten.*

**Dit werkdocument is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de WOT Natuur & Milieu.**

WOT-werkdocument 111 is het resultaat van een onderzoeksopdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), gefinancierd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV). Dit document draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals Natuurbalans, Milieubalans en thematische verkenningen.

©2008 **Alterra**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen.

Tel: (0317) 48 54 71; fax: (0317) 41 90 00; e-mail: [info.terra@wur.nl](mailto:info.terra@wur.nl)

---

De reeks WOT-werkdocumenten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit werkdocument is verkrijgbaar bij het secretariaat. **Het document 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) 42 49 88; e-mail: [info.wnm@wur.nl](mailto:info.wnm@wur.nl); Internet: [www.wotnatuurenmilieu.wur.nl](http://www.wotnatuurenmilieu.wur.nl)

# Inhoud

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2 Materiaal en methoden</b>	<b>9</b>
2.1 Monstername, chemische analyse	9
2.2 Gegevensmanipulatie: verklarende variabelen	11
2.3 Gegevensmanipulatie: soorten	12
2.4 Indicatiegetallen	12
2.5 Statistische analyse	13
<b>3 Resultaten</b>	<b>17</b>
3.1 DCA-analyse op alle pq's	17
3.2 Significantie van de verandering in sample score en indicatiewaarden tussen de eerste en de laatste opname	19
3.3 Significantie van de verandering in abundantie per soort tussen de eerste en de laatste opname per pq	20
3.4 Relatie tussen soortensamenstelling en bodem- en atmosferische chemie	21
3.5 Relatie tussen biomassa en bodem- en atmosferische chemie	28
3.6 Effect van mineralisatie	28
3.7 Analyse van de veranderingen	30
<b>4 Discussie</b>	<b>33</b>
<b>Literatuur</b>	<b>37</b>
Bijlage 1 Details monstername	39
Bijlage 2 Analytische methoden	41
Bijlage 3 Minimum gemiddelde, maximum en scheefheid van de ongetransformeerde variabelen	43
Bijlage 4 Correlatiematrix van alle verklarende variabelen (in de schaling zoals in de analyse gebruikt)	45



## Samenvatting

Het Landelijk Meetnet Flora (LMF) is een landelijk meetnet van ca. 11.000 permanente kwadraten (pq's) die met intervallen van enkele jaren worden opgenomen. Een van de doelen van het LMF is het signaleren van landelijke veranderingen in milieucondities, vooral verzuring, vermesting en verdroging. Om deze milieucondities betrouwbaarder te kunnen schatten uit vegetatieopnamen is op een subset van 145 LMF-punten de bodem bemonsterd en geanalyseerd. Op een deel van de punten is ook de mineralisatie bepaald door middel van incubatie. Tevens zijn de ozonconcentratie en de N-depositie geschat op grond van landelijke meetnetten. Uit een statistische analyse van de relatie tussen bodem, atmosfeer en vegetatie blijkt dat de pH van de bodem zeer bepalend is voor de vegetatie. Ook is er een duidelijk effect van zeewater te herkennen. Voor andere milieucondities is deze relatie minder duidelijk; met name is er geen eenduidig effect van voedselrijkdom. Deels wordt dit veroorzaakt door het feit dat voedselrijkdom in Nederland gecorreleerd is met andere milieucondities, waaronder zuurgraad. Wel kon er een statistisch significant en ecologisch te duiden effect van N-depositie worden vastgesteld.

Om deze resultaten in een breder verband te plaatsen, heeft ook een statistische analyse plaatsgevonden van de relaties tussen de soorten onderling in het hele meetnet. De resultaten hiervan suggereren een algemene geldigheid van hetgeen geconcludeerd is op grond van bovengenoemde analyse op 145 punten. In het algemeen worden gangbare opvattingen in de ecologie bevestigd, met zuurgraad, vocht, nutriënten, beheer en zout als meest bepalende factoren voor de vegetatie, waarbij echter het effect van nutriënten het moeilijkst aan de vegetatie is af te lezen.

Voor de meer dan eenmaal opgenomen permanente kwadraten (pq's) heeft een analyse van de veranderingen plaatsgevonden. Geen enkele verandering (noch in abundantie per soort, noch in indicatorwaarden) blijkt tot nu toe statistisch significant. In principe is het mogelijk veranderingen in milieucondities terug te schatten uit de vegetatieveranderingen, en dus ook om te bepalen welke milieuveranderingen verantwoordelijk zijn voor de vegetatieveranderingen. Op dit moment zijn de veranderingen echter nog te klein om een uitspraak te doen over de praktische toepasbaarheid van deze methode.





# 1 Inleiding

In toenemende mate verandert de mens het abiotische milieu. Verdroging, verzuring en vermisting hebben op grote schaal tot verlies aan biodiversiteit geleid. Om deze achteruitgang een halt toe te roepen, is het nodig om enerzijds inzicht te hebben in de achteruitgang zelf, anderzijds in de factoren die hier op standplaatsniveau voor verantwoordelijk zijn. Het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM), en in het bijzonder het hieronder vallende Landelijk Meetnet Flora Milieu- en Natuurkwaliteit (LMF M&N), richten zich op het monitoren van veranderingen in de vegetatie, met als doel de waargenomen veranderingen te interpreteren in het licht van veranderingen in het abiotisch milieu. Het doel van het LMF is als volgt geformuleerd (Van der Peijl *et al.*, 2000):

- het signaleren van landelijke veranderingen in milieuaspecten, met name verzuring, vermisting en verdroging, en de gevolgen daarvan voor flora en fauna;
- het signaleren van landelijke veranderingen in de ecologische kwaliteit van multifunctionele gebieden.

Signaleren van veranderingen in milieu is in het LMF alleen mogelijk via veranderingen in de vegetatie. Voor een goede interpretatie van die vegetatieveranderingen is een directe relatie tussen vegetatie en milieudruk nodig. Tot nu toe was het leggen van die relatie vrijwel alleen mogelijk via expert schattingen, bijvoorbeeld met het indicatiesysteem van Ellenberg (1991). Reeds eerder is aangetoond dat grote onzekerheden inherent zijn aan expert schattingen. Daarom is in een aantal projecten getracht deze schattingen te vervangen door directe metingen (Wamelink *et al.*, 2002). Inmiddels is aangetoond dat de onzekerheid hiermee sterk verkleind kan worden (Wamelink *et al.*, 2005). Doel van het huidige project is op een selectie van de meetpunten van het LMF de relatie tussen vegetatie en milieukwaliteit vast te stellen door directe meting, zodat ook voor dit meetnet de onzekerheid in de geschatte milieucondities verkleind kan worden. Nevendoel is inzicht te krijgen in de oorzaken van veranderingen in de vegetatie binnen het LMF. Daarmee worden door dit project de doelstellingen van het LMF verder onderbouwd.

Het LMF bestaat uit een groot aantal meetpunten ('permanente kwadraten', pq's), waarvan de vegetatie gemonitord wordt op een oppervlak van 1 - 2500 m<sup>2</sup>. Ca. 25% van die meetpunten zijn pq's die al eerder door provincies werden opgenomen, de rest zijn nieuw uitgezette pq's. Om schattingen te kunnen maken van zowel regionale kwaliteitsaspecten als landelijke milieuaspecten, is een stratificatie gemaakt over:

1. de fysisch-geografische regio's;
2. de milieukwaliteit (depositie van zuur en van stikstof, en de verwachte verandering daarin);
3. de begroeiingstypen (loofbos, naaldbos, heide, grasland, moeras, duin).

Het meetnet is zo opgezet dat uitspraken mogelijk op het niveau van stratum voor elk van bovengenoemde drie indelingscriteria, maar niet op alle interactieniveaus. Zo zijn uitspraken over effecten van milieukwaliteit binnen FRG's alleen mogelijk voor de FRG's die een redelijk grote oppervlakte innemen (hogere zandgrond en heuvelland). Zie Van Dobben & Slim (2005) voor een overzicht van strata en vegetatietypen per stratum. Eind 2005 waren er 11366 pq's, en deze zijn gebruikt voor de huidige analyse.

In het huidige project is op een zeer beperkte subset van de LMF-plots, verdeeld over een aantal regio's binnen Nederland, een bodemmonster genomen en geanalyseerd op chemische kenmerken. Op een deel van de bemonsterde plots is bovendien de mineralisatie van stikstof bepaald met de veldincubatiemethode. Vervolgens is getracht de relatie vast te stellen tussen de vegetatie en de bodemchemie. Voor de plots uit het LMF die meer dan eenmaal zijn opgenomen is de grootte en de aard van de verandering tussen de eerste en de laatste opname vastgesteld, en voor de plots uit deze subset waarvan ook de bodem bemonsterd was is bovendien gekeken of de relatie tussen vegetatie en bodemchemie aanwijzingen kan geven over de oorzaak van de opgetreden veranderingen.

## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Monstername, chemische analyse

In 2005 is een selectie gemaakt van 116 pq's om te bemonsteren. Figuur 1 geeft hun ligging; ze zijn zodanig over Nederland verdeeld (Veluwe, Zuid-Limburg<sup>1</sup>, duinen) dat een zekere spreiding in abiotische condities verwacht kan worden. Deze pq's zijn opgezocht met behulp van GPS en de beschrijvingen van de provincies (voor zover beschikbaar). In deze pq's is eenmalig een bodemonster genomen. Dit is gebeurd met behulp van 10 steken met een gutsboor. Wanneer er een duidelijke te onderscheiden organische laag in de bodem was, zijn deze laag en de minerale laag apart bemonsterd; wanneer dat niet het geval was is er één monster genomen tot een diepte van 20 cm. Aantal lagen en monsterdiepten worden gegeven in Bijlage 1. De monsters zijn de avond na monstername gedroogd bij 70°C en in droge toestand bij kamertemperatuur bewaard. Na afloop van het veldwerk zijn alle monsters naar het lab overgebracht en gemalen. Tabel 1 geeft een overzicht van de extractiemethoden, chemische bepalingen en gevonden gehalten. Details over de chemische bepalingen worden gegeven in Bijlage 2.

In 2006 zijn 29 extra pq's geselecteerd om de mineralisatie te bepalen met behulp van incubatie in het veld. De ligging van deze pq's is eveneens weergegeven in Figuur 1. Voor de bepaling van de mineralisatie zijn bij elk pq 10 buisjes van 2.5 cm diameter en 15 cm lengte 10 cm de bodem in geslagen. Vijf hiervan zijn er onmiddellijk weer verwijderd en vijf zijn aan de bovenkant met een dop afgesloten en achtergelaten (gaswisseling bleef mogelijk via vier kleine zijdelingse gaatjes vlak onder de dop). Door het inslaan van de buisjes worden de wortels doorgesneden zodat de opname van nutriënten stopt, terwijl de mineralisatie doorgaat, bij gelijke temperatuur en (door de open onderkant) vochtgehalte als de omgeving (Schaffers, 2000). Na ca. zes weken zijn de achtergelaten buisjes meegenomen en is de procedure nog een keer herhaald. Elk pq is dus driemaal bezocht. Bij het laatste bezoek is tevens een monster van exact 100 ml gestoken met een pF ring om de dichtheid van de bodem te bepalen. Van de inhoud van de buisjes is bij thuiskomst een mengmonster gemaakt en gedroogd. Details over de monstername worden gegeven in Bijlage 1. De mineralisatie van de verschillende N-fracties en van P is bepaald als het verschil tussen de direct bepaalde gehalten en de gehalten na incubatie. De direct bepaalde gehalten en de mineralisaties zijn gemiddeld over de twee perioden. Mineralisatie is omgerekend naar  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$  met de volgende formule:

$$\text{DIF} = (E_{m_2} - E_{m_1}) * (\text{MAS} / 1000) * 10^8 * \text{DIEP} * 10^{-6} * (\text{LS}/T) \quad (1)$$

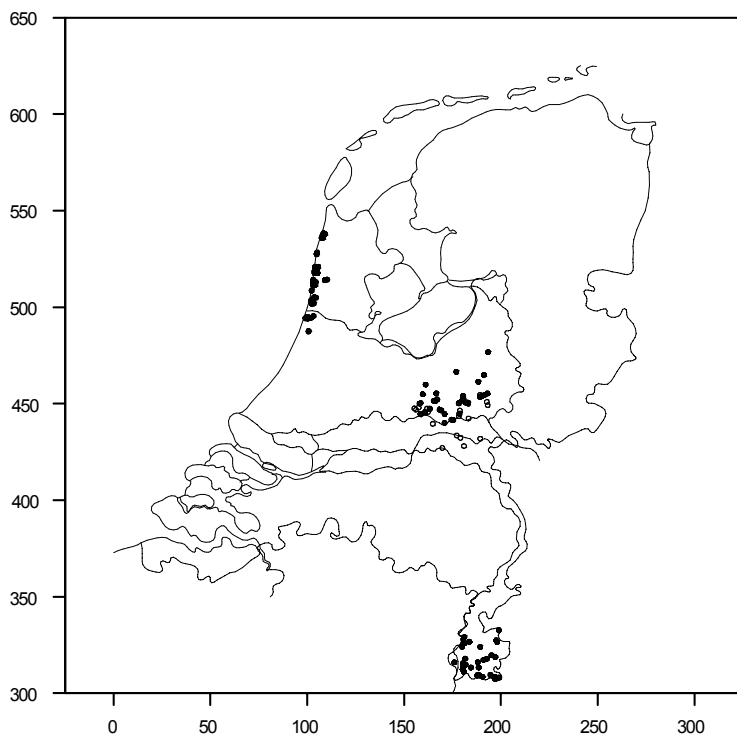
met DIF: mineralisatie in  $\text{kg element ha}^{-1}\cdot\text{j}^{-1}$ ,  $E_{m_t}$  = elementgehalte op tijdstip t in  $\text{mg} / \text{kg}$ , MAS: massa van 100 ml bodem in gr, DIEP: bewortelingsdiepte in m (hier gesteld op 0.15), LS = lengte van het seizoen waarin mineralisatie optreedt in dagen (hier gesteld op 120), T = incubatietijd in dagen (de omrekenfactor  $10^8$  is het aantal pF ringen per m diepte per ha, de omrekenfactor  $10^{-6}$  is het aantal kg per mg).

De N-depositie van elk pq is ontleend aan de schatting van de depositie op een 250 m grid, gebaseerd op emissie-depositieberekeningen van het RIVM (zie [www.milieuennatuurcompendium.nl](http://www.milieuennatuurcompendium.nl)), verrijnd met behulp van het GIAB bestand (zie Gies & Bleeker, 2004). De  $\text{O}_3$ -concentratie is berekend op een 5 km grid, als jaargemiddelde over 2005 en als 6-maands AOT40, gemiddeld over de jaren 2000 tot 2005. AOT40 (accumulated

---

<sup>1</sup> dit betreft pq's die inmiddels geen deel meer uitmaken van het LMF

exposure over a threshold of 40 ppb, eenheid ppb.h) is gedefinieerd als de sommatie van de positieve verschillen tussen uurgemiddelde ozonconcentraties en de drempelwaarde van 40 ppb voor een bepaalde periode; deze periode is hier op 6 maanden gesteld (namelijk april t/m september) omdat het grotendeels gaat om meerjarige soorten. AOT40 wordt geacht een goede schatter te zijn voor het biologisch effect van ozon; voor details hierover zie Van Dobben *et al.* (2008).



Figuur 1: Ligging van de bemonsterde plots. Gesloten symbool: in 2005; open symbool: in 2006

Tabel 1: Extractie- en analysemethoden

Element	Extractie	Methode	Gemeten gehalte	Aangeduid als*	Eenheid
N-tot, P-tot	destructie H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /Se	SFA	totaal	Ntot, Ptot	mg / kg
pH	0.01 M CaCl <sub>2</sub>	pH meter	pH	pH_Ca	-
NO <sub>3</sub> -N, NH <sub>4</sub> -N, Nts, PO <sub>4</sub> -P	0.01 M CaCl <sub>2</sub>	SFA	extraheerbaar	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , Norg**, P	mg / kg
Na, K	0.01 M CaCl <sub>2</sub>	ICP-AES Thermo	extraheerbaar	Na, K	mg / kg
Al, Ca, Fe, K, S	0.43 M HNO <sub>3</sub>	ICP-AES Thermo	totaal	EmTot	mg / kg***
pH	water	pH meter	pH	pH	-
C-organisch	-	gloeiverlies	% organische stof	C_ org	mg / kg
CEC, Ca, Fe, K, Mg, Na, Al <sup>3+</sup> , Mn	BaCl <sub>2</sub> pH=8.1	ICP-AES Thermo	uitwisselbaar****	CEC, EmEx	-, cmol(+)/kg
<b>Ratio's</b>					
N/C			Ntot / org_st*****	N_C	-
P/C			Ptot / org_st	P_C	-
BC/Al			(CaTot+Ktot)/AITot	BC_Al	-
NH <sub>4</sub> /NO <sub>3</sub>			NH <sub>4</sub> -N/NO <sub>3</sub> -N	NH4NO3	-
<b>Mineralisatie</b>					
NO <sub>3</sub> -N	0.01 M CaCl <sub>2</sub>	SFA + vergelijking (1)	extraheerbaar na ~40 dagen veld incubatie	NO3DIF	kg N ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>
NH <sub>4</sub> -N	0.01 M CaCl <sub>2</sub>	SFA + vergelijking (1)	extraheerbaar na ~40 dagen veld incubatie	NH4DIF	kg N ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>
Ntot-N	0.01 M CaCl <sub>2</sub>			NO3DIF + NH4DIF	kg N ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>
Norg-N	0.01 M CaCl <sub>2</sub>			NtsDIF - NtotDIF	kg N ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>
PO <sub>4</sub> -P	0.01 M CaCl <sub>2</sub>	SFA + vergelijking (1)	extraheerbaar na ~40 dagen veld incubatie	PO4DIF	kg P ha <sup>-1</sup> .j <sup>-1</sup>

\* Em = element

\*\* Norg is berekend als Nts - (NO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>)

\*\*\* CaTot en FeTot zijn door 1000 gedeeld om hanteerbare waarden te krijgen

\*\*\*\* niet bepaald in 2006

\*\*\*\*\* de ratio's zijn betrokken op het % organische stof en niet op het C-gehalte!!

## 2.2 Gegevensmanipulatie: verklarende variabelen

Er is een tabel gemaakt met abiotische gegevens per pq, dit zijn:

- chemie van de bovenste (organische) laag
- chemie van de onderste (minerale) laag
- bodemchemische ratio's:
  - N/C en P/C
  - $\text{NH}_4 / \text{NO}_3$
  - $(\text{Ca}+\text{K}) / \text{Al}$
- voor de in 2006 bemonsterde pq's: mineralisatie van  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_3$ , N-organisch en  $\text{PO}_4$
- geschatte gemiddelde N-depositie over 2004
- jaargemiddelde ozon concentratie over 2005
- geschat biologisch effect van ozon (als 6-maands AOT40 over de jaren 2000 tot 2005)

Wanneer er maar één laag was bemonsterd is dezelfde chemie gebruikt voor beide lagen. Van alle variabelen werd eerst de frequentieverdeling bekeken. Scheefheid werd bepaald als

$$S = (M_3 - 3 M_1 M_2 + 2 M_1^3) / (M_2 - M_1 M_1)^{3/2} \quad (2)$$

met  $M_i = \sum x^i / N$ ,

met  $N$  = aantal waarnemingen.

De meeste bodemchemische variabelen (incl. de ratio's) waren scheef verdeeld en daarom is een  $\ln(X-\min(X)+1)$  transformatie toegepast (het resultaat van deze transformatie is dat de minimumwaarde van  $X$  tot nul transformeert). Enkele variabelen waren zelfs na deze transformatie nog zeer scheef verdeeld en deze zijn verder buiten beschouwing gelaten; dit zijn: FeTot3\_2, KEx\_2, MgEx\_2, FeTot3\_1, MnEx\_2, MnEx\_1, NaEx\_1, NaEx\_2, BC/Al. Deze variabelen zijn in 2006 niet meer bepaald. De bepaling van CEC leidde in 2005 tot technische problemen en werd daarom in 2006 niet meer uitgevoerd.

pH en de atmosferische variabelen werden ongetransformeerd gebruikt. De mineralisaties waren ongeveer normaal verdeeld maar vaak met één uitschieter naar boven (niet altijd in hetzelfde monster); deze variabelen werden daarom niet gelogarithmiseerd maar maximaal één uitschieter werd gecorrigeerd naar de naastgelegen waarde.

Na deze bewerking geldt voor alle in de analyse betrokken variabelen dat  $ISI < 1.5$ .

De variabelen zijn in de analyses gecodeerd als hun chemische symbool, met als tussenvoegsel:

**Tot:** totaalgehalte (voor N en P: bij destructie; voor andere elementen: bij extractie met 0.43 M  $\text{HNO}_3$ ) (Tot3 = gehalte door 1000 gedeeld om hanteerbare getallen te krijgen)

**Ex:** uitwisselbaar gehalte (in gebufferde oplossing met  $\text{pH}=8.1$ ) (deze gehalten zijn alleen in 2005 bepaald en in de uiteindelijke analyse niet gebruikt)

**geen tussenvoegsel:** bij extractie met 0.01 M  $\text{CaCl}_2$

En als achtervoegsel:

**\_1:** in de organische of enige laag

**\_2:** in de minerale of enige laag

Verder zijn de volgende symbolen gebruikt:

pH : pH in water extract

pH\_Ca: pH in  $\text{CaCl}_2$  extract

Norg: 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  extraheerbaar organisch N [berekend als  $N_{\text{ts}} - (\text{NH}_4 + \text{NO}_3)$ ]

C\_org: organisch koolstof (bepaald als gloeiverlies)

N\_C: N/C ratio  
P\_C: P/C ratio  
BC\_Al: (Ca+K)/Al ratio  
NH4NO3: NH<sub>4</sub>/NO<sub>3</sub> ratio

Bijlage 3 geeft minimum, maximum, gemiddelde en scheefheid van de ongetransformeerde abiotische variabelen.

## 2.3 Gegevensmanipulatie: soorten

De soorten zijn als volgt geselecteerd:

- cryptogamen zijn verwijderd, deze zijn niet in alle provincies opgenomen;
- soorten die minder dan 10X over de hele dataset (alle pq - jaar combinaties) zijn gevonden, zijn buiten beschouwing gelaten.

Door deze selectie van soorten hebben sommige pq's geen enkele soort meer, en er zijn ook een aantal die in de oorspronkelijke data al geen soorten hadden. Hierdoor is het maximaal te analyseren aantal pq's wat lager dan het totaal aantal van 11366 (namelijk: 11304).

Alle abundanties zijn  $\ln(X+1)$  getransformeerd; als abundantie is gebruikt de kolom 'bedekkingspercentage' uit de LMF-database (in de meeste gevallen is dit het klassemidden van de schaaldelen uit de verschillende opnameschalen). Lagen (indien aanwezig) zijn samengenomen tot de maximum abundantie per soort. De soorten zijn gecodeerd als <eerste vijf letter van het genus><eerste drie letter van de soort> volgens de namen zoals die in het Botanisch Basisregister voorkomen.

## 2.4 Indicatiegetallen

In een aantal gevallen zijn bij de interpretatie van de resultaten indicatiegetallen gebruikt. Deze zijn als volgt berekend. De Ellenberg getallen zijn direct verkregen uit Ellenberg (1991) (op CD-ROM). De 'Wamelink getallen' zijn verkregen uit [www.abiotic.wur.nl](http://www.abiotic.wur.nl), als de gemiddelde waarden over alle opnamen in de KENNAT database waarin een gegeven soort voorkomt (responsiecurven zijn in dit project dus niet gebruikt). Waarden per LMF-opname zijn berekend als het ongewogen gemiddelde over de soorten in die opname na selectie van de soorten zoals hierboven beschreven; cryptogamen (die meestal betere indicatoren van milieukwaliteit zijn dan hogere planten) spelen hierbij dus geen rol. Verder is als voorwaarde gehanteerd dat een opname minstens drie soorten met een bekende indicatiewaarde moet bevatten. De indicatiewaarden zijn gecodeerd als e\_ voor Ellenberg en ww\_ voor Wamelink, met L: licht, F: vocht, R: zuurgraad, N: voedselrijkdom, S: zout. De indicatiegetallen voor temperatuur en continentaliteit (e\_K en e\_T) zijn niet gebruikt. Let er op dat e\_F en ww\_F omgekeerd geschaald zijn (hoge e\_F = waterplant, hoge ww\_F = soort van lage grondwaterstand). Aan soorten zonder waarde voor e\_S ('X' in Ellenberg's database) is de waarde 1 toegekend, verder zijn de waarden 1, 2, 3, 4 en 5 in Ellenberg's tabel voor zout tolerantie getransformeerd tot resp. 3, 6, 9, 1 en 1 (4 en 5 in de oorspronkelijke tabel duiden op zwaar metaal tolerantie).

Aan bovenstaande indicatiegetallen zijn er nog drie toegevoegd: de 'Gelderland' natuurbehoudswaarde (Hertog en Rijken, 1996) met een kleine modificatie beschreven in Eysink *et al.* (2000), het aantal soorten (na selectie zoals boven beschreven) en Simpson's diversiteitsindex (deze geeft de kans aan dat twee willekeurig uit de opname verzamelde

individuen tot verschillende soorten behoren). Deze worden aangeduid als resp. NBW, Nspec en Simp.

## 2.5 Statistische analyse

De pq's zijn als volgt in groepen ingedeeld:

1. pq's zonder soorten: 12 pq's (deze zijn verder buiten beschouwing gelaten)
2. pq's die tenminste eenmaal zijn opgenomen met tenminste één soort: 11304 pq's
3. meer dan eenmaal opgenomen pq's: 3943 pq's
4. pq's met bekende chemie: 145 pq's
5. pq's met bekende mineralisatie: 29 pq's
6. meer dan eenmaal opgenomen pq's met bekende chemie: 56 pq's.

Let er op dat 3 t/m 6 subsets zijn van 2, dat 5 een subset is van 4, en dat 6 de doorsnede is van 3 en 4.

Op de aldus geselecteerde pq's zijn de volgende analyses uitgevoerd:

1. op de laatste of enige opname van alle pq's met minstens één soort: de relatie tussen de soorten onderling met behulp van Detrended Correspondence Analysis (DCA), en vervolgens de relatie van de eerste vier DCA-assen met Ellenberg en Wamelink indicatiewaarden;
2. op de meer dan eenmaal opgenomen pq's: de significantie van de 'verschuiving' van de sample scores langs de in 1 afgeleide assen, en de verandering in Ellenberg en Wamelink indicatiewaarden, tussen de eerste en de laatste opname;
3. op de meer dan eenmaal opgenomen pq's: de significantie van de verandering in abundantie per soort tussen de eerste en de laatste opname;
4. op pq's met bekende chemie: de relatie tussen soortensamenstelling van de laatste of enige opname enerzijds, en bodemchemie en atmosferische variabelen anderzijds, na correctie voor het geschatte effect van vochtbeschikbaarheid, met behulp van Canonical Correspondence Analysis (CCA):
  - 4a. op alle pq's met bekende chemie;
  - 4b. op de pq's die in 2005 bemonsterd waren;Dit is zo gedaan omdat in 2005 meer bodemchemische bepalingen zijn gedaan dan in 2006, die anders niet gebruikt zouden kunnen worden;
5. op pq's met bekende chemie: de relatie tussen de uit de bedekkingen van de soorten geschatte biomassa van de laatste of enige opname enerzijds, en bodemchemie en atmosferische variabelen anderzijds, na correctie voor het geschatte effect van vochtbeschikbaarheid, met behulp van multiple regressie;
6. op de pq's met bekende mineralisatie: schatting van het belang van mineralisatie als voorspeller voor de vegetatie ten opzichte van eenmalig gemeten bodemchemie;
7. op de meer dan eenmaal opgenomen pq's met bekende chemie: terugschatting van de abiotische veranderingen uit de floristische veranderingen.

Deze analyses zullen hieronder nader worden toegelicht.

### **1. Relatie tussen de soorten onderling**

De relatie tussen de soorten onderling werd vastgesteld met behulp van DCA. Eerst werd de 'gradiëntlengte' vastgesteld (via detrending met segmenten). Deze bleek zeer groot te zijn (ca. 11 standaarddeviaties op de eerste as), terwijl de door de eerste as verklaarde variantie slechts gering was (1.6%, bij 750 soorten). Om die reden is het gewicht van zeldzame soorten (met een frequentie van  $< 0.072$ ) afgewaardeerd met een factor die omgekeerd evenredig is aan de frequentie van elke soort. Dit resulteerde in een gradiëntlengte van ca. 9.9 standaarddeviaties en 4.4% verklaarde variantie op de eerste as. Ten slotte is gekozen voor detrending met een vierdegraads polynoom omdat het percentage door de eerste vier assen verklaarde variantie dan iets hoger is, en dit een leesbaarder plot oplevert. Vervolgens is

getracht de eerste vier assen ecologisch te interpreteren met behulp van (a) interpretatie van de resulterende biplots met expertkennis, en (b) de relatie tussen de eerste vier assen en de gemiddelde Ellenberg en Wamelink indicatiegetallen per opname.

### ***2. Significantie van de verandering in sample score en indicatiewaarden tussen de eerste en de laatste opname***

In de DCA-analyse onder 1. is de eerste opname van elk meer dan eenmaal opgenomen pq toegevoegd als 'passieve' opname, dat wil zeggen dat de coördinaten in het biplot van deze opname worden berekend zonder dat deze het biplot zelf beïnvloedt. Vervolgens is voor de meer dan eenmaal opgenomen pq's de verandering in sample score op de eerste vier assen berekend. Dit is ook gedaan voor de indicatiewaarden. Met een gepaarde t-toets is de significantie van dit verschil bepaald.

### ***3. Significantie van de verandering in abundantie per soort tussen de eerste en de laatste opname per pq***

Van de meer dan eenmaal opgenomen pq's is per pq voor de soorten die in tenminste één opname van tenminste 5 pq's voorkomen de verandering in (ongetransformeerde) abundantie bepaald (alleen de eerste en de laatste opname zijn hierbij in beschouwing genomen, maar meer dan tweemaal opgenomen pq's zijn er bijna niet). Vervolgens is met een t-toets bepaald of de gemiddelde verandering per soort significant van nul verschilt. De veranderingen zijn getest op normaliteit, die is redelijk tot goed.

### ***4. Relatie tussen bodem- en atmosferische chemie, en soortensamenstelling***

De relatie tussen soortensamenstelling en bodemchemie werd bepaald door middel van voorwaartse selectie in CCA. Aan de bodemchemische variabelen uit Tabel 1 (zie paragraaf 2.1) werden toegevoegd (1) de atmosferische variabelen N-depositie, O<sub>3</sub>-concentratie en AOT40, en (2) de Ellenberg en Wamelink indicatoren voor vocht. Dit laatste werd gedaan omdat vocht een voor de vegetatie zeer belangrijke variabele is waarvoor geen metingen beschikbaar zijn. Om te voorkomen dat schijnverbanden ontstaan doordat sommige chemische variabelen indicatief zijn voor vochtgehalte van de bodem werden deze indicatoren gebruikt als proxy voor vochtgehalte. Hiertoe is van elke opname e<sub>F</sub> en ww<sub>F</sub> bepaald als ongewogen gemiddelde over alle soorten met een bekende indicatiewaarde, op voorwaarde dat er tenminste drie van zulke soorten aanwezig zijn. Ontbrekende waarden in e<sub>F</sub> zijn bijgeschat op grond van ww<sub>F</sub>, en vervolgens zijn de ontbrekende waarden in ww<sub>F</sub> bijgeschat op grond van e<sub>F</sub>. De resulterende variabele is gebruikt als covariabele in de CCA-analyse (de 'bijgeschatte' ww<sub>F</sub> bleek iets meer variantie te verklaren dan de 'bijgeschatte' e<sub>F</sub>; maar een model met beide variabelen verklaarde significant meer variantie dan met een van beiden! Omdat de achtergrond hiervan niet duidelijk is, is gekozen voor een model met slechts één covariabele).

De selectie van variabelen is op drie manieren uitgevoerd:

- zonder restrictie: leidend tot een model met de bodemchemische variabelen uit Tabel 1 (zie paragraaf 2.1), behalve CEC en de uitwisselbare gehalten, plus de luchtverontreinigingsvariabelen Ndep en AOT40 (de laatste als gemiddelde over de jaren 2000 - 2005). Het resulterende model wordt het volledige model genoemd.
- voorwaartse selectie met restrictie op de significantie: stapsgewijs wordt steeds die variabele aan het model toegevoegd die leidt tot de grootste toename aan verklaarde variantie, tot er geen variabele meer is waarvan het effect significant is ( $P < 0.05$ ; omdat  $P$  bepaald is door middel van bootstrapping en dus een bepaalde onzekerheid bevat is wat losjes met deze significantiegrens omgegaan). Het resulterende model wordt het significante model genoemd.



- voorwaartse selectie met restrictie op de significantie en op de onderlinge correlatie tussen de verklarende variabelen: stapsgewijs wordt steeds die variabele aan het model toegevoegd die leidt tot de grootste toename aan verklaarde variantie, op voorwaarde dat die een correlatie van  $|R| < 0.5$  heeft met de variabelen die al in het model zijn opgenomen, tot er geen variabele meer is waarvan het effect significant is ( $P < 0.05$ ). Het resulterende model wordt het beperkte model genoemd. Bijlage 4 geeft de volledige correlatiematrix van de verklarende variabelen.

Met het beperkte model is getracht te voorkomen dat meerdere indicatoren voor dezelfde oorzakelijke variabele in het model komen, dat daardoor moeilijk interpreteerbaar wordt. Daarom is alleen het beperkte model in een biplot weergegeven.

Omdat in 2005 meer bodemchemische variabelen zijn bepaald dan in 2006 is ook een analyse uitgevoerd op alleen de in 2005 bemonsterde pq's.

### **5. Relatie tussen bodem- en atmosferische chemie en geschatte biomassa**

Omdat het effect van indicatoren voor voedselrijkdom op de soortensamenstelling moeilijk te duiden bleek, is gekeken of deze indicatoren wellicht een sterker verband hebben met de biomassa. Die biomassa is geschat als de gesommeerde bedekking per soort, al dan niet vermenigvuldigd met de hoogte per laag. Via achterwaartse selectie is de relatie met de in de multivariate analyse gebruikte verklarende variabelen bepaald. Hiertoe is uitgegaan van een volledig model waaruit stapsgewijs steeds die variabele is verwijderd die de minste variantie verklaart, tot een model overblijft waarvan alle termen een significant ( $P < 0.05$ ) effect hebben. Uit dat model zijn vervolgens stapsgewijs die termen verwijderd die een correlatie ( $|R| > 0.5$ ) hebben met de andere termen in het model, te beginnen met de term die de minste significantie verklaart. Bij al deze bewerkingen is de indicator voor vocht steeds in het model gehouden ongeacht de significantie en de correlatie.

### **6. Analyse van het effect van mineralisatie**

Deze analyse is uitgevoerd op alleen de in 2006 bemonsterde pq's, met de geschatte mineralisatie van  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$  en  $\text{N}_{\text{org}}$  als extra verklarende variabelen. Omdat in 2006 de bemonstering in één laag heeft plaatsgevonden, waarvan de dikte bepaald is door de lengte van de buisjes (10 cm) is bij het resultaat van deze analyse aan de chemische variabelen geen laag-index toegevoegd. Overigens is deze analyse indientiek aan die onder 4.

### **7. Analyse van de veranderingen**

Uit de statistische analyse van de relatie tussen vegetatie en bodemchemie komt een beeld van de relatie tussen deze beide grootheden in de ruimte. Onder de aanname dat de verbanden die in de ruimte gevonden zijn, ook in de tijd gelden, kan een schatting gemaakt worden van de verandering van de bodemchemie door de tijd, op grond van de verandering in de vegetatie. Laat  $Y$  een respons variabele zijn (in dit geval: een CCA-as), dan geldt:

$$Y = a_0 + a_1 X_t + f(\text{in de tijd constante variabelen}) + \text{fout} \quad (3)$$

met  $Y$ : respons variabele,  $X_t$ : bodemchemische variabele op tijdstip  $t$ .

Aangenomen wordt dat de bodemchemische variabele lineair in de tijd verandert, dus

$$X_t = X_0 + bt \quad (4)$$

met  $b$ : jaarlijkse verandering in  $X$ ,  $t$ : tijd

Vergelijkingen (1) en (2) kunnen worden gecombineerd tot:

$$Y = a_0 + a_1 X_0 + a_1 bt + f(\text{in de tijd constante variabelen}) + \text{fout} \quad (5)$$

of (als regressievergelijking):

$$Y = a_0 + a_1 X_0 + a_2 t + f(\text{in de tijd constante variabelen}) + \text{fout} \quad (6)$$

Door combinatie van (5) en (6) volgt

$$a_1 b = a_2 \text{ of: } b = a_2 / a_1 \quad (7)$$

De jaarlijkse verandering in een bodemchemische variabele kan op deze wijze dus geschat worden door middel van een regressie met de startwaarde van die variabele, en de tijd (in dit geval het aantal jaren tussen de eerste en de laatste opname) als verklarende variabelen. Het is ook mogelijk om de onzekerheid in  $b$  (en dus ook de statistische significantie) te bepalen (door middel van bootstrapping of met de stelling van Fieller); dit is dit project echter niet gedaan. En verdere vereenvoudiging is dat hier geen rekening is gehouden met in de tijd constante variabelen. Het is goed zich de vooronderstellingen van deze methode te realiseren:

- der verandering in de tijd is lineair, of in elk geval monotoon;
- het temporele effect komt tot stand zonder, of in elk geval met een constante lag.

Voor verdere details over deze methode wordt verwezen naar van Dobben & Slim (2005).

### 3 Resultaten

#### Leeswijzer

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens behandeld:

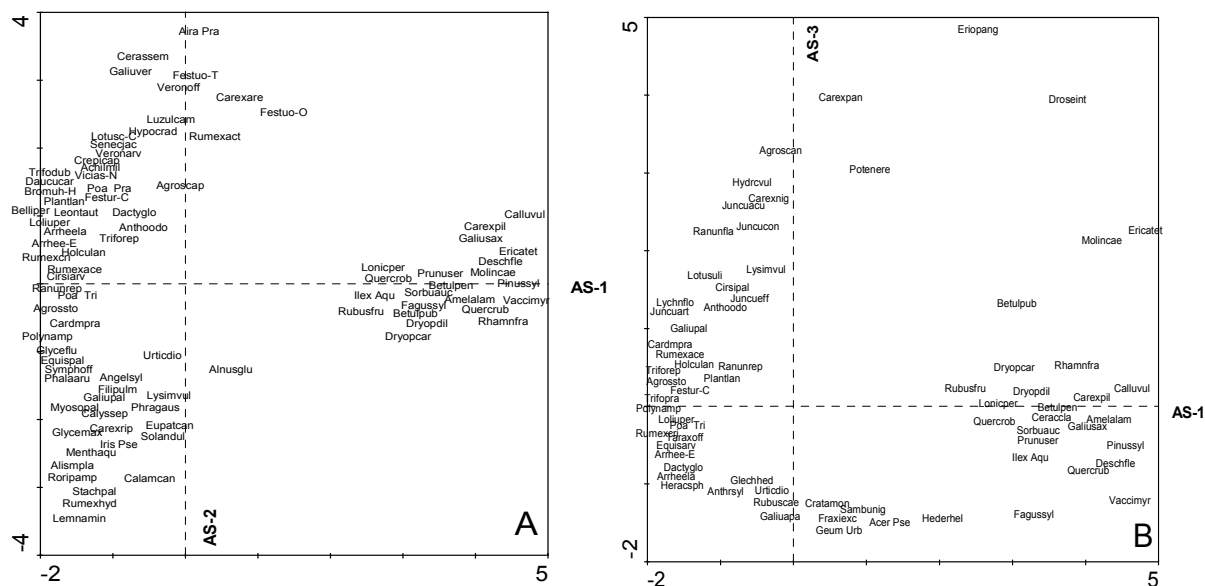
1. de variatie in soortensamenstelling over de hele dataset, bepaald met DCA;
2. de veranderingen in positie in de DCA-plot, en in indicatiewaarden, tussen de eerste en de laatste opname van de meer dan eenmaal opgenomen pq's;
3. de veranderingen in abundantie per soort, tussen de eerste en de laatste opname van de meer dan eenmaal opgenomen pq's;
4. de relatie tussen soortensamenstelling en milieukwaliteit;
5. de relatie tussen geschatte biomassa en milieukwaliteit;
6. de relatie tussen soortensamenstelling en mineralisatie;
7. terugschatting van de veranderingen in milieukwaliteit uit de veranderingen in de vegetatie.

#### 3.1 DCA-analyse op alle pq's

Figuur 2 toont het resultaat van een DCA-analyse van de laatste of enige opname van alle pq's. Tabel 2 geeft de correlatie tussen de assen en de Ellenberg en Wamelink indicatiewaarden. De eerste as wordt vooral bepaald door de zuurgraad (gezien de hoge correlatie met e\_R, maar vooral met ww\_R!). Rechts in de plot staan de soorten van heiden en bossen van zure grond, links de soorten van rijkere graslanden (incl. duinen en kalkgrasland), en watervegetatie. De tweede as is vooral een nat - droog as, met onder echte waterplanten (met *Lemna minor* als meest extreme) en boven soorten van droog grasland (met *Aira praecox* als meest extreme). De derde as representeert vooral de gradiënt van bos naar lage vegetatie, met onder boomsoorten en soorten als *Geum urbanum* en *Hedera helix*, en boven soorten als *Eriophorum angustifolium* (aan de zure kant) en *Lysimachia vulgaris* (aan de minder zure kant). Maar tegelijk is deze as ook een gradiënt van droog naar nat, en van voedselarm naar voedselrijk (zoals ook blijkt uit Tabel 2). De vierde as scheidt kweldervegetatie van de overige vegetatie; doordat er maar weinig kwelder pq's zijn leidt dit tot extreem hoge waarden van de kweldersoorten op deze as die daardoor moeilijk in een diagram is weer te geven. Tabel 3 geeft de soorten met de meest extreme waarden op deze as.

Tabel 2: correlatie tussen de DCA-assen uit Figuur 1 en Tabel 3, en Ellenberg's (e\_) en Wamelink's (ww\_) indicatiewaarden voor licht (L), vocht (F), zuurgraad (R) en zout (S), en de drie biodiversiteitsindicatoren. Voor elke as zijn de hoogste correlatiecoëfficiënten met de Ellenberg indicatorwaarden vet aangegeven.

DCA as	Ellenberg indicator					Wamelink indicator		Biodiversiteitsindicator		
	e_L	e_F	e_R	e_N	e_S	ww_F	ww_R	NBW	Nspec	Simp
AS-1	0.43	-0.20	<b>-0.74</b>	-0.61	-0.48	0.38	-0.93	0.23	-0.47	-0.43
AS-2	0.16	<b>-0.85</b>	-0.35	-0.40	0.01	0.36	-0.03	0.06	0.10	0.19
AS-3	0.36	0.34	-0.40	<b>-0.52</b>	-0.03	-0.67	-0.08	0.47	0.06	0.06
AS-4	0.05	0.02	0.03	0.02	<b>0.41</b>	-0.02	0.05	0.06	-0.04	-0.03



Figuur 2: DCA op de laatste opname van alle pq's (excl. die zonder hogere planten met > 10 vondsten over de hele dataset). Weergegeven zijn de soorten waarvoor dit model >5% van de variantie verklaart. A: eerste tegen tweede as, B: eerste tegen derde as. Eigenwaarden:  $\lambda_1 = 0.762$ ,  $\lambda_2 = 0.485$ ,  $\lambda_3 = 0.359$ ,  $\lambda_4 = 0.251$ ,  $\Sigma\lambda = 17.145$ , beide plots samen verklaren derhalve 9.4% van de variantie in de abundanties van de soorten. Een DCA-plot heeft een afstand-interpretatie: hoe dichter twee soorten bij elkaar staan hoe groter de kans ze in hetzelfde pq aan te treffen. Sommige soorten zijn iets verschoven om een leesbare plot te krijgen. Verklaring van de afgekorte soortnamen in Bijlage 5. Aantal plots: 11304, aantal soorten: 750, abundanties  $\ln(X+1)$  getransformeerd, zeldame soorten afgewaardeerd, detrending met vierdegraads polynoom.

De ordening van de soorten in Figuur 2 komt sterk overeen met de ideeën die traditioneel bestaan in de plantensociologie; met pH en natheid als sterk bepalende factoren. Lastig is alleen dat voedselrijkdom op alle assen een rol speelt; de gradiënt van voedselarm naar voedselrijk valt (deels) samen met de gradiënt van zuur (voedselarm) naar neutraal (voedselrijk). Verder zijn extreem droge vegetaties vrijwel altijd voedselarm (in het diagram: hoge waarden op de tweede as), hoewel natte vegetaties zowel voedselarm als voedselrijk kunnen zijn, maar die scheiding vindt plaats langs de derde as (voedselarm: hoge waarden) en valt daar dan weer deels samen met de gradiënt van bos naar lage vegetatie. Deze interpretatie wordt bevestigd door de analyse van de Ellenbergwaarden in Tabel 2. Dit maakt het lastig een eventueel effect depositie aan dit diagram af te lezen. Opvallend is verder dat het aantal soorten en de Simpson index negatief zijn gecorreleerd met de eerste as, maar de NBW positief. Oorzaak hiervan is dat bij hoge pH de meeste soorten voorkomen (zoals ook blijkt uit Figuur 2), maar bij lage pH de meeste zeldzame soorten (in Ericetum achtige situaties, bij voorbeeld *Gentiana pneumonanthe*, *Narthecium ossifragum*, *Rhynchospora* spp.). Ook is de NBW sterk positief gecorreleerd met de derde as, terwijl deze as vrijwel geen relatie heeft met de twee andere biodiversiteitsindicatoren. Dit moet waarschijnlijk vooral verklaard worden uit het feit dat de derde as de gradient van bos naar lage vegetatie representeert, waarbij de laatste groep doorgaans een hogere natuurwaarde (in termen van zeldzame of bedreigde soorten) heeft.

Opvallend is de zeer sterke correlatie van AX1 met ww\_R. Deze indicator is gebaseerd op metingen in Nederlandse vegetatieopnamen, en gaf in onafhankelijke validaties (ook op buitenlands materiaal) een veel betere terugvoorspelling van de pH dan e\_R. Als we ervan uitgaan dat dat ook in deze pq's het geval is, moet geconcludeerd worden dat de pH een zeer bepalende factor is voor de vegetatie, meer dan alle andere factoren. Ook het feit dat,

ondanks de grote heterogeniteit van de data, de eerste eigenwaarde veel groter is dan de tweede ( $\lambda_2 / \lambda_1 = 0.64$ ), wijst op het bestaan van één, sterk bepalende gradiënt. Dat deze gradiënt vooral met pH te maken heeft, zal het lastiger maken een effect van N-depositie op te sporen.

*Tabel 3: de twintig soorten met de hoogste score op de vierde DCA-as, gesorteerd op afnemende score. Verklaring van de soortcodes in Bijlage 5.*

Soort	Score op AS-4
Salice=P	839.4
Puccimar	339.4
Suaedmar	322.2
Puccid-D	287.8
Sperlmar	200.7
Sperlsal	199.9
Saliceur	111.6
Astertri	106.3
Triglmar	102.3
Parapstr	18.6
Glauxmar	17.5
Juncuamb	12.5
Juncumar	12.1
Juncuger	9.8
Atrippat	8.1
Atrippro	7.0
Plantcor	4.7
Chenogla	3.1
Centmpul	2.4
Carexdis	1.7

### 3.2 Significantie van de verandering in sample score en indicatiewaarden tussen de eerste en de laatste opname

Tabel 4 geeft het resultaat van de analyse op de verschillen tussen de eerste en de laatste opname per pq. Geen enkele verandering blijkt significant te zijn. De veranderingen wijzen op een tendens tot verzuring (positief verschil op AX1, negatief voor ww\_R (hoewel positief voor e\_R maar die heeft minder voorspellende waarde), en tot verdroging (negatief verschil voor e\_F, positief voor ww\_F, maar verschuiving in DCA-plots is enigszins tegenstrijdig: negatief voor AX2 wijst op vernatting maar negatief voor AX3 wijst op verdroging). De verschuiving langs AX3 heeft de hoogste t-waarde (hoewel nog lang niet significant), dit wijst op 'verbossing' (hetgeen wordt bevestigd door de dalende tendens van e\_L), maar kan ook op verdroging wijzen.

Bij de interpretatie van bovenstaand moet bedacht worden dat (1) geen enkele verandering significant is, en (2) dat deze analyse slechts als indicatief kan worden beschouwd. Immers, de pq-reeksen hebben verschillende start-data, en verschillende intervallen tussen de eerste en de laatste opname, en met geen van beiden is hier rekening gehouden. Verder is het mogelijk dat als deze analyse wordt uitgevoerd op subsets (bij voorbeeld bepaalde FGRs of milieustrata) er wel significante verschillen worden gevonden. Dit valt echter buiten het bestek van dit project.

Tabel 4: gemiddelde en verandering in de sample scores op de eerste vier assen, en de indicatiewaarden, tussen de eerste en de laatste opname van de pq's die meer dan eenmaal zijn opgenomen

Indicator	Aantal	Gemiddelde	Vershil	T waarde
AS-1	3943	0.696	0.041	0.123
AS-2	3943	-0.083	-0.043	-0.125
AS-3	3943	0.146	-0.101	-0.228
AS-4	3943	0.187	-0.073	-0.017
e_L	3850	6.741	-0.033	-0.129
e_T	2945	5.207	0.007	0.030
e_F	3414	6.392	-0.021	-0.048
e_R	3413	4.814	0.006	0.012
e_N	3661	4.942	-0.002	-0.005
ww_F	3717	44.329	0.232	0.055
ww_R	3868	5.521	-0.024	-0.145
NBW	3858	10.595	-0.004	-0.004
Nspec	3943	16.968	0.247	0.050

Aantal = aantal pq's waarop de waarden zijn gebaseerd

Gemiddelde = gemiddelde van de eerste opname van elk pq

Vershil = gemiddeld verschil tussen de eerste en de laatste opname van elk pq (positief getal = toename in de tijd)

T waarde = gemiddelde / standaarddeviatie van het verschil per pq

### 3.3 Significantie van de verandering in abundantie per soort tussen de eerste en de laatste opname per pq

Er zijn 672 soorten die aan de selectiecriteria van  $\geq 1$  vondst in  $\geq 5$  pq's voldoen. Tabel 5 geeft het resultaat van de analyse voor die soorten waarvoor  $|T| > 0.5$ . Ook hier zijn er weer vrijwel geen significante verschillen. Alleen *Rumex obtusifolius* is significant toegenomen. *Pinus nigra* var. *nigra* en *Populus gileadensis* zijn sterk toegenomen (hoewel niet significant), maar dat kan ook wel liggen aan nomenclatorische en/of determinatie problemen (*Pinus nigra* en *Populus nigra* zijn sterk afgenomen). Maar ook voor deze analyse gelden weer dezelfde disclaimers als voor de vorige analyse: met opname tijdstippen en tijdsintervallen is geen rekening gehouden, en een analyse op individuele strata zou wellicht wel significante verschillen voor bepaalde soorten opleveren (maar voor soorten die tot slechts één stratum beperkt zijn zou dat weer niet uitmaken!). Er is op het eerste gezicht ook geen duidelijk ecologisch patroon te bekennen in de rangorde van toe / afname van de soorten.

Tabel 5: verandering per soort.

Soortcode	Gem	Std	T	Nobs
Pinusn_N	35.57	32.13	1.11	7
Populgil	21.29	25.00	0.85	7
Abiesalb	20.50	38.84	0.53	16
Chryppopp	14.50	21.45	0.68	6
Carexaqu	12.71	19.52	0.65	7
Ulmusgla	5.86	7.93	0.74	7
Pulicvul	2.82	4.71	0.60	11
Lycodinu	2.48	4.00	0.62	21
Medicsat	2.00	3.32	0.60	7
Rumexo_O	1.80	0.63	2.85	51
Arum_Mac	1.70	3.05	0.56	20
Diploten	1.67	2.42	0.69	6
Chenogla	1.67	1.51	1.11	6
Bromur_R	1.44	2.01	0.72	9
Stellaqu	1.36	2.58	0.53	25
Listeova	1.30	1.57	0.83	10
Senecina	1.29	1.70	0.75	7
Myosodis	1.26	2.24	0.56	23
Dryopc_D	1.21	2.04	0.59	14
Toriljap	1.00	0.58	1.73	7
Lathytub	1.00	0.67	1.50	10
Veronper	1.00	1.56	0.64	10
Chelimaj	0.90	1.52	0.59	10
Carexsyl	0.89	1.69	0.53	9
Brassnap	0.88	1.13	0.78	8
Soncha_A	0.80	1.01	0.80	20

Soortcode	Gem	Std	T	Nobs
Mycelmur	0.80	1.03	0.77	10
Ranunfic	0.67	0.52	1.29	6
Liparloe	0.50	0.84	0.60	6
Scillnon	0.43	0.79	0.54	7
Triglmor	-0.64	1.08	-0.59	14
Spergmo	-0.67	1.29	-0.52	15
Dactlm_M	-0.83	1.47	-0.57	6
Anchuoff	-0.83	1.47	-0.57	6
Plantmed	-1.00	1.41	-0.71	9
Cicutvir	-1.08	1.98	-0.55	12
Apiumnod	-1.13	1.81	-0.63	15
Ranunpel	-1.33	0.87	-1.54	9
Festur_A	-1.41	2.32	-0.61	17
Gnaphsyl	-1.44	1.67	-0.87	9
Phleuare	-1.61	1.93	-0.83	28
Suaedmar	-1.67	2.34	-0.71	6
Cichoint	-1.71	2.43	-0.71	7
Calthpal	-1.92	3.58	-0.54	12
Origavul	-2.00	3.92	-0.51	7
Leonthis	-2.00	2.31	-0.87	13
Callapal	-2.07	2.89	-0.72	14
Cardmama	-3.15	5.93	-0.53	13
Nymphalb	-8.33	14.76	-0.56	6
Salice_P	-18.14	23.98	-0.76	7
Populnig	-33.56	31.86	-1.05	9

*Gem = gemiddelde verschil (laatste - eerste) in ongetransformeerde abundantie*

*Std = standaarddeviatie van verschil in abundantie*

*T = gem / std*

*Nobs = aantal pq's met tenminste één vondst van deze soort*

*Soorten zijn geselecteerd volgens  $|T| > 0.5$  en gesorteerd volgens afnemend gemiddeld verschil*

### 3.4 Relatie tussen soortensamenstelling en bodem- en atmosferische chemie

Het volledige model (Tabel 6) bevat 39 variabelen die samen 35% variantie verklaren. Dit percentage is zeer hoog voor CCA waar percentages rond de 10% gebruikelijk zijn voor ecologische data. Bedacht moet echter worden dat het aantal verklarende variabelen hoog is in vergelijking tot het aantal plots (145). Het significante model bevat 20 variabelen en verklaart 25% variantie. Zeer veel variabelen zijn indicatoren voor voedselrijkdom, maar merkwaardig is het hoge percentage verklaarde variantie van de indicatoren voor zwavelgehalte (in beide lagen). In de voorwaartse selectie wordt deze variabele zelfs direct na pH gekozen, nog vóór de andere bodemchemische variabelen. Deels is het zwavelgehalte een indicator voor de invloed van zeewater, maar waarschijnlijk spelen ook andere factoren een rol omdat Na in principe een betere indicator voor zeewater is, maar veel minder variantie verklaart. Let er op dat Cl, wellicht de beste indicator voor zeewater, in dit project niet bepaald is.

Aparte aandacht verdient het effect van ozon. Beide indicatoren voor ozon (gemiddelde O<sub>3</sub> en gemiddelde AOT40) verklaren veel variantie en worden in de voorwaartse selectie gekozen vóór alle bodemchemische variabelen op pH en zwavelgehalte na. Toch gaat het hier vermoedelijk om een schijnrelatie. Dit vermoeden is vooral gebaseerd op het feit dat de patronen van zowel O<sub>3</sub> als van AOT40 in Nederland erg 'vlak' zijn; AOT40 neemt toe van de kust naar het binnenland, terwijl O<sub>3</sub> het omgekeerde patroon volgt (beide zijn sterk negatief gecorreleerd,  $R = -0.68$ , Bijlage 4). Een nadere beschouwing (hier niet weergegeven) van de soorten die sterk positief of sterk negatief met AOT40 gecorreleerd zijn leert dat de eerste vooral bestaat uit soorten van het binnenland ('Ericetum' en 'Limburg' soorten) terwijl de laatste groep vooral bestaat uit soorten van de duinen. Bovendien heeft de respons van de soorten op ozon in dit model geen enkel verband met de in begassingsexperimenten gevonden respons (zie Van Dobben *et al.*, 2008). Daarom is ervan uitgegaan dat het effect van ozon vooral een grootschalig patroon in de vegetatie representeert en is deze variabele bij de verdere analyses buiten beschouwing gelaten. Voor N depositie geldt bovenstaande beschouwing niet omdat deze variabele een veel 'ruwer' patroon over Nederland heeft, met sterke pieken in de Peel en de Gelderse Vallei.

Om te komen tot een gemakkelijker interpreteerbaar model is een voorwaartse selectie uitgevoerd met een strenge eis aan de onderlinge correlatie van de verklarende variabelen, namelijk  $|R| < 0.5$  (zie Bijlage 4 voor de correlatiematrix). Het resulterende 'beperkte' model blijkt erg simpel, met zes termen en 11% verklaarde variantie (Tabel 7). Één van de termen in het beperkte model is de stikstofdepositie. Figuur 3 is de biplot van het beperkte model. Als hulp bij de interpretatie van de assen van het beperkte model geeft Tabel 8 de t-waarden van de (canonische) regressiecoëfficiënten per as en Tabel 9 de significantie van de regressie van de drie belangrijkste Ellenbergwaarden (e\_R, e\_N en e\_S) op de species scores van de soorten waarvoor het model een redelijk deel van de variantie verklaart. Om het effect van stikstofdepositie nader te onderzoeken is een apart model getest waarin het effect van stikstofdepositie door één as is geforceerd (dit wordt bereikt door alle termen uit het beperkte model behalve stikstofdepositie aan de covariabelen toe te voegen); het resultaat hiervan wordt eveneens gegeven in Tabel 9.

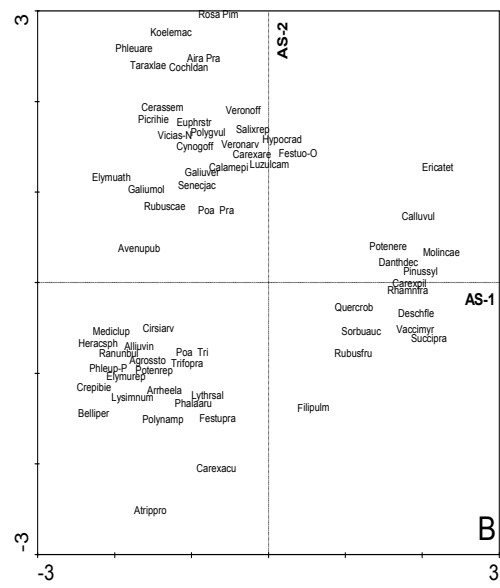
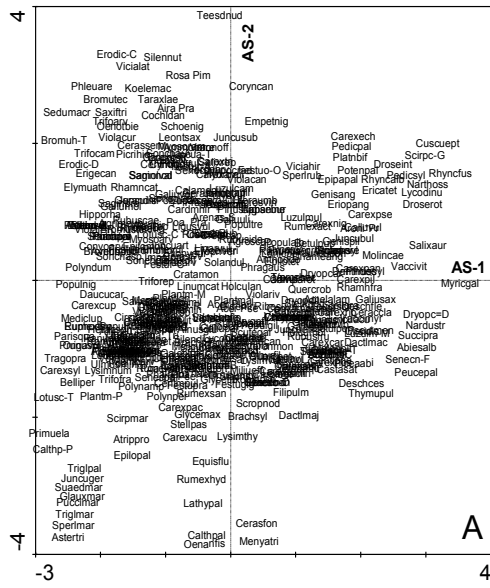
De assen van het beperkte model kunnen geïnterpreteerd worden met behulp van Figuur 3 en Tabellen 8 en 9. De eerste as staat – net als in het 'unconstrained' model van Figuur 1 – voor pH, de tweede as voor zwavelgehalte, de derde as voor natriumgehalte en de vierde voor N depositie. Dit beeld wordt voor de eerste as bevestigd door de positie van de soorten in Figuur 3A en B, met de typische heidesoorten rechts en soorten van kwelder, kalkrijk duin en kalkgrasland links. Ook de regressieanalyse op de Ellenbergwaarden van de soorten bevestigt dit beeld (Tabel 9). Verder staat de derde as duidelijk voor zeewaterinvloed, met uiterst rechts de kweldersoorten (Figuur 3D en E) en een sterke correlatie tussen de species scores en Ellenberg's zoutindicator (Tabel 9). De tweede en de vierde as zijn moeilijker te interpreteren. Hoewel de tweede as blijkens Tabel 8 en Figuur 3 vooral staat voor zwavelgehalte, spelen indicatoren voor N hier ook een rol (N-totaal, NO<sub>3</sub> en N-depositie). Dit lijkt ook wel enigszins naar voren te komen uit de posities van de soorten, met bij voorbeeld *Aira praecox* en *Empetrum nigrum* bovenaan en *Trifolium pratense* en *Glyceria maxima* onderaan in Figuur 3A en B, maar uit de regressieanalyse op de species scores blijkt slechts een significante relatie met de zoutindicator (Tabel 9). Hierbij moet overigens wel bedacht worden dat de hier gebruikte indicatorwaarden onderling sterk positief gecorreleerd zijn (vooral e\_R en e\_N met  $R = 0.53$  voor de hier gebruikte soorten).



Tabel 6: variabelen selectie in het volledig model. A: marginale effecten van het volledig model: verklaarde variantie van een model met deze variabele als enige verklarende; B: conditionele effecten van het significante model: toename in verklaarde variantie bij opnemen van deze variabele in een model met alle er boven staande variabelen (percentage verklaarde variantie is gecorrigeerd voor het effect van de covariabele).  $F = (\text{toename in regressie mean square over alle soorten bij het opnemen van deze term}) / (\text{residual mean square})$ ,  $P = \text{frequentie van deze of een hogere F-waarde in de data} + 999 \text{ bootstrap samples}$ , %VV = percentage verklaarde variantie van een model met deze term als enige verklarende variabele (A), resp. toename in percentage verklaarde variantie bij het toevoegen van deze term aan een model met alle termen die er boven staan (B). Aantal pq's: 145, aantal soorten: 454.

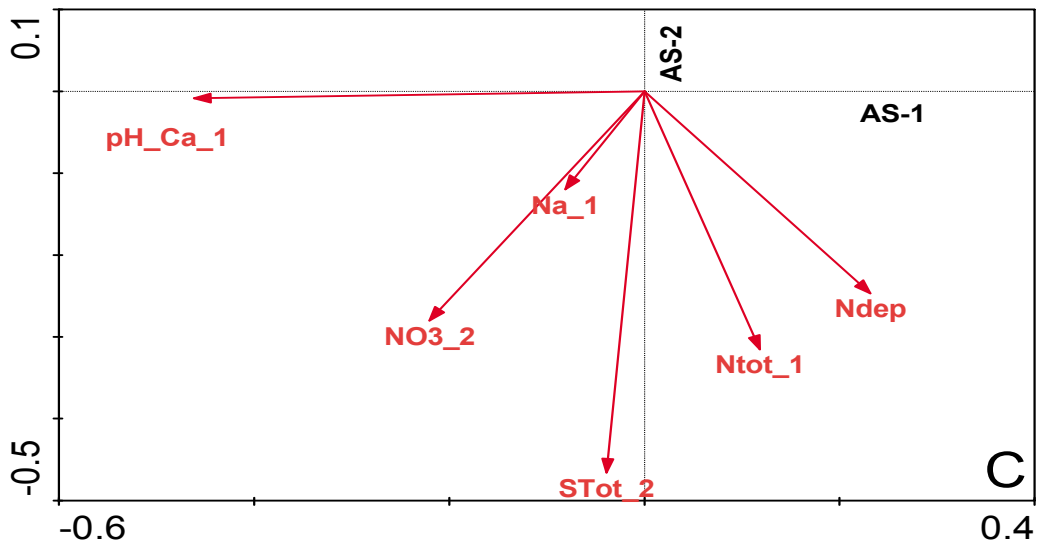
A		
Variable	%VV	Staat voor:
pH_Ca_1	3.29%	pH
pH_1	3.29%	pH
pH_2	3.22%	pH
pH_Ca_2	3.22%	pH
P_C_1	3.22%	voedselrijkdom
P_C_2	2.91%	voedselrijkdom
STot_2	2.83%	? en zeewater invloed
STot_1	2.83%	? en zeewater invloed
Ptot_2	2.76%	voedselrijkdom
KTot_2	2.76%	voedselrijkdom
N_C_2	2.76%	voedselrijkdom
N_C_1	2.68%	voedselrijkdom
CaTot_2	2.68%	pH
AOTgem	2.60%	grootschalig patroon?
Ptot_1	2.60%	voedselrijkdom
Norg_1	2.60%	voedselrijkdom
Norg_2	2.60%	voedselrijkdom
org_st_2	2.53%	voedselrijkdom
KTot_1	2.53%	voedselrijkdom
O3gem	2.53%	grootschalig patroon?
CaTot_1	2.53%	pH
Ntot_2	2.45%	voedselrijkdom
org_st_1	2.37%	pH en voedselrijkdom
NO3_2	2.30%	voedselrijkdom
K_2	2.22%	voedselrijkdom
Ndep	2.22%	N depositie
NH4NO3_1	2.14%	?
K_1	2.14%	voedselrijkdom
NH4_1	2.07%	voedselrijkdom
AlTot_2	2.07%	?
AlTot_1	2.07%	?
NO3_1	1.91%	voedselrijkdom
Ntot_1	1.91%	voedselrijkdom
NH4_2	1.91%	voedselrijkdom
NH4NO3_2	1.91%	?
Na_2	1.91%	zeewater invloed
Na_1	1.76%	zeewater invloed
P_1	1.61%	voedselrijkdom
P_2	1.00%	voedselrijkdom
<b>TOTAAL</b>	<b>35.29%</b>	<b>(volledig model)</b>

B				
	Variable	P	F	%VV
significant model	pH_Ca_1	0.001	4.83	3.29%
	STot_2	0.001	4.25	2.83%
	O3gem	0.001	2.71	1.76%
	AOTgem	0.001	2.48	1.61%
	P_C_1	0.001	2.47	1.61%
	Na_1	0.001	1.91	1.23%
	Ntot_2	0.001	1.78	1.15%
	CaTot_2	0.001	1.71	1.07%
	Ptot_1	0.002	1.51	0.92%
	Na_2	0.003	1.53	1.00%
	Ndep	0.041	1.45	0.92%
	NO3_2	0.015	1.32	0.84%
	NH4NO3_2	0.031	1.27	0.77%
	KTot_2	0.012	1.38	0.84%
	KTot_1	0.022	1.4	0.84%
	K_1	0.021	1.32	0.84%
	AlTot_1	0.056	1.43	0.92%
	P_1	0.047	1.25	0.77%
	pH_Ca_2	0.031	1.33	0.77%
	org_st_1	0.041	1.25	0.77%
AlTot_2	0.128	1.18	0.77%	
Norg_2	0.137	1.15	0.69%	
Ntot_1	0.157	1.15	0.69%	
N_C_1	0.303	1.06	0.61%	
(verdere termen niet weergegeven)				
<b>SOM</b>	<b>(significant model)</b>	<b>24.73%</b>		

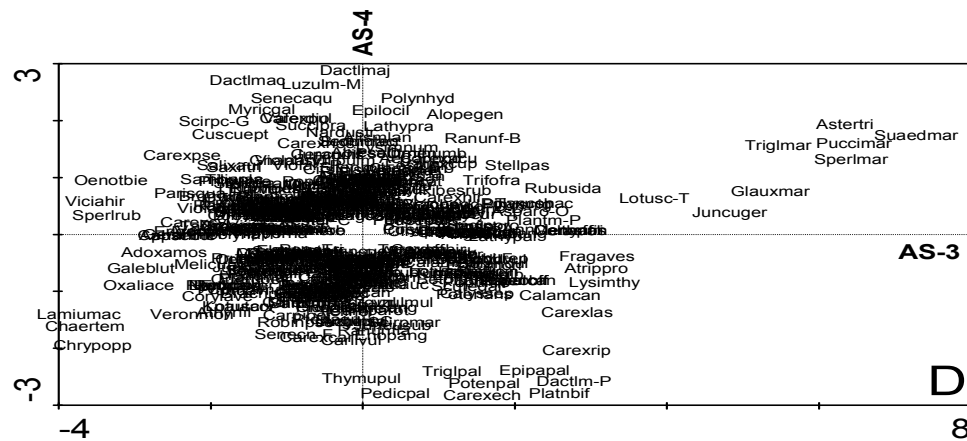


soorten met >8% VV

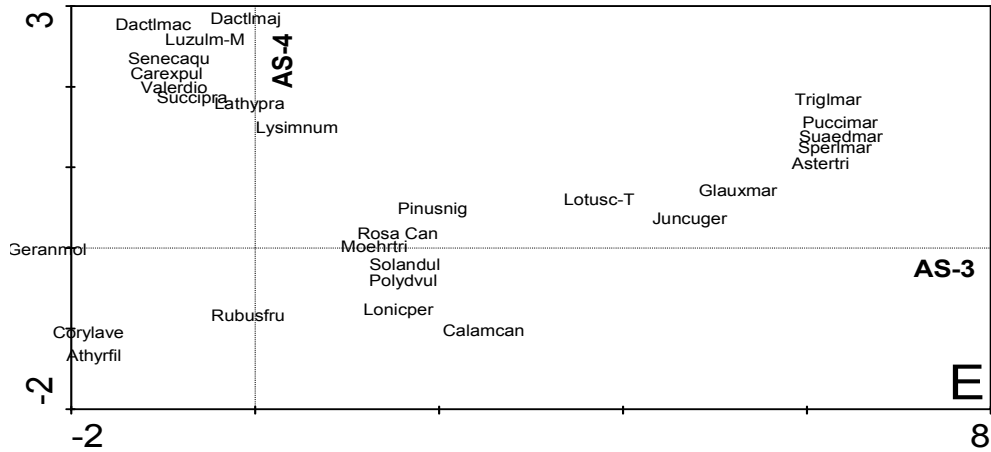
Figuur 3A en 3B



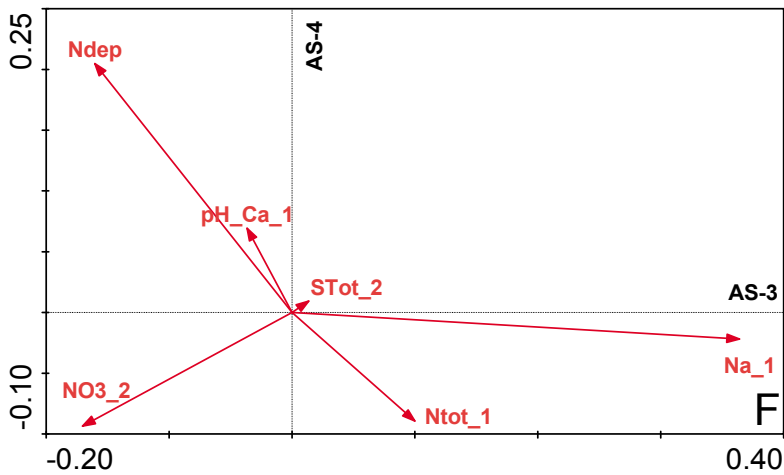
Figuur 3C



Figuur 3D



Figuur 3E



Figuur 3F

Figuur 3: CCA op de  $pq$ 's met bekende bodemchemie. A: eerste tegen tweede as, alle soorten; B: eerste tegen tweede as, soorten waarvoor het model >8% van de variantie verklaart, C: eerste tegen tweede as, verklarende variabelen uit het beperkte model, D: derde tegen vierde as, alle soorten; E: derde tegen vierde as, soorten waarvoor het model >8% van de variantie verklaart, F: derde tegen vierde as, verklarende variabelen uit het beperkte model. Eigenwaarden:  $\lambda_1 = 0.448$ ,  $\lambda_2 = 0.381$ ,  $\lambda_3 = 0.220$ ,  $\lambda_4 = 0.147$ ,  $\Sigma\lambda_{can} = 1.43$ ,  $\Sigma\lambda = 13.059$ , beide plots samen verklaren derhalve 84% van de variantie in de gefitte waarden en 9.2% van de variantie in de data. Figuren A, B en C, resp. D, E en F kunnen in gelijke schaling over elkaar geprojecteerd worden. De projectie van elke soortnaam op elke pijl representeert het optimum van elke soort ten opzichte van de bij die pijl horende variabele, met schaling: oorsprong = gemiddelde, punt van de pijl = gemiddelde plus standaarddeviatie, punt van de pijl gespiegeld ten opzichte van de oorsprong = gemiddelde min standaarddeviatie. Sommige soorten zijn iets verschoven om een leesbare plot te krijgen. Verklaring van de bodemchemische symbolen in Tabel 1, verklaring van de afgekorte soortnamen in Bijlage 5. Aantal plots: 145, aantal soorten: 454, abundanties  $\ln(X+1)$  getransformeerd, zeldzame soorten afgewaardeerd, geen detrending.

Tabel 7: variabele selectie in het beperkte model  
 Restrictie:  $|R| < 0.5$ ,  $P < 0.05$   
 Verdere verklaring als Tabel 6B

Variable	P	F	%VV
pH_Ca_1	0.001	4.83	3.29%
STot_2	0.001	4.25	2.83%
Na_1	0.001	2.45	1.61%
Ndep	0.001	1.74	1.15%
NO3_2	0.001	1.73	1.15%
Ntot_1	0.002	1.46	0.92%
<b>SOM</b>			<b>10.95%</b>

Tabel 8: T-waarden behorende bij de canonische regressiecoëfficiënten van het beperkte model. Let er op dat deze T-waarden niet direct vergelijkbaar zijn met univariate t-waarden omdat canonische coëfficiënten onder de nulhypothese een grotere variantie hebben dan univariate coëfficiënten. Maar er kan vanuit worden gegaan dat er bij absolute waarden groter dan ca. 4 zeker sprake is van een significant effect. De grootste t-waarde per as is **vet** weergegeven.

Variabele	AS-1	AS-2	AS-3	AS-4
pH_Ca_1	<b>-12.0</b>	1.1	-1.8	6.0
Na_1	-1.3	-1.0	<b>10.8</b>	4.9
Ntot_1	0.5	-1.5	-2.6	-3.9
NO3_2	-2.8	-2.7	-4.0	-3.9
STot_2	0.4	<b>-10.7</b>	2.0	-2.3
Ndep	2.8	-1.9	-1.3	<b>12.0</b>
% variantie verklaard van de:				
data	3.4%	2.9%	1.7%	1.1%
gefittede waarden	31.3%	26.6%	15.4%	10.3%

Tabel 9: regressie van de species scores op Ellenberg's indicatorwaarden voor zuurgraad ( $e_R$ ), nutriënten ( $e_N$ ) en zout ( $e_S$ ) per soort. Selectie van soorten met >10% verklaarde variantie in CCA voor AS-1 tot AS-4 (60 soorten), en met >1% voor AX-Ndep (69 soorten). De absolute waarde van elk getal is de significantie van het betreffende effect (0 = n.s., 1 =  $P < 0.05$ , 2 =  $P < 0.01$ , 3 =  $P < 0.001$ ), het teken is het teken van de regressiecoëfficiënt. %VV = percentage verklaarde variantie van het volledige model.

Indicator	AS-1	AS-2	AS-3	AS-4	AS-Ndep
$e_R$	-3	0	0	0	-1
$e_N$	0	0	0	0	1
$e_S$	-1	-2	3	0	0
%VV	48.7%	21.8%	59.9%	5.9%	4.9%

Tabel 10: Variabelen selectie voor de in 2005 bemonstede pq's. A: marginale effecten van alle variabelen (incl. indicatoren voor ozon), B: beperkt model met  $P < 0.05$  en  $|R| < 0.5$ . Aantal pq's: 116, aantal soorten: 431, verder verklaring als in Tabel 6

<b>A</b>		<b>B</b>			
Variable	%VV	Variable	P	F	%VV
STot_1	3.21%	STot_1	0.001	3.71	3.05%
STot_2	3.13%	pH_CaC_1	0.001	3.48	2.76%
pH_Ca_1	3.05%	Na_1	0.001	2.31	1.79%
pH_1	3.05%	NO3_2	0.001	1.65	1.34%
Norg_1	2.97%	<b>SOM</b>			<b>8.94%</b>
pH_2	2.97%				
org_st_1	2.97%				
pH_Ca_2	2.90%				
AOTgem	2.90%				
NH4_1	2.90%				
Ptot_2	2.90%				
Ptot_1	2.90%				
Norg_2	2.90%				
org_st_2	2.82%				
CaEx_2	2.74%				
KTot_1	2.74%				
KTot_2	2.74%				
Ntot_2	2.66%				
K_1	2.66%				
O3gem	2.66%				
FeEx_2	2.58%				
NO3_2	2.58%				
N_C_2	2.58%				
CEC_2	2.50%				
N_C_1	2.50%				
AlEx_2	2.43%				
K_2	2.43%				
N_P_1	2.35%				
CaTot_2	2.35%				
AlTot_1	2.27%				
AlTot_2	2.27%				
Ndep	2.27%				
NO3_1	2.27%				
NH4_2	2.19%				
CaEx_1	2.19%				
N_P_2	2.11%				
KEx_1	2.11%				
CaTot_1	2.11%				
Na_2	2.11%				
MgEx_1	2.03%				
AlEx_1	2.03%				
CEC_1	1.96%				
Na_1	1.96%				
P_1	1.96%				
FeEx_1	1.96%				
P_2	1.10%				

Voor de vierde as (die volgens Tabel 8 staat voor N depositie) is de interpretatie nog lastiger omdat de species scores geen enkele significante relatie hebben met de indicatoren, en er ook geen voor de hand liggende interpretatie is voor de posities van de soorten langs deze as in Figuur 3D en E. Echter, wanneer het effect van N depositie door één as wordt geforceerd is er wel een interpretatie te geven van de posities van de soorten (Tabel 9): deze zijn positief gerelateerd aan e\_N en negatief aan e\_R. Dit komt overeen met het verwachte effect van N depositie: verzuring en eutrofiering. Daarom wordt er hier vanuit gegaan dat het gevonden effect van N depositie inderdaad reëel is.

### ***Variabelenselectie op de data uit 2005***

Een deel van de bovenstaande bewerkingen is apart uitgevoerd voor de in 2005 bemonsterde pq's omdat in die monsters meer bodemchemische bepalingen zijn gedaan (met name de uitwisselbare gehalten, dat wil zeggen verkregen bij extractie met BaCl<sub>2</sub> gebufferd op pH=8.1). Tabel 10 geeft hier van het resultaat. Het blijkt dat de uitwisselbare gehalten doorgaans weinig variantie verklaren; hun marginale effecten zijn laag in vergelijking met andere extracties, en ook de nutriënten die in 2006 niet zijn bepaald (Fe, Mg) verklaren weinig variantie. In het beperkte model (Tabel 10B) komen deze nutriënten en de uitwisselbare gehalten niet voor. Veel van de uitwisselbare gehalten waren zo scheef verdeeld (ook na logaritmeren en/of verwijderen van uitschieters) dat ze überhaupt niet in de analyse konden worden meegenomen; dit geldt voor Na, K, Fe, Mn, Mg, en ook voor de totaalgehalten aan Fe en voor de BC / Al ratio. Geconcludeerd kan worden dat door de vereenvoudigde analyse in 2006 waarschijnlijk geen essentiële informatie is verloren gegaan.

## **3.5 Relatie tussen biomassa en bodem- en atmosferische chemie**

De variabelenselectie met de gesommeerde bedekking over alle lagen als afhankelijke variabele blijkt een zeer eenvoudig model op te leveren met een significant effect van indicatoren voor pH, N en P, en 10% verklaarde variantie (Tabel 11; bedenk dat het hier om univariate analyse gaat en 10% verklaarde variantie dus erg weinig is). Met andere afhankelijke variabelen (gesommeerde bedekking x hoogte per laag, of alleen de kruidlaag) wordt dit niet wezenlijk anders. Geconcludeerd moet worden dat ofwel de gesommeerde bedekking een slechte schatter is voor de biomassa, ofwel dat de biomassa weinig relatie heeft met de milieuocondities zoals hier geschat.

*Tabel 11: regressie van de gesommeerde bedekking op alle variabelen uit Tabel 6A: resultaat van achterwaartse selectie met als criteria  $P < 0.05$  en  $|R| < 0.5$ . De absolute waarde van elk getal is de significantie van het betreffende effect (1 =  $P < 0.05$ , 2 =  $P < 0.01$ ), het teken is het teken van de regressiecoëfficiënt. %VV = percentage verklaarde variantie dat uniek aan elke term is toe te schrijven. De vochtindicator is als covariabele gebruikt.*

<b>Term</b>	<b>Sign</b>	<b>%VV</b>
NH4_1	2	3.9
pH_Ca_2	1	2.6
P_2	1	2.9
onbepaald		0.6
TOTAAL		10

## **3.6 Effect van mineralisatie**

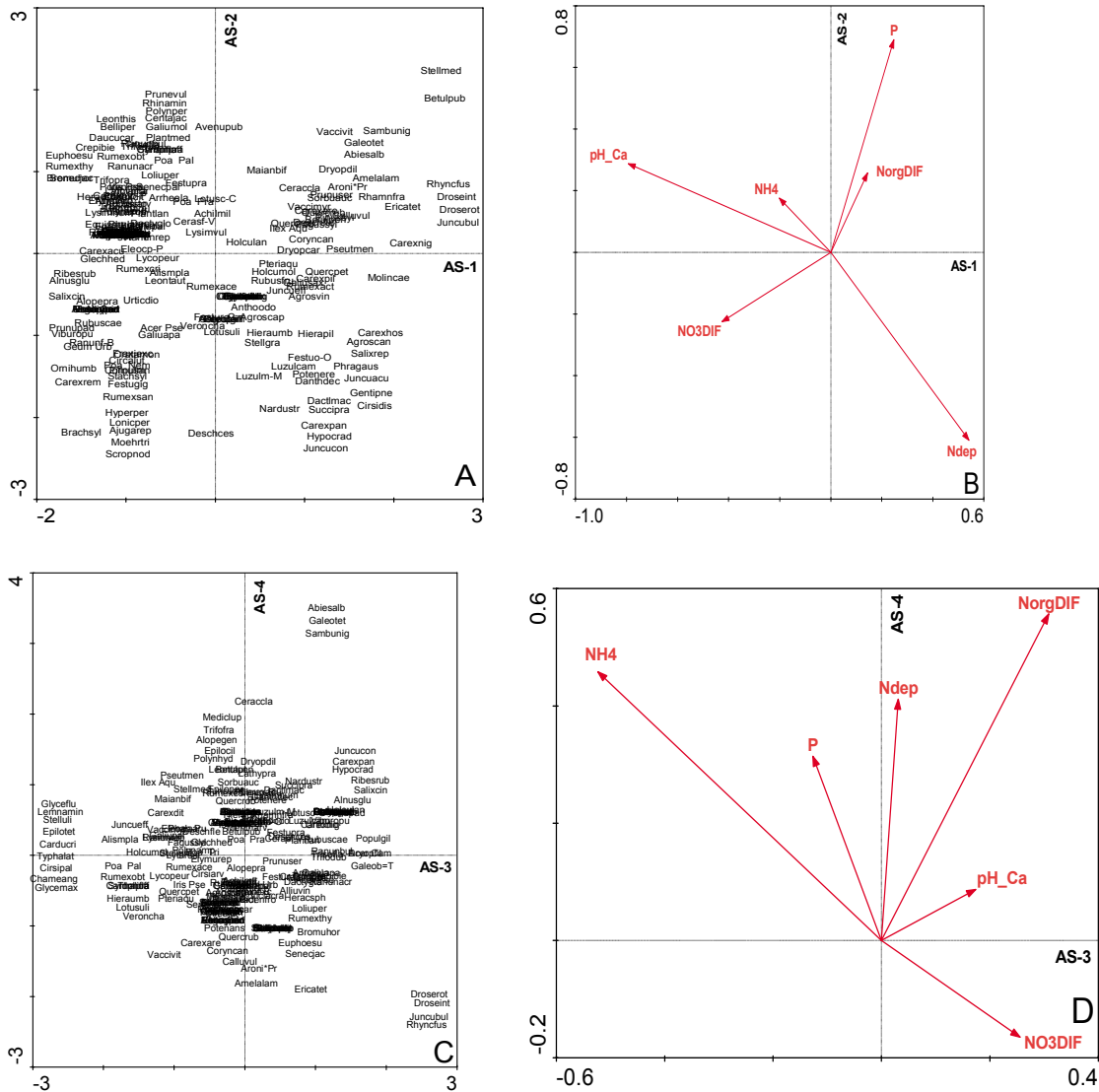
De analyse is op dezelfde wijze gedaan als in 3.4, maar dan alleen op de pq's die in 2006 bemonsterd waren. De chemische data zijn identiek aan die uit 2005, maar met de mineralisatie als 'extra' variabelen. Bovendien heeft in 2006 bemonstering slechts in één laag plaatsgevonden (namelijk 0 - 10 cm = de diepte van het buisje). Mineralisatie is bepaald voor NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, extraheerbaar N-organisch, N-totaal (= NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub>) en PO<sub>4</sub> (Tabel 1). Er zijn 29 pq's met

bekende mineralisatie; vanwege het geringe aantal pq's (en de beperkte heterogeniteit in deze data) is geen weging van de soorten toegepast. Tabel 12 geeft het resultaat van de analyse. Het blijkt dat mineralisatie niet veel meer variantie verklaart dan de eenmalig gemeten concentraties, in dit geval van NH<sub>4</sub> en PO<sub>4</sub>. De marginale effecten van mineralisatie zijn zelfs kleiner dan die van vrijwel alle andere variabelen (Tabel 12A). Opnieuw is pH de belangrijkste verklarende variabele, in de voorwaartse selectie gevolgd door de twee bovengenoemde nutriënten. Het effect van de mineralisatie van NO<sub>3</sub>, N-organisch en N-depositie is feitelijk niet significant ( $P > 0.05$ ) maar was dat wellicht wel geweest bij een groter aantal waarnemingen en daarom zijn deze termen wel in het model opgenomen. Figuur 4 geeft de bij dit model behorend biplots. Opnieuw wordt de eerste as geheel door pH bepaald, maar de interpretatie van de andere assen is lastig. Blijkens de canonische t-waarden (niet weergegeven) worden de tweede as voornamelijk bepaald door PO<sub>4</sub>, de derde door NH<sub>4</sub> en de vierde door N-depositie, maar dit beeld wordt niet bevestigd door een analyse op de relatie tussen species scores en Ellenbergwaarden (niet weergegeven), die geen significantie oplevert behalve natuurlijk tussen e\_R en de eerste as. Wel is opvallend dat soorten die geacht worden toe te nemen door N-depositie hoog scoren op de vierde as (*Ceratocarpus claviculata*, *Sambucus nigra*, *Galeopsis tetrahit*) terwijl de heidesoorten die geacht worden af te nemen door N-depositie hier laag scoren (*Calluna vulgaris*, *Erica tetralix*, *Drosera* spp.).

Tabel 12: variabelenselectie op de data uit 2006. DIF = mineralisatie. A: marginale effecten van alle variabelen excl. ozon, B: beperkt model met  $|R| < 0.5$  en  $P < 0.15$ . Aantal plots: 29, aantal soorten: 215, verdere verklaring zie Tabel 6. Het hoge percentage verklaarde variantie van het volledige model wordt veroorzaakt door het aantal verklarende variabelen (24) dat bijna even groot is als het aantal plots (29).

Tabel 12A	
Variable	%VV
pH_Ca	8.05%
pH	7.94%
P_C	7.62%
CaTot	7.62%
Na	7.18%
N_C	7.07%
KTot	7.07%
Ptot	6.64%
STot	6.53%
AlTot	6.31%
Ndep	6.09%
NH4_NO3_	5.88%
NO3	5.66%
Ntot	5.44%
K	5.33%
Norg	5.33%
P	5.22%
NO3DIF	4.79%
NH4DIF	4.79%
NH4	4.57%
org_st	4.35%
NorgDIF	4.13%
PO4DIF	3.59%
NtotDIF	3.48%
<b>TOTAAL</b>	<b>91.97%</b>

Tabel 12B			
Variable	P	F	%VV
pH_Ca	0.001	2.27	8.05%
P	0.007	1.49	5.11%
NH4	0.03	1.37	4.68%
NorgDIF	0.094	1.28	4.35%
NO3DIF	0.113	1.23	4.13%
Ndep	0.142	1.25	4.13%
<b>SOM</b>			<b>30.46%</b>



Figuur 4: CCA op de pq's met bekende mineralisatie. A: eerste tegen tweede as, alle soorten; B: eerste tegen tweede as, verklarende variabelen uit het model van Tabel 12; C derde tegen vierde as, alle soorten; D derde tegen vierde as, verklarende variabelen uit het model van Tabel 12. Eigenwaarden:  $\lambda_1 = 0.799$ ,  $\lambda_2 = 0.542$ ,  $\lambda_3 = 0.425$ ,  $\lambda_4 = 0.372$ ,  $\Sigma\lambda_{can} = 2.802$ ,  $\Sigma\lambda = 9.191$ , beide plots samen verklaren derhalve 76% van de variantie in de gefitte waarden en 23% van de variantie in de data. Verklaring van de plot als Figuur 3, verklaring van de bodemchemische symbolen in Tabel 1 (-DIF = mineralisatie), verklaring van de afgekorte soortnamen in Bijlage 5. Aantal plots: 29, aantal soorten: 215, abundanties  $\ln(X+1)$  getransformeerd, geen weging van soorten, geen detrending.

### 3.7 Analyse van de veranderingen

Van de pq's waarvan de bodem bemonsterd is, zijn er 56 die tweemaal zijn opgenomen. Op deze pq's is het in 2.7 beschreven 'veranderingsmodel' toegepast om de verandering in abiotische variabelen terug te schatten uit de veranderingen in de vegetatie. Dit punt is niet zo ver uitgewerkt omdat uit eerdere analyses reeds bleek dat bijna alle veranderingen statistisch niet significant zijn. Eerst is het 'beperkte' model uit 3.4 toegepast op deze selectie van opnamen (dus twee per pq, met dezelfde bodemchemische waarden toegekend aan beide opnamen van elk pq). Hierbij is een weging voor soorten toegepast identiek aan die in 3.4 (dus



met afwaardering van de zeldzame soorten evenredig aan hun frequentie in alle 145 bemonsterde plots, waarbij soorten die alleen in de eerste opname gevonden zijn een gewicht nul hebben gekregen). Aan dit model is de tijd toegevoegd, als nul voor de eerste opname, en het aantal jaren dat verstreken is tussen beide opnamen, voor de tweede opname. Tabel 13 geeft het resultaat van deze analyse. Die zes variabelen uit het 'beperkte' model hebben ook in deze selectie een zeer significant effect, maar het effect van tijd is volkomen onsignificant. Als voorbeeld van wat mogelijk is geeft Tabel 14 het resultaat van het veranderingsmodel voor enkele variabelen.

Tabel 13: conditionele effecten van de variabelen uit het 'beperkte' model (Tabel 7), plus het aantal jaren verstreken sinds de eerste opname (deltaT), voor de pqs die zijn bemonsterd EN tweemaal opgenomen. Aantal pq's: 56 (dus aantal records: 112), aantal soorten: 332, verdere verklaring zie Tabel 6B.

Variable	P	F	%W
pH_Ca_1	0.001	6.51	5.65%
Ndep	0.001	3.73	3.11%
Na_1	0.001	3.76	3.11%
Ntot_1	0.001	2.96	2.43%
NO3_2	0.001	2.13	1.65%
STot_2	0.001	2.01	1.65%
deltaT	1.000	0.41	0.29%
<b>SOM</b>			<b>17.91%</b>

Tabel 14: veranderingsmodel toegepast op vier variabelen uit het 'beperkte' model. Het model is dat van vergelijking (6), met steeds één bodemchemische variabele, en de tijd (in jaren) tussen beide opnamen als verklarende variabelen (dus zonder de 'in de tijd constante variabelen'). De laatste kolom geeft de teruggeschatte procentuele verandering per variabele (deze is in alle gevallen niet significant).

Variabele	RC	STD	RC / STD	b	Xgem	Delta%
bron	uit CANOCO	uit CANOCO	in oorspronke- lijke schaling*	uit verg (4) en (7)	uit CANOCO	= b / Xgem
pH_Ca_1	1.1251	1.6384	0.6867	0.0047	4.8611	0.10%
deltaT	0.0063	1.9369	0.0033			
Ndep	0.8287	729.6389	0.0011	-0.5455	2189.5900	-0.02%
deltaT	-0.0012	1.9369	-0.0006			
NO3_2	0.5454	0.8760	0.6226	0.0240	0.8746	2.75%
deltaT	0.029	1.9369	0.0150			

RC = regressiecoëfficiënt

STD = standaarddeviatie

\* deze bewerking is nodig om de door CANOCO toegepaste standaardisatie te verwijderen



## 4 Discussie

Het primaire doel van dit onderzoek was het verkleinen van de onzekerheid in de op grond van de vegetatie terugvoorspelde milieuocondities. Doorgaans wordt de relatie tussen vegetatie en milieu beschreven met een 'drie-', 'vier-' of 'vijf-factoren model', waarbij zuurgraad, waterstand, voedselrijkdom, en eventueel zout en beheer als de meest bepalende condities worden gezien. Om te bepalen in hoeverre deze condities inderdaad kunnen worden terugvoerspeld uit de vegetatie op de LMF-plots, kunnen de huidige resultaten op twee manieren worden bekeken:

- zonder dat de milieuocondities bekend zijn, dus op grond van de DCA-analyse;
- op basis van de gemeten milieuocondities, dus op grond van de CCA-analyse.

Beide benaderingen blijken tot een vergelijkbaar beeld te leiden. A priori kan gesteld worden dat wanneer alle soorten sterk op een bepaalde milieufactor reageren, dat wil zeggen ze komen uitsluitend voor bij een bepaalde waarde van die factor, ongeacht de waarde van andere factoren, deze factor sterk bepalend zal worden voor één as in de DCA-analyse. Immers, deze factor bepaalt dan welke soorten samen kunnen voorkomen, en daarmee de soortensamenstelling van de pq's. De DCA-analyse geeft zelf geen aanwijzingen over de aard van deze factor, maar indirect kan die wel worden afgeleid door de positie van de soorten in het plot in verband te brengen met expertkennis of in andere projecten gemeten responsies. Als die ene, sterk bepalende factor ook is gemeten, zal dat in de CCA-analyse leiden tot een hoog percentage verklaarde variantie, en wederom één as die sterk door deze factor wordt bepaald. Bedenk dat in DCA de waarden op elke as bepaald worden door de abundanties van de soorten, en in CCA door de gefitte waarden van die abundanties op de verklarende variabelen. Maar als het verband sterk is, is het verschil tussen de data en de gefitte waarden klein, en daarmee ook het verschil tussen het DCA- en het CCA-plot. Een duidelijk voordeel van CCA boven DCA is dat die bepalende factor dan direct kan worden afgeleid.

In de praktijk is de situatie meestal ingewikkelder dan hierboven geschetst. De oorzaak daarvan is vooral dat de milieuocondities onderling gecorreleerd zijn, en dat er interacties kunnen optreden. Die onderlinge correlatie kan duidelijk gemaakt worden aan de hand van een eenvoudig voorbeeld: zuurgraad en voedselrijkdom. In Nederland gaat een hoge zuurgraad bijna altijd samen met een hoge voedselrijkdom; de combinatie basisch en voedselarm komt alleen voor in de kalkrijke duinen en in kalkgraslanden. Evenzo komt een hoge zoutinvloed eigenlijk alleen voor in kwelders, die van nature een hoge pH en een hoge voedselrijkdom hebben. Bij interactie hangt het effect van één milieufactor af van de waarde van een ander. Uitwisselbaarheid is hiervan een bekend voorbeeld: een soort wordt minder kritisch op een milieufactor als alle andere een gunstige waarde hebben. Interactie is in dit project niet onderzocht, onderlinge correlatie wel.

De hierboven geschetste situatie van één sterk overheersende factor geldt in het LMF vooral voor pH. Deze factor bepaalt zowel in DCA als in CCA de eerste (meest belangrijke) as, en verklaart in CCA meer variantie dan alle andere variabelen. In de DCA-analyse is vooral opvallend dat  $w_R$  (de geschatte pH, gebaseerd op metingen) zeer sterk is gecorreleerd met de eerste as ( $R = -0.93$ ) en vrijwel geen correlatie heeft met de andere assen.  $e_R$  (de geschatte pH, gebaseerd op expertkennis) is minder sterk gecorreleerd met de eerste as en sterker met de andere assen (Tabel 2). Onder de aanname dat  $w_R$  een betere schatting geeft voor de werkelijke pH dan  $e_R$  (zie Wamelink *et al.*, 2005) geldt voor pH dus bijna de hierboven geschetste ideale situatie van één zeer sterk overheersende factor. Terugschatting

van de pH op grond van de vegetatie moet derhalve ook met betrekkelijk grote nauwkeurigheid mogelijk zijn, hetgeen conclusies van Wamelink *et al.* (2005) bevestigt.

Voor de andere factoren is de relatie met de vegetatie minder eenduidig. In de DCA-plot wordt de tweede as duidelijk door vocht bepaald, en de derde door beheer. Maar op de derde as speelt ook vocht een rol (lage waarde: bos, droog; hoge waarde: heide, nat). Dit wordt wellicht ook veroorzaakt door correlatie tussen vocht en beheer: moerasbos komt in Nederland weinig voor. De vierde as staat weer eenduidig voor zoutinvloed. De correlatie van de eerste as met de Ellenberg indicatiewaarden (Tabel 2) kan goed dienen als voorbeeld van hoe de resultaten worden beïnvloed door de onderlinge correlatie tussen milieufactoren. Door de negatieve correlatie met zuurgraad ontstaat er ook een negatieve correlatie met voedselrijkdom (want de combinaties voedselarm en basisch, en voedselrijk en zuur komen maar weinig voor), en ook een negatieve correlatie met zout (want kwelders hebben altijd een hoge zuurgraad). De negatieve correlatie met licht moet waarschijnlijk verklaard worden uit het feit dat verreweg het meeste bos in Nederland voorkomt op zure grond. Voor de tweede as is het waarschijnlijk zo dat de correlaties met zuur en nutriënten (Tabel 2) ook een indirect gevolg zijn van het feit dat extreem droge situaties in Nederland bijna altijd ook extreem zuur en voedselarm zijn (bij voorbeeld stuifzand, vergelijk Figuur 2A).

In de CCA-plot is de interpretatie van de tweede en hogere assen anders dan in de DCA-plot. Dit komt in de eerste plaats doordat er geen metingen zijn van de factoren vocht en beheer, die in DCA de tweede resp. de derde as bepalen. Belangrijk is dat in de CCA-analyse het effect van vocht bij voorbaat is verwijderd via de relatie met de vochtindicatiegetallen ( $ww_F$ , aangevuld met  $e_F$ ), en dat daarom een relatie tussen een van de assen en een vochtindicator alleen op indirecte wijze (bij voorbeeld via correlatie tussen milieufactoren onderling) tot stand kan komen. Daarom zijn de vochtindicatoren niet bij de interpretatie gebruikt. De derde CCA-as representeert het effect van zout, blijkens zowel de hoge T-waarde voor Na (Tabel 8) als de relatie met  $e_S$  (Tabel 9). De vierde as representeert het effect van N-depositie blijkens de hoge T-waarde (Tabel 9), en hoewel dit niet direct in de soorten tot uiting komt, is dat wel het geval als het effect van N-depositie door één as wordt geforceerd (Tabel 9).

De interpretatie van de tweede CCA-as is lastig. Blijkens de T-waarde (Tabel 8) wordt deze as vooral bepaald door het totaal zwavelgehalte. Dit wordt in zekere zin ook bevestigd door de soorten (Tabel 9), die vooral een toename van de zoutindicator laten zien bij toenemend zwavelgehalte (zeewater is een belangrijke bron van sulfaat). Uit de plot (Figuur 3A en B) ontstaat de indruk dat 'voedselrijke' soorten vooral een lage score op deze as hebben, en 'voedselarme' een hoge, hoewel dit niet wordt bevestigd door de analyse van de Ellenbergwaarden in Tabel 9. Ook het door één as forceren van het effect van zwavel (hier niet weergegeven) leidt niet tot een eenduidige interpretatie van dit effect (zoals wel het geval was voor N-depositie). Uit de ladingen van de milieufactoren op de tweede as (Figuur 3C) blijkt dat naast zwavel feitelijk alle indicatoren voor voedselrijkdom toenemen bij lagere waarden op deze as, hoewel blijkens de canonische T-waarden (Tabel 8) die relatie niet of maar net significant is. Onderlinge correlatie tussen de milieufactoren kan in dit geval geen verklaring zijn voor dit patroon omdat de selectie van variabelen zodanig heeft plaatsgevonden dat die correlatie laag is. Uitwisselbaarheid van milieufactoren kan die verklaring wel zijn maar dat is hier niet onderzocht (en daarvoor is waarschijnlijk ook het aantal waarnemingen te klein). Daarom moet geconcludeerd worden dat het effect van zwavel feitelijk onbegrepen is.

Merkwaardig is dat geen van beide analyses één eenduidig aan voedselrijkdom toe te schrijven as opleverde. Dit betekent niet dat er geen effect van voedselrijkdom is, maar dit effect lijkt altijd parallel te lopen aan het effect van andere milieufactoren. De oorzaak van dit verschijnsel kan zowel correlatie zijn, als interactie. Dat er een reëel effect van voedselrijkdom

is blijkt uit de variabelen selecties in CCA: in het beperkte model wordt 29% van de variantie in de gefitte waarden verklaard door indicatoren voor voedselrijkdom, in het significante model zelf 66%. Maar dit effect komt nergens duidelijk in de posities van de soorten tot uiting (vergelijk Tabel 9). In de DCA-analyse hebben bijna alle assen een sterk verband met  $e_N$ , maar bij nadere beschouwing lijkt voedselrijkdom toch niet de 'master'factor voor deze as te zijn. Ook een analyse van de relatie tussen de posities van de soorten en hun indicatorwaarden (hier niet weergegeven maar vergelijkbaar met Tabel 9 voor de CCA-analyse) leidt niet tot eenduidige conclusies met betrekking tot voedselrijkdom.

Het lijkt of de indicator voor voedselrijkdom die binnen een bepaalde dataset de beste voorspellende waarde heeft voor de vegetatie, per dataset verschillend is. Dit geldt in de huidige analyse bij voorbeeld voor de in 2005 en de in 2006 bemonsterde plots: in 2005 is  $NO_3_2$  de beste voorspeller (Tabel 10), in 2006 zijn dit P en  $NH_4$  (Tabel 12). In een vergelijkbare analyse van bosopnamen door Van Dobben *et al.* (2008) waren in één (Europese) dataset N/C en K de beste voorspeller, in een andere (Nederlandse) P/C en  $NH_4$ . Ter vergelijking: ook in deze beide datasets was pH de belangrijkste voorspeller voor de vegetatie. De mogelijkheid dat er sterker effect van voedselrijkdom op de biomassa is dan op de soortensamenstelling kon slechts bij benadering worden onderzocht omdat er geen directe metingen van biomassa zijn, maar is niet erg waarschijnlijk; het (via de gesommeerde) bedekking geschatte effect op de biomassa lijkt erg op dat op de soortensamenstelling (Tabel 11). Ook hier moet geconcludeerd worden dat het effect van nutriënten feitelijk onbegrepen is.

Gezien het bovenstaande is het des te merkwaardiger dat er wel een eenduidig effect van N depositie lijkt te zijn. Dit effect komt tot uiting langs de vierde as van de CCA-analyse, en wordt daar niet bevestigd door de indicatorwaarden van de soorten, maar wel wanneer N depositie door één as wordt geforceerd. Als dit effect inderdaad reëel is wijst dit op bovengrondse opname van N uit de atmosfeer. Immers, als het effect via de bodem tot stand zou komen, zou dit ook zichtbaar moeten zijn aan de  $NO_3^-$  of  $NH_4$ -gehalten. Maar omdat N-depositie een significant effect heeft in een multiple regressie model waar  $NO_3^-$  en N-totaal ook in zitten lijkt het er op dat N depositie en N in de bodem elk hun eigen effect op de vegetatie hebben (dit blijkt uit Tabel 7 maar dat is niet helemaal eerlijk omdat in de voorwaartse selectie  $NO_3^-$  en N-totaal pas worden opgenomen na N depositie, en het daarom in principe mogelijk is dat N depositie zijn significantie verliest door het opnemen van termen voor N in de bodem. Maar dat dat niet het geval is blijkt bij het forceren van N depositie door één as, waarbij een controle uitgevoerd is op de significantie van deze as, die hoog blijkt te zijn [ $P < 0.001$ ]).

In de literatuur wordt vaak beweerd dat ratio's tussen elementen bepalender zijn voor het effect op de vegetatie dan de gehalten zelf. Dit geldt voor C/N, C/P,  $NH_4/NO_3$  en BC (=basische kationen)/Al (zie bij voorbeeld Sverdrup *et al.*, 1992; Posch *et al.*, 1997; Kleijn *et al.*, 2008). Daarom zijn deze ratio's ook hier meegenomen als verklarende variabelen (C/N en C/P geïnverteerd om de vergelijking met andere indicatoren voor voedselrijkdom te vergemakkelijken). Van de ratio's blijken echter alleen C/N en C/P in de modellen terecht te komen.  $NH_4/NO_3$  verklaart nooit meer variantie dan andere indicatoren voor voedselrijkdom en BC/Al is zo scheef verdeeld dat er weinig mee aan te vangen is. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat BC/Al hier bepaald is zonder Mg wat meestal wel gebeurt. Bovenstaande conclusies werden ook getrokken door Van Dobben *et al.* (2008) op basis van andere datasets.

Terugkerend naar de doelstellingen van dit project en van het LMF in het algemeen kan het volgende geconcludeerd worden:

1. met betrekking tot het schatten van milieuocondities op grond van de vegetatie:

- voor **pH** is deze schatting met een redelijke nauwkeurigheid mogelijk. Dit bevestigt de conclusie van Wamelink *et al.* (2005).
  - voor **waterstand** geldt het bovenstaande waarschijnlijk ook (Wamelink *et al.*, 2007 en [www.abiotic.wur.nl](http://www.abiotic.wur.nl)) maar dat kan niet geconcludeerd worden op grond van de huidige data omdat daar geen metingen van waterstand in zitten.
  - **voedselrijkdom** is een probleem. De analyse van de huidige data toont duidelijk het belang van voedselrijkdom voor de vegetatie aan (en bevestigt daarin alle voorgaand onderzoek), maar geeft geen sleutel om de voedselrijkdom terug te schatten uit de vegetatie. Bovendien is het effect van zwavel onbegrepen.
  - de aanwezigheid van **zout** is goed te schatten aan de hand van de vegetatie. Maar die conclusie is niet verbazend omdat zoutvegetatie sterk afwijkt van andere vegetatie.
  - het **effect van N-depositie** komt duidelijk in de vegetatie tot uiting, maar terugschatting van de depositie op grond van de vegetatie (zoals mogelijk is korstmossen, Van Herk, 1999) is alleen mogelijk na correctie voor gemeten milieucondities (in elk geval S en N in de bodem, cf. Tabel 7) en heeft - gezien het lage percentage verklaarde variantie - in elk geval een grote onzekerheid.
2. met betrekking tot de veranderingen in de vegetatie en het toeschrijven daarvan aan veranderingen in milieucondities (doelstelling 1 van het LMF):
- de veranderingen tussen de eerste en de laatste opname die eind 2005 beschikbaar waren, waren zo klein dat zij nooit significant waren;
  - in principe is het mogelijk om veranderingen in de vegetatie te relateren aan veranderingen in milieucondities. Dit is in andere studies aangetoond, en de daar gebruikte methode is zonder meer toepasbaar op het LMF. Toepassing op de huidige data leidde niet tot significantie, hetgeen gezien de vorige conclusie niet verwonderlijk is. Maar over een langer tijdsinterval kunnen de veranderingen groter worden en wel significant worden. In dat geval kan het ook mogelijk worden veranderingen in de vegetatie toe te schrijven aan veranderingen in N-depositie, of N-depositie als mogelijke oorzaak af te wegen tegen andere veranderingen (bij voorbeeld voortgaande ontzuring na de afname van SO<sub>2</sub>).

## Literatuur

- Dobben van, H.F., Slim, P.A. 2005. Evaluation of changes in permanent plots in the dunes and upper salt marsh at Ameland East: ecological effects of gas extraction. Pages 1-36 in Begeleidingscommissie Monitoring Bodemdaling Ameland: *Monitoring effecten van bodemdaling op Ameland-Oost*.
- Dobben van, H.F., Dueck, T., de Vries, W. 2008. Schatting van milieustress in vegetatie meetnetten: koppeling van Nederlandse aan internationale meetnetten. Alterra-rapport 1628, 40 p.
- Ellenberg, H. 1991. Zeigerwerte der Gefäszpflanzen (ohne Rubus). Scripta Geobotanica 18:9-166.
- Eysink, W.D., Dijkema, K.S., van Dobben, H.F., Slim, P.A., Smit, C.J., Sanders, M.E., Schouwenberg, E.P.A.G., Wiertz, J., de Vlas, J. 2000. Monitoring effecten bodemdaling op Ameland-Oost: evaluatie na 13 jaar gaswinning. Rapport Alterra / WLIDelft Hydraulics, 35 p. + 2 CD's.
- Gies, T.J.A., Bleeker, A. 2004. Grondgebonden veehouderij in relatie tot ammoniakdepositie; een verkennende studie naar de bijdrage van de grondgebonden veehouderijbedrijven aan de depositie op vogel- en habitatrichtlijngebieden. Alterra rapport 651, 44 p.
- Herk van, C.M. 1999. Mapping of ammonia pollution with epiphytic lichens in the Netherlands. Lichenologist 31: 9-20.
- Hertog, A.J., Rijken, M. 1996. Geautomatiseerde bepaling van natuurbehoudswaarde in vegetatie-opnamen. Rapport provincie Gelderland.
- Kleijn, D, Bekker, R.M., Bobbink, R., De Graaf, M.C.C., Roelofs, J.G.M. 2008. In search for key biogeochemical factors affecting plantspecies persistence in heathland and acidic grasslands: a comparison of common and rare species. Journal of Applied Ecology 45:680-687.
- Peijl van der, M.J., Gremen, N.J.M., van Tongeren, O.F.R., de Heer, M. 2000. Ontwerp Landelijk Meetnet Flora - Milieu & Natuurkwaliteit (LMF - M&N). RIVM Rapport 718101001, 76 p.
- Posch, M., Hettelingh, J.P., De Smet, P.A.M., 1997. Calculation and Mapping of Critical Thresholds in Europe: Status Report 1997. RIVM, Bilthoven.
- Schaffers, A.P. 2000. Ecology of roadside communities. Diss. Wageningen , 303 p.
- Sverdrup, H., Warfvinge, P., Rosén, K. 1992. A model for the impact of soil solution calcium-aluminum ratio, soil moisture and temperature on tree base cation uptake. Water Air Soil Pollution 61:365-384.
- Wamelink, G.W.W., Goedhart, P.W., van Dobben, H.F., Berendse, F. 2005. Plant species as predictors of soil pH: replacing expert judgment with measurements. Journal of Vegetation Science 16:461-470
- Wamelink, G.W.W., Goedhart, P.W., Frissel, J.Y., Wegman, R.M.A., Slim, P.A., van Dobben, H.F. 2007. Response curves for plant species and vegetation types. Alterra rapport 1489, 20 p.
- Wamelink, G.W.W., Joosten, V., van Dobben, H.F., Berendse, F. 2002. Validity of Ellenberg indicator values judged from physico-chemical measurements. Journal of Vegetation Science 13:269-278.





## Bijlage 1 Details monsternamen

*A, in 2005; B, in 2006.*

*Begroeiingstypen: AG, agrarisch; DU, duin; HD, heide; LB, loofbos; MR, moeras; NB, naaldbos; OG, grasland.*

### Bijlage 1A

Monsternummer	PQ	Begroeiingstype	Locatie	X	Y	Datum	Aantal lagen	Diepte laag-1 (cm)	Diepte laag-2 (cm)
60685	GL3578	?	Ginkelse Heide	178.230	450.190	06jul-05	1	0-10	
60690	GL4085	MR	Bovenste polder onder Wageningen	175.141	441.519	06jul-05	1	0-10	
61107	GL1925	OG	Bennek ommer meent	169.261	446.488	06jul-05	2	0-10	10-20
61503	GL3045	AG	Het Binnenveld	170.915	444.620	06jul-05	1	0-10	
61570	GL1024	OG	Oosterenk, Renkum	178.660	444.872	06jul-05	1	0-10	
61500	GL0393	OG	Allernskamp	166.947	452.188	13jul-05	1	0-10	
70009	UT0009	MR	De Hel	168.330	446.900	13jul-05	2	0-10	10-20
70048	UT0048	OG	Groot Zandbrink	161.150	459.870	13jul-05	1	0-10	
70081	UT0084	AG	Emminkhuizen	165.390	451.490	13jul-05	1	0-10	
70314	UT0318	OG	Daatselaar	166.580	455.324	13jul-05	2	0-10	10-20
60664	GL2551	OG	Blauwe Kamer	170.882	439.999	16jul-05	1	0-10	
70150	UT0154	HD	Leersumse Veld	158.070	450.060	16jul-05	1	0-10	
70363	UT0367	MR	Amerongse Bovenpolder	158.400	444.620	16jul-05	1	0-10	
60594	GL4072	OG	Boswachterij Ugchelen Hoenderloo	188.334	461.344	20jul-05	1	0-10	
60754	GL3195	HD	Kootwijkse Veld	176.977	466.476	20jul-05	1	0-10	
61085	GL4226	HD	De Wapenberg	191.185	464.878	20jul-05	1	0-10	
70199	UT0203	OG	Egelmeer	163.162	447.350	26jul-05	1	0-10	
70211	UT0215	OG	Amerongse Bovenpolder	160.730	445.450	26jul-05	1	0-10	
70352	UT0356	OG	Valleikanaal Woudenberg	159.670	454.875	26jul-05	1	0-10	
61065	GL3482	?	Malink	193.365	476.725	29jul-05	1	0-10	
60045	GL3163	HD	Deelerwoud	190.246	453.912	08-aug-05	2	8-0	0-10
60047	GL3166	HD	Deelerwoud Kleine Heide	191.768	454.698	08-aug-05	2	5-0	0-10
60396	GL0090	NB	Deelerwoud	193.102	455.288	08-aug-05	2	3-0	0-10
60881	GL4152	NB	Deelerwoud	189.206	453.459	08-aug-05	2	5-0	0-10
60784	GL0191	HD	Planken Wambuis	183.048	450.515	09-aug-05	1	0-10	
60852	GL4137	OG	Planken Wambuis	181.648	450.657	09-aug-05	1	0-10	
60854	GL3992	NB	Planken Wambuis	180.434	453.940	09-aug-05	2	(A0) 4-0	(A1) 0-5
60855	GL4139	NB	Planken Wambuis	180.148	451.891	09-aug-05	2	5-0	(A1) 0-5
60858	GL3864	HD	Planken Wambuis	182.434	450.471	09-aug-05	1	0-10	
120009	L10090	LB	Savelsbos	180.876	311.176	23-aug-05	1	0-10	
120022	L102201	LB	Gerendal	188.007	316.109	23-aug-05	1	0-10	
120272	L137302	LB	Savelsbos	180.558	313.734	23-aug-05	1	0-10	
120295	L139602	AG	Savelsbos	180.424	315.561	23-aug-05	1	0-10	
120296	L139702	LB	Savelsbos	180.449	315.350	23-aug-05	1	0-10	
120319	L142002	LB	Savelsbos	180.208	312.397	23-aug-05	1	0-10	
120336	L143702	LB	Savelsbos	181.708	314.799	23-aug-05	1	0-10	
120018	L101801	OG	Sint Pietersberg	175.912	316.022	24-aug-05	1	0-10	
120108	L111501	NB	Brunsummerheide	197.502	327.412	24-aug-05	2	0-5	5-10
120111	L111801	OG	Op den Hering	198.934	332.683	24-aug-05	1	0-10	
120204	L130502	LB	Imstnradenbos	197.129	318.740	24-aug-05	2	0-5	5-10
120222	L132302	LB	Kelmonderbos	183.662	326.689	24-aug-05	1	0-10	
120261	L136202	HD	Brunsummerheide	198.048	326.566	24-aug-05	1	0-10	
120098	L110501	OG	Wijlenerbos	194.608	309.509	29-aug-05	2	0-5	5-10
120099	L110601	OG	Kunderberg	195.162	319.696	29-aug-05	1	0-10	
120219	L132002	OG	Wrakelberg	192.630	317.846	29-aug-05	1	0-10	
120221	L132202	OG	Fromberg	190.981	317.252	29-aug-05	1	0-10	
120444	L155202	LB	Schimperbos	197.160	307.386	29-aug-05	2	0-5	5-10
120447	L155502	LB	Malensbos	196.875	308.563	29-aug-05	1	0-10	
120448	L155602	LB	Malensbos	196.699	307.827	29-aug-05	2	0-5	5-10
120449	L155702	LB	Malensbos	197.000	308.000	29-aug-05	1	0-10	
120452	L156002	LB	Preusbos	199.184	308.197	29-aug-05	1	0-10	
120180	L125601	LB	Elsloo	181.157	329.164	31-aug-05	1	0-10	
120182	L125801	OG	Terhagen	180.613	327.884	31-aug-05	1	0-10	
120184	L126001	LB	Snijdersberg	180.732	326.232	31-aug-05	1	0-10	
120201	L130202	LB	Bunderbos	179.974	324.104	31-aug-05	1	0-10	
120224	L132502	LB	Bunderbos Stommeveld	181.188	325.851	31-aug-05	1	0-10	
120278	L137902	LB	Osebosch	188.521	313.321	31-aug-05	2	0-3	3-10
120284	L138502	LB	Bruisterbosch	184.576	313.362	31-aug-05	1	0-10	
120290	L139102	OG	Bemelerberg	181.557	317.937	31-aug-05	1	0-10	
120031	L103101	LB	Schilberg	187.733	309.230	01-sep-05	2	0-5	5-10
120033	L103301	LB	Heijenrath	188.816	309.246	01-sep-05	2	0-4	4-10
120034	L103401	OG	Heijenrath	188.265	309.539	01-sep-05	1	0-10	
120350	L145302	LB	Bos bij Wijnandsrade	189.323	323.999	01-sep-05	1	0-10	
120455	L156302	LB	Onderste bos, Eperheide	190.520	308.554	01-sep-05	2	0-5	5-10
80519	NH0519	LB	Heerenduin	103.225	495.436	21-sep-05	2	3-0	0-10

## Bijlage 1B

Monsternummer	PQ	Begroeiings- type	Locatie	X	Y	Datum-1	Periode-1 (dagen)	Datum-2	Periode-2 (dagen)	Datum-3	Gewicht incl zak (gr)
60048	GL3167	HD	Velperberg	192.757	450.937	31-jul-06	38	07-sep-06	40	07-sep-06	369.04
60051	GL3173	HD	Delhuizen	193.183	449.234	31-jul-06	38	07-sep-06	40	07-sep-06	419.52
60220	GL1994	OG	Ewijk	179.059	432.303	03-aug-06	40	12-sep-06	43	12-sep-06	352.35
60337	GL0125	LB	Beuningen	180.922	428.063	03-aug-06	40	12-sep-06	43	12-sep-06	284.56
60351	GL1787	LB	Lienden	164.818	439.586	03-aug-06	40	12-sep-06	36	12-sep-06	322.09
60667	GL0963	MR	Harten/Kortenburgse beek	178.306	443.560	01-aug-06	41	11-sep-06	37	11-sep-06	197.61
60668	GL2593	OG	Wageningen	175.463	441.669	01-aug-06	41	11-sep-06	37	11-sep-06	333.14
60692	GL4087	OG	Wageningen	174.394	441.711	03-aug-06	39	11-sep-06	37	11-sep-06	324.90
60785	GL0190	LB	Planken Wambuis/Het Oude Hout	182.232	450.686	31-jul-06	38	07-sep-06	40	07-sep-06	264.21
60849	GL0192	HD	Oud Reemster Heide	183.110	450.015	31-jul-06	38	07-sep-06	40	07-sep-06	406.03
60851	GL3829	HD	Heide bij Mossel	180.827	452.157	01-aug-06	37	07-sep-06	40	07-sep-06	386.99
60853	GL4138	LB	Mossel	180.580	452.480	01-aug-06	37	07-sep-06	40	07-sep-06	301.75
60879	GL4150	NB	Deelerwoud	189.228	454.604	31-jul-06	42	11-sep-06	46	11-sep-06	407.39
60880	GL4151	HD	Deelerwoud	189.688	453.794	31-jul-06	38	07-sep-06	40	07-sep-06	397.00
61125	GL4252	MR	Doornik	189.326	431.868	20-jul-06	53	11-sep-06	44	11-sep-06	280.05
61295	GL1129	OG	Winssen	177.202	433.539	03-aug-06	40	12-sep-06	43	12-sep-06	382.78
61336	GL4319	LB	De Tuut	169.731	427.053	03-aug-06	40	12-sep-06	43	12-sep-06	427.33
61501	GL1125	OG	Allemanskamp	167.196	452.123	02-aug-06	37	08-sep-06	48	08-sep-06	340.94
61567	GL0986	LB	Doorwerth	183.269	442.347	20-jul-06	53	11-sep-06	37	11-sep-06	338.11
61572	GL0935	OG	Bennekom/Quadenoord	178.802	446.463	01-aug-06	41	11-sep-06	37	11-sep-06	264.30
70001	UT0001	OG	Fort Buurtstee	166.010	451.210	02-aug-06	37	08-sep-06	geplagd	08-sep-06	200.25
70002	UT0002	OG	Amerongse Bovenpolder	158.720	444.480	02-aug-06	42	13-sep-06	36	13-sep-06	366.66
70003	UT0003	OG	Broekhuizen	156.120	446.880	24-jul-06	46	08-sep-06	41	08-sep-06	383.19
70006	UT0006	LB	Lombokbos	157.540	448.030	24-jul-06	51	13-sep-06	36	13-sep-06	344.35
70007	UT0007	NB	Amerongse Berg/Vlakke Berg	161.820	447.500	24-jul-06	51	13-sep-06	43	13-sep-06	411.09
70051	UT0051	HD	Egelmeer	163.300	447.450	01-aug-06	43	13-sep-06	43	13-sep-06	482.90
70054	UT0054	LB	Elst	162.320	445.700	01-aug-06	43	13-sep-06	43	13-sep-06	379.36
70151	UT0155	LB	Leersumse Veld	158.640	450.380	24-jul-06	46	08-sep-06	41	08-sep-06	211.19
70238	UT0242	LB	Darhuizen	155.275	447.560	24-jul-06	51	13-sep-06	36	13-sep-06	335.96

## Bijlage 2 Analytische methoden

De grondmonsters werden voor de analyse gedroogd bij 40°C en indien nodig gebroken, gezeefd, verdeeld en/of gemalen. Er werden vier methoden voor ontsluiting gebruikt:

- destructie met  $\text{H}_2\text{SO}_4 / \text{H}_2\text{O}_2$  / Se: voor Ntot, Ptot;
- extractie met 0.01 M  $\text{CaCl}_2$  in een grond/ vloeistof verhouding van 1 op 10 (g/v) bij 2 uur schudden bij 20°C en filtratie over een 0.45  $\mu\text{m}$  filter: voor pH- $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4$ ,  $\text{PO}_4$ , Nts, K, Mg (alleen in de monsters uit 2005) en Na;
- extractie met 0.34 M  $\text{NH}_3$  in een grond/ vloeistof verhouding van 1 op 10 (g/v) bij 4 uur schudden bij 20°C: voor de totaalgehalten aan Al, Ca en S;
- extractie met  $\text{BaCl}_2$  bij pH=8.1: volgens NEN-5780, gebaseerd op de methode van Bascomb (1964). Grond wordt eerst verzadigd met barium door de grond driemaal met een 0,5 mol/l gebufferde bariumchloride-oplossing (pH=8.1) te schudden. Alle uitwisselbare kationen worden van het adsorptiecomplex verdreven en kunnen met ICP-AES in het 0,5 mol/l extract worden gemeten: voor de uitwisselbare gehalten aan Na, K, Ca, Mg,  $\text{Al}^{3+}$ , Mn,  $\text{Fe}^{3+}$ , en CEC (alleen voor de monsters uit 2005).

De gehalten zijn als volgt bepaald:

- $\text{NO}_3$  wordt gereduceerd tot nitriet m.b.v. cadmium (de gerapporteerde  $\text{NO}_3$ -gehalten zijn dus feitelijk  $\text{NO}_3 + \text{NO}_2$ ). Daarna worden  $\alpha$ -naphthylethyleendiamine dihydrochloride en sulfanilamide (Griess-Ilosvay reagens) toegevoegd. Hierbij ontstaat in zuur milieu een roodgekleurde diazoverbinding, waarvan de extinctie spectrofotometrisch gemeten wordt bij een golflengte van 540 nm.
- $\text{NH}_4$  is gebaseerd op de Berthelot reactie, waarbij een fenolderivaat een indofenol verbinding vormt in de aanwezigheid van ammonia en hypochloriet. In basisch milieu heeft het gevormde indofenol een groenblauwe kleur, die spectrofotometrisch bepaald wordt bij een golflengte van 660 nm.
- $\text{PO}_4$  vormt een geel gekleurd complex met molybdaat ionen in zuur milieu. Na toevoeging van ascorbinezuur en antimoon ontstaat een blauwgekleurd fosformolybdeen complex, waarvan de extinctie spectrofotometrisch bepaald wordt bij een golflengte van 880 nm.
- Nts (totaal oplosbaar stikstof) wordt bepaald door eerst de organische verbindingen te destrueren met kaliumpersulfaat bij pH = 4 gevolgd door UV-destructie m.b.v. natriumboraat. Het monster wordt gedialyseerd en tot slot wordt nitraat gemeten na reductie tot nitriet zoals hierboven beschreven. N-organisch wordt berekend als  $\text{Norg} = \text{Nts} - \text{NO}_3 - \text{NH}_4$ .
- K, Na, Mg, Ca, Al, S, Fe en Mn worden bepaald met ICP-AES. De monsters worden eventueel aangezuurd met 0,14 M  $\text{HNO}_3$ . Daarna worden de gehalten van de verschillende elementen in de oplossingen bepaald door middel van meting met de ICP-AES (Thermo-Optek ICP-AES IRIS of Varian Vista Pro ICP-AES).
- pH wordt electrometrisch bepaald, in het  $\text{CaCl}_2$  extract (pH\_Ca) of in een 1:5 suspensie in water (pH).
- Totaal-C wordt bepaald als gloeiverlies. Het monster wordt na drogen bij 105°C minimaal 3 uur gegloeid bij 550°C. Het gloeiverlies wordt niet gecorrigeerd voor het aan kleimineralen gebonden water of het aan vrij ijzer gebonden water.
- CEC wordt bepaald door na de  $\text{BaCl}_2$  extractie een bekende overmaat van 0.02 mol/l  $\text{MgSO}_4$  toe te dienen. Alle Ba, geadsorbeerd en in oplossing, wordt neergeslagen als het zeer onoplosbare  $\text{BaSO}_4$ . De adsorptieplaatsen worden nu volledig bezet door Mg. De overmaat Mg wordt teruggemeten met ICP-AES. Het verschil tussen toegevoegd en teruggevonden Mg is een maat voor de CEC.



### Bijlage 3 Minimum gemiddelde, maximum en scheefheid van de ongetransformeerde variabelen

*Scheefheid is berekend volgens vergelijking (2): 0 = Gaussische verdeling, >0 = scheef naar rechts, <0 = scheef naar links*

Variabele	Minimum	Gemiddelde	Maximum	Scheefheid
pH_Ca_1	2.83	4.62	7.59	0.6
NO3_1	0.25	8.53	128.25	4.2
NH4_1	1.18	35.32	319.50	3.4
Norg_1	2.90	34.63	287.02	4.0
P_1	0.20	8.50	114.63	3.3
Na_1	1.50	89.91	6190.00	11.0
K_1	5.28	79.35	642.22	2.8
Ntot_1	0.28	4.55	20.81	1.6
Ptot_1	50.00	417.85	2796.49	2.4
pH_1	3.65	5.52	8.63	0.6
org_st_1	0.57	15.69	81.96	1.9
AlTot_1	0.63	738.89	4254.50	2.2
CaTot3_1	0.02	5.97	96.18	4.4
KTot_1	11.23	133.93	1075.64	2.8
STot_1	1.39	39.87	561.26	6.5
pH_Ca_2	2.92	4.73	7.59	0.5
NO3_2	0.25	6.84	128.25	5.2
NH4_2	1.17	17.14	112.84	2.7
Norg_2	2.90	25.24	122.05	1.7
P_2	0.20	2.35	27.22	4.0
Na_2	1.50	77.05	6190.00	11.1
K_2	5.28	51.67	289.36	2.1
Ntot_2	0.28	2.82	25.54	4.1
Ptot_2	50.00	360.68	2796.49	2.6
pH_2	3.63	5.57	8.63	0.4
org_st_2	0.57	9.19	82.52	4.1
AlTot_2	0.63	746.35	4254.50	2.1
CaTot3_2	0.01	5.81	96.18	4.4
KTot_2	5.06	96.47	506.75	2.0
STot_2	1.39	37.52	614.65	6.8
NH4NO3_1	0.11	22.32	247.02	3.1
BC_Al_1	0.01	2.99	389.71	11.9
N_C_1	0.15	0.32	0.60	0.4
P_C_1	5.14	41.51	210.89	1.4
NH4NO3_2	0.11	14.77	189.22	3.9
BC_Al_2	0.01	2.87	389.71	11.9
N_C_2	0.17	0.32	0.60	0.4
P_C_2	5.14	45.33	210.89	1.4
Ndep	681.04	2010.30	5268.85	0.6
O3gem	29.60	41.98	54.10	0.1
AOTgem	10.85	13.09	15.30	-0.2
NH4DIF	-77.21	88.06	873.46	3.2
NO3DIF	-3.50	98.00	403.43	1.4
NtotDIF	-1.29	186.06	1033.64	2.7
NtsDIF	-131.02	215.27	1305.58	2.4
NorgDIF	-152.08	29.21	338.42	1.1
PO4DIF	-16.52	10.54	100.33	2.4
ww_F	17.50	48.00	66.79	-0.5





	pH_2	org_st_2	AlTot_2	CaTot3_2	KTot_2	STot_2	NH4NO3_1	BC_AI_1	N_C_1	P_C_1	NH4NO3_2	BC_AI_2	N_C_2	P_C_2	NH4DIF	NO3DIF	NtotDIF	NorgDIF	PO4DIF	Ndep	O3gem	AOTgem	ww_F					
pH Ca 1																												
NO3 1																												
NH4 1																												
Norg 1																												
P_1																												
Na 1																												
K 1																												
Ntot 1																												
Ptot 1																												
pH 1																												
org_st 1																												
AlTot 1																												
CaTot3 1																												
KTot 1																												
STot 1																												
pH Ca 2																												
NO3 2																												
NH4 2																												
Norg 2																												
P 2																												
Na 2																												
K 2																												
Ntot 2																												
Ptot 2																												
pH 2	<b>1.00</b>																											
org_st 2	-0.12	<b>1.00</b>																										
AlTot 2	-0.04	0.40	<b>1.00</b>																									
CaTot3 2	<b>0.57</b>	0.14	0.07	<b>1.00</b>																								
KTot 2	0.35	0.45	0.42	0.39	<b>1.00</b>																							
STot 2	0.16	<b>0.61</b>	0.21	0.22	0.47	<b>1.00</b>																						
NH4NO3 1	-0.25	0.04	-0.16	-0.15	-0.24	0.00	<b>1.00</b>																					
BC AI 1	0.14	0.02	-0.09	<b>0.57</b>	0.04	0.02	-0.04	<b>1.00</b>																				
N C 1	<b>0.56</b>	-0.21	-0.09	0.19	0.13	-0.06	-0.24	0.01	<b>1.00</b>																			
P C 1	<b>0.52</b>	-0.12	0.24	0.26	0.40	0.07	-0.34	-0.02	<b>0.55</b>	<b>1.00</b>																		
NH4NO3 2	-0.24	0.30	-0.05	-0.13	-0.13	0.14	<b>0.61</b>	-0.04	-0.21	-0.27	<b>1.00</b>																	
BC AI 2	0.14	0.02	-0.09	<b>0.57</b>	0.04	0.01	-0.04	<b>1.00</b>	0.01	-0.02	-0.04	<b>1.00</b>																
N C 2	<b>0.62</b>	-0.18	-0.07	0.22	0.15	-0.01	-0.24	0.01	<b>0.92</b>	<b>0.57</b>	-0.22	0.01	<b>1.00</b>															
P C 2	0.50	-0.18	0.22	0.23	0.35	0.04	-0.26	-0.03	<b>0.51</b>	<b>0.94</b>	-0.31	-0.03	<b>0.56</b>	<b>1.00</b>														
NH4DIF	-0.25	0.15	-0.28	-0.11	-0.12	-0.22	-0.05	0.20	-0.27	-0.27	-0.05	0.20	-0.27	-0.27	<b>1.00</b>													
NO3DIF	0.05	0.05	0.34	0.07	0.29	0.07	-0.44	0.05	0.38	0.40	-0.44	0.05	0.38	0.40	0.02	<b>1.00</b>												
NtotDIF	-0.19	0.15	-0.09	-0.06	0.03	-0.16	-0.25	0.20	-0.07	-0.05	-0.25	0.20	-0.07	-0.05	<b>0.89</b>	0.48	<b>1.00</b>											
NorgDIF	-0.01	0.34	-0.13	0.23	0.04	0.12	0.10	0.06	-0.07	-0.10	0.10	0.06	-0.07	-0.10	<b>0.62</b>	-0.25	0.43	<b>1.00</b>										
PO4DIF	-0.22	0.12	-0.21	-0.08	-0.10	-0.18	-0.14	0.12	-0.25	-0.19	-0.14	0.12	-0.25	-0.19	<b>0.73</b>	0.04	<b>0.66</b>	<b>0.54</b>	<b>1.00</b>									
Ndep	-0.45	0.23	0.40	-0.08	0.03	0.05	0.02	-0.03	-0.36	-0.06	0.09	-0.03	-0.35	-0.08	0.22	-0.14	0.13	0.09	0.19	<b>1.00</b>								
O3gem	0.33	-0.29	<b>-0.53</b>	0.01	-0.12	-0.11	-0.11	0.03	0.37	-0.02	-0.16	0.03	0.35	-0.01	0.35	-0.08	0.27	0.46	0.39	<b>-0.84</b>	<b>1.00</b>							
AOTgem	-0.37	0.38	<b>0.57</b>	0.13	0.35	0.07	-0.09	0.09	-0.37	0.05	-0.07	0.09	-0.35	0.04	-0.45	0.40	-0.21	<b>-0.56</b>	-0.36	<b>0.63</b>	<b>-0.68</b>	<b>1.00</b>						
ww_F	-0.23	-0.12	-0.18	-0.07	-0.03	-0.18	-0.14	-0.01	-0.05	-0.02	-0.31	-0.01	-0.04	0.04	0.36	0.40	0.50	0.10	0.37	-0.14	0.21	0.08	<b>1.00</b>					



## Bijlage 5 Verklaring van de soortcodes gebruikt in de figuren en tabellen

Code	Naam
Abiesalb	<i>Abies alba</i>
Acer Cam	<i>Acer campestre</i>
Acer Pla	<i>Acer platanoides</i>
Acer Pse	<i>Acer pseudoplatanus</i>
Achilmil	<i>Achillea millefolium</i>
Achilpta	<i>Achillea ptarmica</i>
Adoxamos	<i>Adoxa moschatellina</i>
Aegoppod	<i>Aegopodium podagraria</i>
Agriemeup	<i>Agrimonia eupatoria</i>
Agroscaan	<i>Agrostis canina</i>
Agroscaap	<i>Agrostis capillaris</i>
Agrossto	<i>Agrostis stolonifera</i>
Agrosvin	<i>Agrostis vinealis</i>
Aira Pra	<i>Aira praecox</i>
Ajugarep	<i>Ajuga reptans</i>
Alismlan	<i>Alisma lanceolatum</i>
Alismpla	<i>Alisma plantago-aquatica</i>
Alliapet	<i>Alliaria petiolata</i>
Alliuvin	<i>Allium vineale</i>
Alnusglu	<i>Alnus glutinosa</i>
Alopegen	<i>Alopecurus geniculatus</i>
Alopepra	<i>Alopecurus pratensis</i>
Amelalam	<i>Amelanchier lamarckii</i>
Ammopare	<i>Ammophila arenaria</i>
Anemonem	<i>Anemone nemorosa</i>
Angelsyl	<i>Angelica sylvestris</i>
Anthoodo	<i>Anthoxanthum odoratum</i>
Anthrsyl	<i>Anthriscus sylvestris</i>
Aphanine	<i>Aphanes inexpectata</i>
Arctimin	<i>Arctium minus</i>
	<i>Arenaria serpyllifolia subsp. serpyllifolia</i>
Arenas-S	
Aroni*Pr	<i>Aronia x prunifolia</i>
Arrheela	<i>Arrhenatherum elatius</i>
Artemvul	<i>Artemisia vulgaris</i>
Arum Mac	<i>Arum maculatum</i>
Asparoff	<i>Asparagus officinalis</i>
	<i>Asparagus officinalis subsp. officinalis</i>
Asparo-O	

Code	Naam
Astertri	<i>Aster tripolium</i>
Athyrfil	<i>Athyrium filix-femina</i>
Atrippro	<i>Atriplex prostrata</i>
Avenupub	<i>Avenula pubescens</i>
Belliper	<i>Bellis perennis</i>
Betulpen	<i>Betula pendula</i>
Betulpub	<i>Betula pubescens</i>
Bidencer	<i>Bidens cernua</i>
Bidenfro	<i>Bidens frondosa</i>
Bidentri	<i>Bidens tripartita</i>
Brachpin	<i>Brachypodium pinnatum</i>
Brachsyl	<i>Brachypodium sylvaticum</i>
Brizamed	<i>Briza media</i>
	<i>Bromus hordeaceus subsp. hordeaceus</i>
Bromuh-H	
Bromuhor	<i>Bromus hordeaceus</i>
	<i>Bromus hordeaceus subsp. thominei</i>
Bromuh-T	
Bromuste	<i>Bromus sterilis</i>
Bromutec	<i>Bromus tectorum</i>
Bryonc-D	<i>Bryonia cretica (subsp. dioica)</i>
Calamcan	<i>Calamagrostis canescens</i>
Calamepi	<i>Calamagrostis epigejos</i>
Calluvul	<i>Calluna vulgaris</i>
Calthpal	<i>Caltha palustris</i>
Calthp-P	<i>Caltha palustris subsp. palustris</i>
Calysssep	<i>Calystegia sepium</i>
Camparot	<i>Campanula rotundifolia</i>
Capsebur	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
Cardmhir	<i>Cardamine hirsuta</i>
Cardmpra	<i>Cardamine pratensis</i>
Carducri	<i>Carduus crispus</i>
Carexacu	<i>Carex acuta</i>
Carexare	<i>Carex arenaria</i>
Carexcar	<i>Carex caryophylla</i>
Carexcup	<i>Carex cuprina</i>
Carexdit	<i>Carex disticha</i>
Carexech	<i>Carex echinata</i>
Carexflc	<i>Carex flacca</i>

Code	Naam
Carexhir	<i>Carex hirta</i>
Carexhos	<i>Carex hostiana</i>
Carexlas	<i>Carex lasiocarpa</i>
Carexnig	<i>Carex nigra</i>
Carexo-O	<i>Carex oederi subsp. oedocarpa</i>
Carexo-R	<i>Carex oederi subsp. oederi</i>
Carexpac	<i>Carex paniculata</i>
Carexpan	<i>Carex panicea</i>
Carexpil	<i>Carex pilulifera</i>
Carexpse	<i>Carex pseudocyperus</i>
Carexpul	<i>Carex pulicaris</i>
Carexrem	<i>Carex remota</i>
Carexrip	<i>Carex riparia</i>
Carexros	<i>Carex rostrata</i>
Carexsyl	<i>Carex sylvatica</i>
Carextri	<i>Carex trinervis</i>
Carlivul	<i>Carlina vulgaris</i>
Carpibet	<i>Carpinus betulus</i>
Castasat	<i>Castanea sativa</i>
Centajac	<i>Centaurea jacea</i>
Centasca	<i>Centaurea scabiosa</i>
Centmlit	<i>Centaureum littorale</i>
Centmpul	<i>Centaureum pulchellum</i>
Ceraccla	<i>Ceratocarpus claviculata</i>
Cerasarv	<i>Cerastium arvense</i>
Cerasfon	<i>Cerastium fontanum</i>
	<i>Cerastium fontanum subsp. vulgare</i>
Cerasf-V	
Cerassem	<i>Cerastium semidecandrum</i>
Chaertem	<i>Chaerophyllum temulum</i>
Chameang	<i>Chamerion angustifolium</i>
Chrypopp	<i>Chrysosplenium oppositifolium</i>
Circalut	<i>Circaea lutetiana</i>
Cirsiarv	<i>Cirsium arvense</i>
Cirsidis	<i>Cirsium dissectum</i>
Cirsipal	<i>Cirsium palustre</i>
Cirsivul	<i>Cirsium vulgare</i>
Cochldan	<i>Cochlearia danica</i>
Convamaj	<i>Convallaria majalis</i>
Convoarv	<i>Convolvulus arvensis</i>
Cornusan	<i>Cornus sanguinea</i>
Corylave	<i>Corylus avellana</i>
Coryncan	<i>Corynephorus canescens</i>

Code	Naam
Cratamon	<i>Crataegus monogyna</i>
Crepicap	<i>Crepis capillaris</i>
Cuscuept	<i>Cuscuta epithymum</i>
Cynogoff	<i>Cynoglossum officinale</i>
Cynoscric	<i>Cynosurus cristatus</i>
Dactlinc	<i>Dactylorhiza incarnata</i>
Dactlmac	<i>Dactylorhiza maculata</i>
Dactlmaj	<i>Dactylorhiza majalis</i>
Dactyglo	<i>Dactylis glomerata</i>
Danthdec	<i>Danthonia decumbens</i>
Daucucar	<i>Daucus carota</i>
Deschces	<i>Deschampsia cespitosa</i>
Deschfle	<i>Deschampsia flexuosa</i>
Droseint	<i>Drosera intermedia</i>
Droserot	<i>Drosera rotundifolia</i>
	<i>Dryopteris carthusiana +</i>
Dryopc=D	<i>Dryopteris dilatata</i>
Dryopcar	<i>Dryopteris carthusiana</i>
Dryopdil	<i>Dryopteris dilatata</i>
Dryopfil	<i>Dryopteris filix-mas</i>
Echiuvul	<i>Echium vulgare</i>
	<i>Eleocharis palustris subsp. palustris</i>
Eleocp-P	
Elymuath	<i>Elymus athericus</i>
Empetnig	<i>Empetrum nigrum</i>
Epilocol	<i>Epilobium ciliatum</i>
Epilohir	<i>Epilobium hirsutum</i>
Epilomon	<i>Epilobium montanum</i>
Epilopal	<i>Epilobium palustre</i>
Epilopar	<i>Epilobium parviflorum</i>
Epilotet	<i>Epilobium tetragonum</i>
Epipapal	<i>Epipactis palustris</i>
Equisarv	<i>Equisetum arvense</i>
Equisflu	<i>Equisetum fluviatile</i>
Equispal	<i>Equisetum palustre</i>
Ericatet	<i>Erica tetralix</i>
Erigeacan	<i>Erigeron canadensis</i>
Eriopang	<i>Eriophorum angustifolium</i>
	<i>Erodium cicutarium subsp. cicutarium</i>
Erodic-C	
	<i>Erodium cicutarium subsp. dunense</i>
Erodic-D	
Erophver	<i>Erophila verna</i>
Eupatcan	<i>Eupatorium cannabinum</i>

Code	Naam
Euphoesu	<i>Euphorbia esula</i>
Euphrstr	<i>Euphrasia stricta</i>
Evonyeur	<i>Evonymus europaeus</i>
Fagussyl	<i>Fagus sylvatica</i>
Festuaru	<i>Festuca arundinacea</i>
Festugig	<i>Festuca gigantea</i>
Festuo-O	<i>Festuca ovina subsp. ovina</i>
Festuo-T	<i>Festuca ovina subsp. tenuifolia</i>
Festupra	<i>Festuca pratensis</i>
Festur-A	<i>Festuca rubra subsp. arenaria</i>
Festur-C	<i>Festuca rubra subsp. commutata</i>
Filipulm	<i>Filipendula ulmaria</i>
Fragaves	<i>Fragaria vesca</i>
Fraxiexc	<i>Fraxinus excelsior</i>
	<i>Galeobdolon luteum cv. 'Florentinum'</i>
Galebl,F	<i>Galeobdolon luteum</i>
Galeblut	<i>Galeobdolon luteum</i>
	<i>Galeopsis bifida + Galeopsis tetrahit</i>
Galeob=T	<i>Galeopsis tetrahit</i>
Galeobif	<i>Galeopsis bifida</i>
Galeotet	<i>Galeopsis tetrahit</i>
Galiuapa	<i>Galium aparine</i>
Galiumol	<i>Galium mollugo</i>
Galiupal	<i>Galium palustre</i>
Galiusax	<i>Galium saxatile</i>
Galiuuli	<i>Galium uliginosum</i>
Galiuver	<i>Galium verum</i>
Genisang	<i>Genista anglica</i>
Genispil	<i>Genista pilosa</i>
Gentipne	<i>Gentiana pneumonanthe</i>
Gerandis	<i>Geranium dissectum</i>
Geranmol	<i>Geranium molle</i>
Geranrob	<i>Geranium robertianum</i>
Geum Urb	<i>Geum urbanum</i>
Glauxmar	<i>Glauca maritima</i>
Glechhed	<i>Glechoma hederacea</i>
Glyceflu	<i>Glyceria fluitans</i>
Glycemax	<i>Glyceria maxima</i>
Gnaphsyl	<i>Gnaphalium sylvaticum</i>
Hederhel	<i>Hedera helix</i>
Heracsph	<i>Heracleum sphondylium</i>
Hieralae	<i>Hieracium laevigatum</i>
Hierapil	<i>Hieracium pilosella</i>
Hieraumb	<i>Hieracium umbellatum</i>

Code	Naam
Hipporha	<i>Hippophae rhamnoides</i>
Holculan	<i>Holcus lanatus</i>
Holcumol	<i>Holcus mollis</i>
Hydrcvul	<i>Hydrocotyle vulgaris</i>
Hyperper	<i>Hypericum perforatum</i>
Hypocrad	<i>Hypochaeris radicata</i>
Ilex Aqu	<i>Ilex aquifolium</i>
Impatpar	<i>Impatiens parviflora</i>
Iris Pse	<i>Iris pseudacorus</i>
Juncuacu	<i>Juncus acutiflorus</i>
Juncuart	<i>Juncus articulatus</i>
	<i>Juncus alpinoarticulatus subsp. atricapillus</i>
Juncua-T	<i>Juncus atricapillus</i>
Juncubuf	<i>Juncus bufonius</i>
Juncubul	<i>Juncus bulbosus</i>
Juncucom	<i>Juncus compressus</i>
Juncucon	<i>Juncus conglomeratus</i>
Juncueff	<i>Juncus effusus</i>
Juncuger	<i>Juncus gerardi</i>
Juncuinf	<i>Juncus inflexus</i>
Juncusub	<i>Juncus subnodulosus</i>
Knautarv	<i>Knautia arvensis</i>
Koelemac	<i>Koeleria macrantha</i>
Lamiualb	<i>Lamium album</i>
Lamiumac	<i>Lamium maculatum</i>
Lathypal	<i>Lathyrus palustris</i>
Lathypra	<i>Lathyrus pratensis</i>
Lemnamin	<i>Lemna minor</i>
Leontaut	<i>Leontodon autumnalis</i>
Leonthis	<i>Leontodon hispidus</i>
Leontsax	<i>Leontodon saxatilis</i>
Leucavul	<i>Leucanthemum vulgare</i>
Ligusvul	<i>Ligustrum vulgare</i>
Linarvul	<i>Linaria vulgaris</i>
Linumcat	<i>Linum catharticum</i>
Listeova	<i>Listera ovata</i>
Loliuper	<i>Lolium perenne</i>
Lonicper	<i>Lonicera periclymenum</i>
	<i>Lotus corniculatus subsp. corniculatus</i>
Lotusc-C	<i>Lotus corniculatus</i>
Lotuscor	<i>Lotus corniculatus</i>
	<i>Lotus corniculatus subsp. tenuifolius</i>
Lotusc-T	<i>Lotus tenuifolius</i>
Lotusuli	<i>Lotus uliginosus</i>

Code	Naam
Luzulcam	<i>Luzula campestris</i>
Luzulm-C	<i>Luzula multiflora subsp. congesta</i>
Luzulm-M	<i>Luzula multiflora subsp. multiflora</i>
Luzulmul	<i>Luzula multiflora</i>
Lychnflo	<i>Lychnis flos-cuculi</i>
Lycodinu	<i>Lycopodium inundatum</i>
Lycopieur	<i>Lycopus europaeus</i>
Lysimnum	<i>Lysimachia nummularia</i>
Lysimthy	<i>Lysimachia thyrsoiflora</i>
Lysimvul	<i>Lysimachia vulgaris</i>
Lythrsal	<i>Lythrum salicaria</i>
Maianbif	<i>Maianthemum bifolium</i>
Mediclup	<i>Medicago lupulina</i>
Melicuni	<i>Melica uniflora</i>
Menthaqu	<i>Mentha aquatica</i>
Mentharv	<i>Mentha arvensis</i>
Menyatri	<i>Menyanthes trifoliata</i>
Miliueff	<i>Milium effusum</i>
Moehrtri	<i>Moehringia trinervia</i>
Molincae	<i>Molinia caerulea</i>
Myosoarv	<i>Myosotis arvensis</i>
Myosol-C	<i>Myosotis laxa (subsp. cespitosa)</i>
Myosopal	<i>Myosotis palustris</i>
Myosoram	<i>Myosotis ramosissima</i>
Myricgal	<i>Myrica gale</i>
Nardustr	<i>Nardus stricta</i>
Narthoss	<i>Narthecium ossifragum</i>
Oenanfis	<i>Oenanthe fistulosa</i>
Oenotbie	<i>Oenothera biennis</i>
Ononir-R	<i>Ononis repens subsp. repens</i>
Origavul	<i>Origanum vulgare</i>
Ornihumb	<i>Ornithogalum umbellatum</i>
Oxaliace	<i>Oxalis acetosella</i>
Parisqua	<i>Paris quadrifolia</i>
Parnapal	<i>Parnassia palustris</i>
Pedicpal	<i>Pedicularis palustris</i>
Pedicsyl	<i>Pedicularis sylvatica</i>
Peucepal	<i>Peucedanum palustre</i>
Phalaaru	<i>Phalaris arundinacea</i>
Phleuare	<i>Phleum arenarium</i>
Phleup-B	<i>Phleum pratense subsp. bertolonii</i>
Phleup-P	<i>Phleum pratense subsp. pratense</i>
Phragaus	<i>Phragmites australis</i>

Code	Naam
Piceaabi	<i>Picea abies</i>
Picrihie	<i>Picris hieracioides</i>
Pimpisax	<i>Pimpinella saxifraga</i>
Pinusnig	<i>Pinus nigra</i>
Pinussyl	<i>Pinus sylvestris</i>
Plantcor	<i>Plantago coronopus</i>
Plantlan	<i>Plantago lanceolata</i>
Plantmaj	<i>Plantago major</i>
Plantmed	<i>Plantago media</i>
Plantm-M	<i>Plantago major subsp. major</i>
Plantm-P	<i>Plantago major subsp. pleiosperma</i>
Platnbif	<i>Platanthera bifolia</i>
Poa Ann	<i>Poa annua</i>
Poa Nem	<i>Poa nemoralis</i>
Poa Pal	<i>Poa palustris</i>
Poa Pra	<i>Poa pratensis</i>
Poa Tri	<i>Poa trivialis</i>
Polydvul	<i>Polypodium vulgare</i>
Polygvul	<i>Polygala vulgaris</i>
Polynamp	<i>Polygonum amphibium</i>
Polynavi	<i>Polygonum aviculare</i>
Polyncon	<i>Polygonum convolvulus</i>
Polyndum	<i>Polygonum dumetorum</i>
Polynhyd	<i>Polygonum hydropiper</i>
Polynper	<i>Polygonum persicaria</i>
Polytmul	<i>Polygonatum multiflorum</i>
Popul*Ca	<i>Populus x canadensis</i>
Populalb	<i>Populus alba</i>
Populcan	<i>Populus canescens</i>
Populgil	<i>Populus gileadensis</i>
Populnig	<i>Populus nigra</i>
Popultre	<i>Populus tremula</i>
Potenans	<i>Potentilla anserina</i>
Potenere	<i>Potentilla erecta</i>
Potenpal	<i>Potentilla palustris</i>
Potenrep	<i>Potentilla reptans</i>
Primuela	<i>Primula elatior</i>
Prunevul	<i>Prunella vulgaris</i>
Prunuavi	<i>Prunus avium</i>
Prunupad	<i>Prunus padus</i>
Prunuser	<i>Prunus serotina</i>
Prunuspi	<i>Prunus spinosa</i>
Pseutmen	<i>Pseudotsuga menziesii</i>

Code	Naam
Pteriaqu	<i>Pteridium aquilinum</i>
Puccimar	<i>Puccinellia maritima</i>
Pulicdys	<i>Pulicaria dysenterica</i>
Quercpet	<i>Quercus petraea</i>
Quercrob	<i>Quercus robur</i>
Quercrub	<i>Quercus rubra</i>
Ranunacr	<i>Ranunculus acris</i>
Ranunbul	<i>Ranunculus bulbosus</i>
Ranunf-B	<i>Ranunculus ficaria subsp. bulbifer</i>
Ranunfic	<i>Ranunculus ficaria</i>
Ranunfla	<i>Ranunculus flammula</i>
Ranunrep	<i>Ranunculus repens</i>
Rhamncat	<i>Rhamnus catharticus</i>
Rhamnfra	<i>Rhamnus frangula</i>
Rhinaang	<i>Rhinanthus angustifolius</i>
Rhinamin	<i>Rhinanthus minor</i>
Rhyncalb	<i>Rhynchospora alba</i>
Rhyncfus	<i>Rhynchospora fusca</i>
Ribesnig	<i>Ribes nigrum</i>
Ribesrub	<i>Ribes rubrum</i>
Ribesuva	<i>Ribes uva-crispa</i>
Robinpse	<i>Robinia pseudoacacia</i>
Rosa Can	<i>Rosa canina</i>
Rosa Pim	<i>Rosa pimpinellifolia</i>
Rosa Rub	<i>Rosa rubiginosa</i>
Rubuscae	<i>Rubus caesius</i>
Rubusfru	<i>Rubus fruticosus</i>
Rubusida	<i>Rubus idaeus</i>
Rumexace	<i>Rumex acetosa</i>
Rumexact	<i>Rumex acetosella</i>
Rumexcon	<i>Rumex conglomeratus</i>
Rumexcri	<i>Rumex crispus</i>
Rumexhyd	<i>Rumex hydrolapathum</i>
Rumexobt	<i>Rumex obtusifolius</i>
Rumexsan	<i>Rumex sanguineus</i>
Rumexthy	<i>Rumex thyrsiflorus</i>
Saginnod	<i>Sagina nodosa</i>
Saginpro	<i>Sagina procumbens</i>
Salixalb	<i>Salix alba</i>
Salixaur	<i>Salix aurita</i>
Salixcin	<i>Salix cinerea</i>
Salixrep	<i>Salix repens</i>
Salixvim	<i>Salix viminalis</i>

Code	Naam
Sambunig	<i>Sambucus nigra</i>
Samburac	<i>Sambucus racemosa</i>
Samolval	<i>Samolus valerandi</i>
Sangumin	<i>Sanguisorba minor</i>
Saxiftri	<i>Saxifraga tridactylites</i>
Schoenig	<i>Schoenus nigricans</i>
Scirpc-G	<i>Scirpus cespitosus subsp. germanicus</i>
Scirpmar	<i>Scirpus maritimus</i>
Scropnod	<i>Scrophularia nodosa</i>
Scutegal	<i>Scutellaria galericulata</i>
Sedumacr	<i>Sedum acre</i>
Senecaqu	<i>Senecio aquaticus</i>
Seneccon	<i>Senecio congestus</i>
Senecjac	<i>Senecio jacobaea</i>
Senecn-F	<i>Senecio nemorensis (subsp. fuchsii)</i>
Senecpal	<i>Senecio paludosus</i>
Senecsyl	<i>Senecio sylvaticus</i>
Silendio	<i>Silene dioica</i>
Silenl-A	<i>Silene latifolia (subsp. alba)</i>
Silennut	<i>Silene nutans</i>
Solandul	<i>Solanum dulcamara</i>
Soncha;A	<i>Sonchus arvensis var. arvensis</i>
Soncharv	<i>Sonchus arvensis</i>
Sonchasp	<i>Sonchus asper</i>
Sonchole	<i>Sonchus oleraceus</i>
Sorbuauc	<i>Sorbus aucuparia</i>
Sperlmar	<i>Spergularia maritima</i>
Sperlrub	<i>Spergularia rubra</i>
Stachpal	<i>Stachys palustris</i>
Stachsyl	<i>Stachys sylvatica</i>
Stellgra	<i>Stellaria graminea</i>
Stellhol	<i>Stellaria holostea</i>
Stellmed	<i>Stellaria media</i>
Stellpas	<i>Stellaria palustris</i>
Stelluli	<i>Stellaria uliginosa</i>
Suaedmar	<i>Suaeda maritima</i>
Succipra	<i>Succisa pratensis</i>
Symphoff	<i>Symphytum officinale</i>
Taraxlae	<i>Taraxacum laevigatum</i>
Taraxoff	<i>Taraxacum officinale s.l.</i>
Taxusbac	<i>Taxus baccata</i>
Teesdnud	<i>Teesdalia nudicaulis</i>

<b>Code</b>	<b>Naam</b>
Teucrscr	<i>Teucrium scorodonia</i>
Thalifla	<i>Thalictrum flavum</i>
Thymupul	<i>Thymus pulegioides</i>
Tiliapla	<i>Tilia platyphyllos</i>
Toriljap	<i>Torilis japonica</i>
Tragopra	<i>Tragopogon pratensis</i>
Trifoarv	<i>Trifolium arvense</i>
Trifocam	<i>Trifolium campestre</i>
Trifodub	<i>Trifolium dubium</i>
Trifofra	<i>Trifolium fragiferum</i>
Trifopra	<i>Trifolium pratense</i>
Triforep	<i>Trifolium repens</i>
Triglmar	<i>Triglochin maritima</i>
Triglpal	<i>Triglochin palustris</i>
Trisefla	<i>Trisetum flavescens</i>
Typhalat	<i>Typha latifolia</i>
Ulmusmin	<i>Ulmus minor</i>
Urticdio	<i>Urtica dioica</i>
Vaccimyr	<i>Vaccinium myrtillus</i>
Vaccivit	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>
Valerdio	<i>Valeriana dioica</i>
Valeroff	<i>Valeriana officinalis</i>
Veronarv	<i>Veronica arvensis</i>
Veroncha	<i>Veronica chamaedrys</i>
Veronhed	<i>Veronica hederifolia</i>
Veronmon	<i>Veronica montana</i>
Veronoff	<i>Veronica officinalis</i>
Veronser	<i>Veronica serpyllifolia</i>
Viburopu	<i>Viburnum opulus</i>
Viciacra	<i>Vicia cracca</i>
Viciahir	<i>Vicia hirsuta</i>
Vicialat	<i>Vicia lathyroides</i>
Viciasep	<i>Vicia sepium</i>
Vicias-N	<i>Vicia sativa subsp. nigra</i>
Violaarv	<i>Viola arvensis</i>
Violacan	<i>Viola canina</i>
Violacur	<i>Viola curtisii</i>
Violahir	<i>Viola hirta</i>
Violaodo	<i>Viola odorata</i>
Violar=R	<i>Viola reichenbachiana + Viola riviniana</i>
Violariv	<i>Viola riviniana</i>

# WOT-onderzoek

## Verschenen documenten in de reeks Werkdocumenten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu vanaf 2006

Werkdocumenten 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)

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

### 2006

- 21 *Rienks, W.A., I. Terluin & P.H. Vereijken.* Towards sustainable agriculture and rural areas in Europe. An assessment of four EU regions
- 22 *Knegt, B. de, H.W.B. Bredenoord, J. Wiertz & M.E. Sanders.* Monitoringsgegevens voor het natuurbeheer anno 2005. Ecologische effectiviteit regelingen natuurbeheer:
- 23 *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-001 – Monitor- en Evaluatiesysteem Agenda Vitaal Platteland
- 24 *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-002 – Ond. Onderz NPB-functie
- 25 *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-385 - Milieuplanbureau functie
- 26 *Jaarrapportage 2005.* WOT-04-394 – Natuurplanbureau functie
- 27 *Jaarrapportage 2005.* WOT-04 - Kennisbasis
- 28 *Verboom, J., R. Pouwels, J. Wiertz & M. Vonk.* Strategisch Plan LARCH. Van strategische visie naar plan van aanpak
- 29 *Velthof, G.L. en J.J.M. van Grinsven (eds.)* Inzet van modellen voor evaluatie van de meststoffenwet. Advies van de CDM-werkgroep Harmonisatie modellen
- 30 *Hinssen, M.A.G., R. van Oostenbrugge & K.M. Sollart.* Draaiboek Natuurbalans. Herzien versie
- 31 *Swaay, C.A.M. van, V. Mensing & M.F. Wallis de Vries.* Hotspots dagvlinder biodiversiteit
- 32 *Goossen, C.M. & F. Langers.* Recreatie en groen in en om de stad. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 33 *Turnhout, Chr. Van, W.-B. Loos, R.P.B. Foppen & M.J.S.M. Reijnen.* Hotspots van biodiversiteit in Nederland op basis van broedvogelgegevens
- 34 *Didderen, K en P.F.M. Verdonschot.* Graadmeter Natuurwaarde aquatisch. Typen, indicatoren en monitoring van regionale wateren
- 35 *Wamelink, G.W.W., G.J Reinds, J.P. MoH-Dijkstra, J. Kros & H.J.J. Wieggers.* Verbeteringen voor de Natuurplanner
- 36 *Groeneveld, R.A. & R.A.M. Schrijver.* FIONA 1.0; Technical description
- 37 *Luesink, H.H., M.J.C. de Bode, P.W.G. Groot Koerkamp, H. Klinker, H.A.C. Verkerk & O.Oenema.* Protocol voor monitoring landelijke mestmarkt onder een stelsel van gebruiksnormen
- 38 *Bakker-Verdurmen, M.R.L., J.W. Eimers, M.A.G. Hinssen-Haenen, T.J. van der Zwaag-van Hoorn.* Handboek secretariaat WOT Natuur & Milieu
- 39 *Pleijte, M. & M.A.H.J. van Bavel.* Europees en gebiedsgericht beleid: natuur tussen hamer en aambeeld? Een verkennend onderzoek naar de relatie tussen Europees en gebiedsgericht beleid
- 40 *Kramer, H., G.W. Hazeu & J. Clement.* Basiskaart Natuur 2004; vervaardiging van een landsdekkend basisbestand terrestrische natuur in Nederland
- 41 *Koomen, A.J.M., W. Nieuwenhuizen, J. Roos-Klein Lankhorst, D.J. Brus & P.F.G. Vereijken.* Monitoring landschap; gebruik van steekproeven en landsdekkende bestanden
- 42 *Selnes, T.A., M.A.H.J. van Bavel & T. van Rheenen.* Governance of biodiversity
- 43 *Vries, S. de. (2007)* Veranderende landschappen en hun beleving
- 44 *Broekmeijer, M.E.A. & F.H. Kistenkas.* Bouwen en natuur: Europese natuurwaarden op het ruimtelijk ordeningsspoor.

- Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 45 *Sollart, K.M. & F.J.P. van den Bosch.* De provincies aan het werk; Praktijkervaringen van provincies met natuur- en landschapsbeleid in de periode 1990-2005. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006
- 46 *Sollart, K.M. & R. de Niet met bijdragen van M.M.M. Overbeek.* Natuur en mens. Achtergronddocument bij de Natuurbalans 2006

### 2007

- 47 *Ten Berge, H.F.M., A.M. van Dam, B.H. Janssen & G.L. Velthof.* Mestbeleid en bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek; Advies van de CDM-werkgroep Mestbeleid en Bodemvruchtbaarheid in de Duin- en Bollenstreek
- 48 *Kruit, J. & I.E. Salverda.* Spiegeltje, spiegeltje aan de muur, valt er iets te leren van een andere plannings-cultuur?
- 49 *Rijk, P.J., E.J. Bos & E.S. van Leeuwen.* Nieuwe activiteiten in het landelijk gebied. Een verkennende studie naar natuur en landschap als vestigingsfactor
- 50 *Ligthart, S.S.H.* Natuurbeleid met kwaliteit. Het Milieu- en Natuurplanbureau en natuurbeleidsevaluatie in de periode 1998-2006
- 51 *Kennismarkt 22 maart 2007; van onderbouwend onderzoek Wageningen UR naar producten MNP in 27 posters*
- 52 *Kuindersma, W., R.I. van Dam & J. Vreke.* Sturen op niveau. Perversies tussen nationaal natuurbeleid en besluitvorming op gebiedsniveau.
53. *Reijnen, M.J.S.M.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. National Capital Index version 2.0
53. *Windig, J.J., M.G.P. van Veller & S.J. Hiemstra.* Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Biodiversiteit Nederlandse landbouwhuisdieren en gewassen
53. *Melman, Th.C.P. & J.P.M. Willemen.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Coverage protected areas.
53. *Weijden, W.J. van der, R. Leewis & P. Bol.* Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Indicatoren voor het invasieproces van exotische organismen in Nederland
53. *Nijhof, B.S.J., C.C. Vos & A.J. van Strien.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Influence of climate change on biodiversity.
53. *Moraal, L.G.* Indicatoren voor 'Convention on Biodiversity 2010'. Effecten van klimaatverandering op insectenplagen bij bomen.
53. *Fey-Hofstede, F.E. & H.W.G. Meesters.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Exploration of the usefulness of the Marine Trophic Index (MTI) as an indicator for sustainability of marine fisheries in the Dutch part of the North Sea.
53. *Reijnen, M.J.S.M.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010'. Connectivity/fragmentation of ecosystems: spatial conditions for sustainable biodiversity
53. *Gaaff, A. & R.W. Verburg.* Indicators for the 'Convention on Biodiversity 2010' Government expenditure on land acquisition and nature development for the National Ecological Network (EHS) and expenditure for international biodiversity projects

53. *Elands, B.H.M. & C.S.A. van Koppen*. Indicators for the  
12 'Convention on Biodiversity 2010'. Public awareness and  
participation
54. *Broekmeyer, M.E.A. & E.P.A.G. Schouwenberg & M.E.  
Sanders & R. Pouwels*. Synergie Ecologische Hoofdstructuur  
en Natura 2000-gebieden. Wat stuurt het beheer?
55. *Bosch, F.J.P. van den*. Draagvlak voor het Natura 2000  
gebiedenbeleid. Onder relevante betrokkenen op regionaal  
niveau
56. *Jong, J.J. & M.N. van Wijk, I.M. Bouwma*. Beheerskosten van  
Natura 2000 gebieden
57. *Pouwels, R. & M.J.S.M. Reijnen & M. van Adrichem & H.  
Kuijpers*. Ruimtelijke condities voor VHR-soorten
58. *Bouwma, I.M.* Quickscan Natura 2000 en Programma Beheer.
59. *Schouwenberg, E.P.A.G.* Huidige en toekomstige  
stikstofbelasting op Natura 2000 gebieden
60. *Hoogeveen, M.* Herberekening Ammoniak 1998 (*werktitel*)
61. *Jaarrapportage 2006*. WOT-04-001 – ME-AVP
62. *Jaarrapportage 2006*. WOT-04-002 – Ond. Onderzoek
63. *Jaarrapportage 2006*. WOT-04-003 – Adv.Natuur & Milieu
64. *Jaarrapportage 2006*. WOT-04-385 – Milieuplanbureaufunctie
65. *Jaarrapportage 2006*. WOT-04-394 – Natuurplanbureaufunctie
66. *Brasser E.A., M.F. van de Kerkhof, A.M.E. Groot, L. Bos-  
Gorter, M.H. Borgstein, H. Leneman* Verslag van de  
Dialogen over Duurzame Landbouw in 2006
67. *Hinssen, P.J.W.* Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.  
Werkplan 2007
68. *Nieuwenhuizen, W. & J. Roos Klein Lankhorst*. Landschap in  
Natuurbalans 2006; Landschap in verandering tussen 1990  
en 2005; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2006.
69. *Geelen, J. & H. Leneman*. Belangstelling, motieven en  
knelpunten van natuuraanleg door grondeigenaren.  
Uitkomsten van een marktonderzoek.
70. *Didderen, K., P.F.M. Verdonschot, M. Bleeker*. Basiskaart  
Natuur aquatisch. Deel 1: Beleidskaarten en prototype
71. *Boesten, J.J.T.I, A. Tiktak & R.C. van Leerdam*. Manual of  
PEARLNEQ v4
72. *Grashof-Bokdam, C.J., J. Frissel, H.A.M. Meeuwssen & M.J.S.M.  
Reijnen*. Aanpassing graadmeter natuurwaarde voor het  
agrarisch gebied
73. *Bosch, F.J.P. van den*. Functionele agrobiodiversiteit.  
Inventarisatie van nut, noodzaak en haalbaarheid van het  
ontwikkelen van een indicator voor het MNP
74. *Kistenkas, F.H. en M.E.A. Broekmeyer*. Natuur, landschap en  
de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht
75. *Luttik, J., F.R. Veeneklaas, J. Vreke, T.A. de Boer, L.M. van  
den Berg & P. Luttik*. Investeren in landschapskwaliteit; De  
toekomstige vraag naar landschappen om in te wonen, te  
werken en te ontspannen
76. *Vreke, J.* Evaluatie van natuurbeleidsprocessen
77. *Apeldoorn, R.C. van*, Working with biodiversity goals in  
European directives. A comparison of the implementation of  
the Birds and Habitats Directives and the Water Framework  
Directive in the Netherlands, Belgium, France and Germany
78. *Hinssen, P.J.W.* Werkprogramma 2008; Unit Wettelijke  
Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT-04). Onderdeel  
Planbureaufuncties Natuur en Milieu.
79. *Custers, M.H.G.* Betekenissen van Landschap in onderzoek  
voor het Milieu- en Natuurplanbureau; een bibliografisch  
overzicht
80. *Vreke, J., J.L.M. Donders, B.H.M. Elands, C.M. Goossen, F.  
Langers, R. de Niet & S. de Vries*. Natuur en landschap voor  
mensen Achtergronddocument bij Natuurbalans 2007
81. *Bakel, P.J.T. van, T. Kroon, J.G. Kroes, J. Hoogewoud, R.  
Pastoors, H.Th.L. Massop, D.J.J. Walvoort*. Reparatie  
Hydrologie voor STONE 2.1. Beschrijving reparatie-acties,  
analyse resultaten en beoordeling plausibiliteit.
- 2008**
82. *Kistenkas, F.H. & W. Kuindersma*. Jurisprudentie-monitor  
natuur 2005-2007; Rechtsontwikkelingen Natura 2000 en  
Ecologische Hoofdstructuur
83. *Berg, F. van den, P.I. Adriaanse, J. A. te Roller, V.C. Vulto &  
J.G. Groenwold*. SWASH Manual 2.1; User's Guide  
version 2
84. *Smits, M.J., M.J. Bogaardt, D. Eaton, P. Roza & T. Selnes*.  
Tussen de bomen het geld zien. Programma Beheer en  
vergelijkbare regelingen in het buitenland (een quick-scan)
85. *Dijk, T.A. van, J.J.M. Driessen, P.A.I. Ehlert, P.H. Hotsma,  
M.H.M.M. Montforts, S.F. Plessius & O. Oenema*.  
Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet; versie 1.0
86. *Goossen, C.M., H.A.M. Meeuwssen, G.J. Franke & M.C.  
Kuyper*. Verkenning Europese versie van de website  
www.daarmoetikzijn.nl.
87. *Helming, J.F.M. & R.A.M. Schrijver*. Economische effecten  
van inzet van landbouwsubsidies voor milieu, natuur en  
landschap in Nederland; Achtergrond bij het MNP-rapport  
'Opties voor Europese landbouw-subsidies
88. *Hinssen, P.J.W.* Werkprogramma 2008; Unit Wettelijke  
Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT-04). Programma  
001/003/005
90. *Kramer, H.* Geografisch Informatiesysteem Bestaande  
Natuur; Beschrijving IBN1990t en pilot ontwikkeling  
BN2004
92. *Jaarrapportage 2007*. WOT-04-001 – Koepel
93. *Jaarrapportage 2007*. WOT-04-002 – Onderb. Onderzoek
94. *Jaarrapportage 2007*. WOT-04-003 – Advi. Natuur & Milieu
95. *Jaarrapportage 2007*. WOT-04-005 – M-AVP
96. *Jaarrapportage 2007*. WOT-04-006 – NPB-functie
97. *Jaarrapportage 2007*. WOT-04-007 – MPB-functie
98. *Wamelink, G.W.W.* Gevoeligheids- en onzekerheids-analyse  
van SUMO
99. *Hoogeveen, M.W., H.H. Luesink, L.J. Mokveld & J.H.  
Wisman*. Ammoniakemissies uit de landbouw in  
Milieubalans 2006: uitgangspunten en berekeningen
100. *Kennismarkt 3 april 2008; Van onderbouwend onderzoek  
Wageningen UR naar producten MNP*
101. *Mansfeld, M.J.M. van & J.A. Klijn*, "Balansen op de  
weegschaal". Terugblik op acht jaar Natuurbalansen  
(1996-2005)
102. *Sollart, K.M. & J. Vreke*. Het faciliteren van natuur- en  
milieueducatie in het basisonderwijs; MNE-ondersteuning  
in de provincies
104. *Wijk, M.N., van (redactie)*. Aansturing en kosten van het  
natuurbeheer. Ecologische effectiviteit regelingen  
natuurbeheer
105. *Selnes, T. & P. van der Wielen*. Tot elkaar veroordeeld? Het  
belang van gebiedsprocessen voor de natuur
106. *Annual reports for 2007; Programme WOT-04*
107. *R. Pouwels, J.G.M. van der Gref, M.H.C. van Adrichem, H.  
Kuijper, R. Jochem, M.J.S.M. Reijnen*, LARCH Status A
108. *G.W.W. Wamelink* Technical Documentation for SUMO2 v.  
3.2.1,
109. *Wamelink, G.W.W., J.P. Mol-Dijkstra, G.J. Reinds*,  
Herprogrammeren van SUMO2. Verbetering in het kader  
van de modelkwaliteitsslag
110. *Salm, van der C., T. Hoogland, D.J.J. Walvoort*, Verkenning  
van de mogelijkheden voor de ontwikkeling van een  
metamodel voor de uitspoeling van stikstof uit  
landbouwgronden
111. *Dobben van, H.F. en R.M.A. Wegman*, Relatie tussen  
bodem, atmosfeer en vegetatie in het Landelijk Meetnet  
Flora (LMF)