ALTERRA
WAGENINGEN UR

Effecten van het generieke milieubeleid op het terugdringen van de verzuring en het herstel van natuurwaarden in multifunctionele bossen op arme zandgronden

Rolf Kemmers
Han van Dobben
Wieger Wamelink
André Jansen

Alterra-rapport 1531, ISSN 1566-7197

Unie van Bosgroepen

Effecten van het generieke milieubeleid op het terugdringen van de verzuring en het herstel van natuurwaarden in multifunctionele bossen op arme zandgronden

In opdracht van het Ministerie LNV en Unie van Bosgroepen, uitgevoerd binnen het cluster Abiotische randvoorwaarden van het Beleidsondersteunend Onderzoeksprogramma Ecologische Hoofdstructuur.

Effecten van het generieke milieubeleid op het terugdringen van de verzuring en op het herstel van natuurwaarden in multi-functionele bossen op arme zandgronden

Rolf Kemmers[1], Han van Dobben[2], Wieger Wamelink[2] & André Jansen[3]

[1] Centrum Bodem Alterra
[2] Centrum Landschap Alterra
[3] Unie van Bosgroepen, Ede

Alterra-rapport 1531

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Rolf Kemmers, Han van Dobben, Wieger Wamelink, André Jansen, 2007. *Effecten van het generieke milieubeleid op het terugdringen van de verzuring en op het herstel van natuurwaarden in multifunctionele bossen op arme zandgronden*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1531. 86 blz.; 14 fig.; 15 tab.; 23 ref.

Via beschikbare gegevens is geëvalueerd of het generiek milieubeleid sinds 1990 heeft geleid tot terugdringen van de verzuring en vermesting en op herstel van natuurwaarden van Multifunctionele bossen. Als basis voor de evaluatie zijn bodem- en vegetatiegegevens van ca. 200 opstanden uit het meetnet 'Vitaliteit en Verdroging' geanalyseerd. Zowel het bodemchemisch als het vegetatiekundig onderzoek bevestigt dat er in multifunctionele bossen sprake is van een licht herstel van de zuurgraad en een daling van ammoniumgehalten. Er is nog steeds sprake van een voortgezette strooiselaccumulatie, waarschijnlijk als gevolg van een weinig actief bodemleven. Verondersteld wordt dat door deze geringe activiteit de microbiologische N-immobilisatie door schimmels en bacteriën wordt geremd. Hierdoor zou ondanks teruglopende stikstofemissie, nog steeds te veel ammonium in de strooisellaag aanwezig blijven. Traditionele herstelmaatregelen tegen verzuring en vermesting in multifunctioneel bos blijken onvoldoende effect te hebben gehad. Aanbevolen wordt een experiment op praktijkschaal uit te voeren waarin effecten van zowel abiotische factoren (zuurgraad) als biotische factoren (enten van bodemleven, plaggen) gecombineerd worden bestudeerd.

Trefwoorden: Stikstofemissie, Ammonium, Verzuring, Multifunctioneel bos, Natuurwaarde, herstelmaatregelen, bodemleven

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice

© 2007 Alterra
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

[Alterra-rapport 1531/augustus/2007]

Inhoud

Woord vooraf 7

Samenvatting 9

1 Inleiding 13

2 Veranderingen in bodemvariabelen van het meetnet Vitaliteit en Verdroging tussen 1990 en 2000 15
- 2.1 Methoden 15
  - 2.1.1 Selectie locaties 15
  - 2.1.2 Selectie en analyse variabelen 16
  - 2.1.3 Vergelijking van methoden 17
- 2.2 Resultaten 18
  - 2.2.1 Aciditeit 18
  - 2.2.2 Organisch stof, stikstof en kalium in strooisel 21
  - 2.2.3 Bodemvocht in de minerale bovengrond 25

3 Veranderingen in de vegetatie van het Meetnet Vitaliteit en Verdroging tussen 1995 en 2000 29
- 3.1 Inleiding 29
- 3.2 Methoden 29
  - 3.2.1 Vegetatieopnamen 29
  - 3.2.2 Verklarende bodemvariabelen voor multivariate analyse 31
- 3.3 Resultaten 31
  - 3.3.1 Classificatie van de vegetatie 31
  - 3.3.2 Relatie van de vegetatie met bodemchemische variabelen 32
  - 3.3.3 Verandering in de vegetatie tussen 1995 en 2000 33
- 3.4 Conclusies 34

4 Veranderingen in groeicondities op basis van indicatie-waarden van plantensoorten 37
- 4.1 Inleiding 37
- 4.2 Methode 37
- 4.3 Resultaten 38
  - 4.3.1 Bodemzuurgraad (pH-H_2O) 38
  - 4.3.2 Bodemzuurgraad (pH-KCl) 39
  - 4.3.3 Totaal stikstofgehalte 40
  - 4.3.4 Nitraat 41
  - 4.3.5 Ammonium 43
  - 4.3.6 C/N-verhouding 44
  - 4.3.7 P-totaal 45
  - 4.3.8 Kalium 46
  - 4.3.9 Boomsoorten 47
  - 4.3.10 Responsies van de in 2000 nieuwe soorten 47

4.4 Discussie en Conclusies 48
4.4.1 Discussie 48
4.4.2 Conclusies 48

5 Synthese 51

6 Innovatieve effectgerichte maatregelen 53
6.1 Aanleiding 53
6.2 Evaluatie effecten kalk en mestgiften in bos 53
6.3 Invloed bodemleven op stikstofkringloop in schraalgraslanden 54
6.4 Aanbeveling 56

Literatuur 57

Bijlage 1 59
Bijlage 2 61
Bijlage 3 63
Bijlage 4 65
Bijlage 5 67
Bijlage 6 71
Bijlage 7 79

Woord vooraf

Bij de start van het onderzoeksproject liepen de gemoederen hoog op!

De Unie van Bosgroepen had een kennisvraag geformuleerd over doorwerking van effecten van het generieke milieubeleid in de praktijk van het bosbeheer. De indruk bestond dat tussen 1995 en 2004 de bodemzuurgraad van de door hun leden beheerde bossen verder was gedaald, terwijl door het ingezette generieke milieubeleid een stijging mocht worden verwacht vanwege de sterke reductie van de sulfaatemissie en -depositie over diezelfde periode. Dit werd door de Unie als beleidsprobleem voor het Ministerie van LNV ervaren, omdat dit niet alleen consequenties heeft voor de vitaliteit en groei van bomen, maar ook omdat kenmerkende bosplanten er niet in slagen zich te vestigen of zich te handhaven. Juist herstel van natuurwaarden is een van de doelstellingen van het LNV beleid voor multifunctioneel bos. Via inzet van gelden uit het programma 'Beleidsondersteunend Onderzoek' van het ministerie leek dit probleem te kunnen worden aangepakt

Bij het opstellen van het programma van eisen voor een onderzoeksproject werd de kennisvraag van de Unie zodanig ingebed in de beleidsproblematiek van LNV dat het werkveld van de Unie naar de achtergrond dreigde te verdwijnen en de Unie participatie in het project wilde opzeggen.

Zoals zo vaak bleken bureaucratische regels, te krappe deadlines en daardoor gebrekkige communicatie de oorzaak van de commotie en werd uiteindelijk een onderzoeksvoorstel geformuleerd waar alle partijen zich in konden vinden. En dat was maar goed ook. Want wat is dit een leuk en innovatief project geworden met veel enthousiaste betrokkenen en met aanzet tot praktijkgerichte veldexperimenten, waarbij nieuwe inzichten in het functioneren van bosecosystemen zullen worden getoetst. Inmiddels zijn veel personen, met name ook beheerders sterk betrokken geraakt bij het onderzoek. Dat is een goede zaak want een van de doelen van dit project waarin onderzoek, beleid en beheer participeren is '*Doorvertaling van kennis naar bosbouwpraktijk ter vergroting van draagvlak voor nieuw beleid op gebied van effectgerichte maatregelen.*'.

Samenvatting

Doel en aanpak

Het is onduidelijk of het generieke milieubeleid inmiddels heeft geleid tot een herstel van zuurgraad en natuurwaarden, c.q. van rode lijst soorten, in multifunctionele bossen. Doel van het onderzoek was via beschikbare gegevens te evalueren of sinds 1990 het milieubeleid gericht op terugdringen van de verzuring, een gunstig effect heeft gehad op de natuurwaarden en biodiversiteit van multifunctionele bossen. Als basis voor de analyse is het meetnet ‘Vitaliteit en Verdroging’ gebruikt dat uit 200 bosopstanden bestaat. De plots liggen grotendeels in 'normale' multifunctionele bossen, zodat een beeld ontstaat van het 'gemiddelde' Nederlandse bos. Er werd geanalyseerd of de bodemzuurgraad en de stikstoftoestand van de bodem over de periode 1990-2000 zijn veranderd, of er een verandering in soortensamenstelling is opgetreden die dat bevestigt en of er een relatie aanwezig is tussen de veranderde samenstelling van soorten en bodem. Daarnaast werd een korte literatuurstudie gewijd naar OBN ervaringen met effectgerichte maatregelen tegen verzuring en vermesting.

Dalende zuurgraad en ammoniumgehaltes in bodem

Het bodemonderzoek richtte zich op een groot aantal bodemchemische variabelen in de verschillende strooisellagen, in de bovenste minerale horizont en in het bodemvocht van zowel strooisel als minerale grond. Er werd nauwgezet aandacht besteed aan vergelijkbaarheid van analysemethoden die in de verschillende jaren door verschillende instanties werden gebruikt.

In de strooisellaag lijkt sprake van een licht herstel van de zuurgraad over de periode 1990-2000. Dit uit zich het duidelijkst in het bodemvocht van de strooisellaag waar een afnemende aluminiumconcentratie en een stijgende pH werd vastgesteld. Het effect is in de H-horizont sterker dan in de LF-horizont. Door de licht gestegen pH en de afgenomen aluminiumconcentraties lijkt de nitrificatie weer aarzelend op gang te komen in de strooisellagen zodat de invloed van ammonium langzaam aan het verdwijnen is ten gunste van nitraat. Uit de toename van het organisch stofgehalte in combinatie met een afname van de CEC in het strooiselpakket wordt geconcludeerd dat decompositie en humificatie juist zijn teruggelopen over de periode 1990-2000. De herstellende zuurgraad heeft kennelijk al wel effect op autotrofe micro-organismen (nitrificeerders), maar nog niet op heterotrofe ‘general purpose-dacay-organisms’ zoals schimmels of bacteriën. Ook de analyse van de verandering van de chemische samenstelling van het bodemvocht in de bovenste minerale bodemlaag wijst op een afnemende verzuring.

Ook vegetatie indiceert dalende zuurgraad en ammoniumgehalte

Verwacht werd dat door de pH stijging en een toegenomen nitrificatie de N-indicatie van de vegetatie in de ondergroei zou zijn toegenomen en de zuurindicatie zou zijn afgenomen over de periode 1990-2000.

De gegevens van de bodem- en vegetatieopnamen in 1995 zijn gebruikt om met behulp van multivariate statistiek de relatie vast te stellen tussen bodemfactoren en de soortensamenstelling van de bosvegetatie. De soortensamenstelling kon voor ca. 44% worden verklaard uit boomsoort, bodemchemie, atmosferische depositie en grondwaterstand. Van de bodemchemische factoren verklaren de parameters die indicatief zijn voor de pH, beschikbaarheid van basische kationen en aluminium ca. 15% van de variatie. Voor stikstof kon geen significante bijdrage worden vastgesteld.
Om de ontwikkeling in de tijd te kunnen beoordelen zijn opnamen van 1995 vergeleken met opnamen van 2000. Daarbij is per soort gekeken naar de verandering in procentuele abundantie en per opname naar de verandering in gemiddelde indicatiegetallen volgens het expertsysteem van Ellenberg. Voor slechts een beperkt aantal soorten kon een zwak significante verandering in de abundantie worden vastgesteld. Daarin is geen patroon te herkennen: zowel toename als afname van zowel nitrofiele als nitrofobe soorten komt voor. De zuurgraadindicatie volgens Ellenberg laat sinds 1995 een zwak significante daling zien, wat een indicatie is voor een tendens naar iets zuurdere bodemcondities.

Tevens werd geanalyseerd of uit veranderingen in aanwezigheid of bedekkingsgraad van plantensoorten veranderingen in bodemeigenschappen konden worden herleid door gebruik te maken van indicatie waarden die op reële meetgegevens zijn gebaseerd (KENNAT database). De analyse laat zien dat de verandering van de vegetatie een licht herstel van de zuurgraad aangeeft, een daling van ammoniumgehalten, een stijging van N-totaalgehalten. Het vegetatieonderzoek indiceert een ontwikkeling naar lagere C/N waarden van het strooisel. Er komen indicaties naar voren dat de nitraat-, kalium- en fosforgehalten in de bodem niet veranderd zijn.

Bodemleven aangetast

Ondanks een aarzelend herstel van de zuurgraad, wat in overeenstemming is met conclusies uit de Milieubalans 2002, is nog steeds sprake van een voortgezette strooiselaccumulatie, waarschijnlijk als gevolg van een weinig actief bodemleven. Door deze geringe activiteit wordt mogelijk ook de microbiologische N-immobilisatie, waarbij schimmels en bacteriën een belangrijke rol spelen, nog steeds geremd. Er zou hierdoor, ondanks teruglopende stikstofemissie, nog steeds te veel ammonium in de strooisellaag aanwezig blijven. Wel zijn er aanwijzingen dat de nitrificatie weer wat opgang begint te komen, waardoor het voor planten minder aantrekkelijke en soms giftige ammonium wordt vervangen door nitraat. De conclusies van de bodemkundige analyse worden deels bevestigd door de vegetatiekundige analyse. Ook het vegetatieonderzoek bevestigt dat er in multifunctionele bossen sprake is van een licht herstel van de zuurgraad en een daling van ammoniumgehalten. Aanwijzingen voor een weer langzaam aantrekkende nitrificatie konden niet door het vegetatieonderzoek worden bevestigd.

Naast aanwijzingen in het huidige onderzoek dat uitblijvend herstel van natuurwaarden mogelijk te maken heeft met een verstoord bodemleven, bleek ook uit OBN onderzoek in natte schraalgraslanden dat de samenstelling van de bodemfauna een belangrijke invloed heeft op de stikstofbeschikbaarheid.

Innovatieve herstelmaatregelen

Uit de evaluatie van Effectgerichte Maatregelen van bossen op verzuringsgevoelige gronden blijken kalk- en mineralengiften weinig of geen effect te hebben gehad op het herstel van de zuurgraad en de natuurwaarde. De condities voor herstel van de ondergroei zijn nog steeds suboptimaal. Inmiddels zijn kalk- en mineralengiften zelfs niet langer subsidiabel gesteld door de regeling OBN. Om toch te kunnen voldoen aan de verplichting natuurwaarden van multifunctioneel bos te herstellen, zal de aandacht daarom gericht moeten worden op alternatieve maatregelen met een innovatief karakter. Als een van de opties daarvoor wordt gedacht aan het herstel van het bodemleven als schakel in de omzetting van organische stof naar nutriënten-beschikbaarheid voor planten. Aanwijzingen daarvoor zijn verkregen in het huidige onderzoek en in OBN onderzoek van natte schraalgraslanden. Uit onze bevindingen leiden wij af dat maatregelen gezocht moeten worden niet alleen in een verder herstel van de zuurgraad en terugdringing van de stikstofbeschikbaarheid, maar ook in het herstel van een ‘gezond’ bodemleven. Aanbevolen wordt een experiment op praktijkschaal uit te voeren waarin effecten van zowel abiotische factoren (zuurgraad) als biotische factoren (enten van bodemleven, plaggen) gecombineerd worden bestudeerd.

1 Inleiding

Probleemstelling

Vanuit een bodemkundige invalshoek zijn er aanwijzingen voor een licht herstel van de bodemzuurgraad in multifunctionele bossen (Schoonderwoerd et al. 2006). Bosecologisch komt dit herstel niet tot uiting in herstel van natuurwaarden. Het is derhalve onduidelijk of het generieke beleid inmiddels heeft geleid tot een herstel van de natuurwaarden, c.q. van rode lijst soorten in multifunctionele bossen. Vanuit een recente evaluatie van effectgerichte maatregelen in multifunctioneel bos komt naar voren dat effecten van bekalking en bemesting (minerale giften) niet of nauwelijks effect blijken te hebben gehad op vitaliteit van bossen (Olsthoorn et al. 2006). Effecten van bekalking en bemesting op de humuslaag en ondergroei zijn zelfs negatief.

Doelstelling van het onderzoek

Doel van het onderzoek was via analyse van beschikbare gegevens inzicht te verwerven dat bijdraagt aan:

- Kennis over de effectiviteit van het generieke milieubeleid (vermindering verzuring) op de natuurwaarden en biodiversiteit van multifunctionele bossen.
- Kennis over de effectiviteit van innovatieve maatregelen die gebaseerd zijn op het herstel van het bodemleven in het humusprofiel, als schakel in de nutriënten-huishouding van bosecosystemen.
- Doorvertaling van EGM kennis naar bosbouwpraktijk ter vergroting van draag-vlak voor nieuw beleid op het gebied van effectgerichte maatregelen.

Het meetnet Vitaliteit en Verdroging

Als basis voor de analyse van de verzuring van multifunctionele bossen is het meetnet ‘Vitaliteit en Verdroging’ gebruikt (Hilgen 1995). Dit meetnet bestaat uit 200 bosopstanden waarin met regelmatige tussenpozen variabelen worden gemeten waarvan men vermoedt dat die een relatie hebben met bosvitaliteit. Hieronder vallen onder andere de bodemsamenstelling en de samenstelling van de vegetatie. Het meetnet heeft bestaan van ca. 1990 tot ca. 2000. In die periode is de bodem driemaal opgenomen (in 1990-1992, 1995 en 1999; cf. Leeters & De Vries 2001) en de vegetatie tweemaal (in 1996 en 2000; cf. Van Dobben et al. 1997).

De opstanden van het meetnet zijn verdeeld over zes regio's en zeven hoofdboom-soorten, zodanig dat een voor Nederland representatief beeld ontstaat. De regio's zijn: noord, oost, midden, zuid, kust, rest (o.a. nieuwe polders, Zuid-Limburg); de hoofdboomsoorten zijn: eik, beuk, grove den, douglas, fijnspar, Corsicaanse den, Japanse lariks. De plots liggen grotendeels in 'normale' multifunctionele bossen, zodanig dat een beeld ontstaat van het 'gemiddelde' Nederlandse bos.

Werkwijze

Er zijn 2 onderzoekslijnen uitgezet:

1. Relaties tussen plantensoorten en bodemfactoren in de tijd (o.a. bodem-pH, nutriënten)
   - Analyse monitoringresultaten bodemparameters uit 2000 (Meetnet Vitaliteit en Verdroging) en confrontatie met resultaten van 1990 en 1995 om ontwikkelingen in bodemzuurgraad en stikstoftoestand in relatie tot ontwikkelingen in soortensamenstelling te kunnen vaststellen.
   - Afleiden responsiecurves van soorten op veranderde milieufactoren op basis van monitoringgegevens bodem en flora over de periode 1990-2000 en informatie uit de KENNAT database (wat zeggen de soorten over evt. milieuverandering).
   - Een kort literatuuronderzoek naar tolerantie van soorten voor zuren en evt. toxische stoffen (Al^{3+}, phenolen) en naar OBN ervaringen met effectgerichte maatregelen. Dit literatuuronderzoek moet nog eens scherp in beeld brengen welke inzichten en ervaringen zijn opgedaan in EGM-kader en moet leiden tot een overzicht van uitgevoerde en niet uitgevoerde veldexperimenten.
2. Veldexperimenten gericht op herstel van abiotische condities in multifunctioneel bos via ingrijpen in bodemecosystemen.
   - In overleg met de Unie van Bosgroepen zal een plan worden opgesteld en gezamenlijk ten uitvoer worden gebracht om experimenten te starten waarmee op korte termijn inzicht ontstaat in de effectiviteit van nieuwe maatregelen. Hierbij wordt ingezet op combinatie van maatregelen die niet eerder zijn uitgevoerd of een innovatief karakter hebben. Te denken valt aan:
     a. Combinaties van eerder uitgevoerde maatregelen.
     b. Enten van bosbodems met strooisel/plaggen met een vitale micro- en macroflora in combinatie met bekalking of andere maatregelen.
     c. Biomonitoring door inbrengen van zaden/knolletjes.
     d. Voorgesteld wordt de inzichten en huidige kennis over effecten van boomsoortenkeuze (Linde, Es, Hazelaar en Berk) ter bestrijding van verzuring als belangrijk aandachtspunt in overweging te nemen bij het zoeken naar maatregelen op de lange termijn.

Leeswijzer

Dit tussenrapport beschrijft de resultaten van onderzoek dat in 2006 werd uitgevoerd. In hoofdstuk 2 worden de resultaten beschreven van de analyse van veranderingen in bodemvariabelen over de periode 1990-2000 in het meetnat Vitaliteit en Verdroging. In hoofdstuk 3 wordt besproken wat de resultaten zijn van de analyse van de verandering in vegetatieparameters over de betreffende periode. In hoofdstuk 4 worden een aantal relevante bevindingen uit het beknopte literatuuronderzoek besproken. Hoofdstuk 5 betreft een synthese van gevonden resultaten en conclusies en vormt de opmaat naar een opzet voor innovatieve effectgerichte maatregelen waarvan het concept in hoofdstuk 6 wordt gepresenteerd.

2 Veranderingen in bodemvariabelen van het meetnet Vitaliteit en Verdroging tussen 1990 en 2000

2.1 Methoden

2.1.1 Selectie locaties

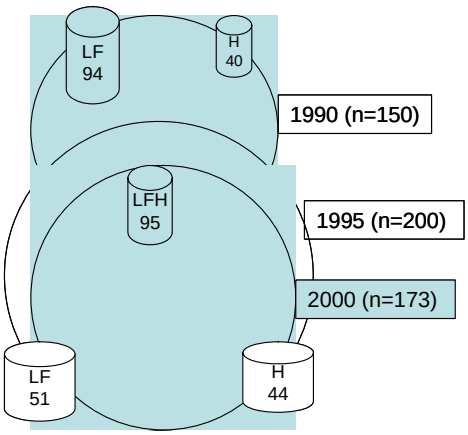
Ongeveer 3000 steekproefpunten afkomstig uit de vierde bosstatistiek hebben als basis gediend voor de selectie van 200 bosopstanden van het meetnet Vitaliteit en Verdroging, dat in 1995 van start ging (Leeters and De Vries, 2001). Daarbij zijn ook 150 opstanden betrokken die door het DLO-Staring Centrum in 1990 bodemkundig werden geanalyseerd in het kader van het Additioneel programma bodemverzuring (De Vries en Leeters, 2001). Het meetnet werd in 2000 voor de laatste keer bodemkundig en vegetatiekundig opgenomen (Schoonderwoerd et al. 2006). Tabel 1 geeft een overzicht van de ecosysteemcompartimenten die in de verschillende jaren zijn geïnventariseerd en de instanties die het onderzoek uitvoerden. In 1990 en 1995 werden de bodembemonsteringen en -analyses uitgevoerd door DLO-Staring Centrum uit Wageningen (DLO) en in 2000 door het Centraal Bodemkundig Instituut uit Deventer (CBI).

Tabel 1. Overzicht van het aantal onderzochte opstanden, geanalyseerde ecosysteem compartimenten en bij het bodemonderzoek betrokken instanties.

Jaar	Bodem opname	Aantal opstanden	Boomlaag	Vegetatie opname	Bemonsterde laag en diepte (cm)		
					Strooisel laag	Vaste fase minerale bodem	Bodem vocht
1990	DLO	150	Nutriënten Groei	Nee	LF H	0-30	0-30 60-100
1995	DLO	200	Nutriënten Groei	Ja	LF H	0-10 10-30	0-10 10-30
2000	CBI	173	Nutriënten groei	Ja	LF H	0-10	0-10 10-30
Gemeen-schappelijk		**99**					

In het huidige onderzoek is voor de analyse gebruik gemaakt van databestanden afkomstig van locaties die in elk van de 3 jaren werden bemonsterd. Uiteindelijk resteerde een gemeenschappelijk databestand afkomstig van 99 locaties die in elk van de jaren werden bemonsterd en geanalyseerd. Deze locaties werden gecontroleerd op bodemtype. Vijf locaties die op veengrond bleken te zijn gelegen werden niet representatief geacht of uitgesloten omdat de pH van de minerale bovengrond een extreem hoge waarde bezat (pH>6; gem. pH<3,5 en sd=0,3). Uiteindelijk bleven slechts 95 opstanden op minerale zandgronden over waarvoor een paarsgewijze vergelijking kon worden uitgevoerd. Er werd geen onderscheid gemaakt naar boomtype van de opstand.

In 1990 werd gestart met onderzoek in 150 opstanden (zie Figuur 1). Het ectorganisch deel van het humusprofiel (LFH-horizonten) werd in zijn geheel verzameld en alleen als de H-horizont dikker dan 1 cm was, werden tevens de LF- (n=94) en H-horizont (n=40) afzonderlijk bemonsterd en geanalyseerd. In 1995 werd het meetnet uitgebreid tot 200 opstanden om een meer gebalanceerde opzet (naar boomsoort en bodemtype) te verkrijgen. In 2000 waren nog 173 opstanden van het meetnet aanwezig die intact werden bevonden voor bemonstering. Daarvan waren 51 opstanden aanwezig waar de LF-horizont en 44 (andere) opstanden waar de H-horizont tevens in 1995 afzonderlijk kon worden bemonsterd en een paarsgewijze vergelijking kon worden uitgevoerd. Er waren 95 opstanden aanwezig waarvan voor alle jaren de LFH-horizont (ectorganische horizont) als geheel werd verzameld.



Figuur 1. Schematische weergave van de populatie omvang van de opstanden en bemonsterde humus compartimenten in 1990, 1995 en 2000.

2.1.2 Selectie en analyse variabelen

Vervolgens werd nagegaan welke variabelen en parameters in alle jaren werden geanalyseerd. Het blijkt dat alleen de gehalten (nutriënten, organische stof, elementen etc.) van de LFH-, LF- en H-horizont in alle jaren werden bepaald (zie Bijlage 1). Er kan dus uitsluitend een analyse van veranderingen in gehalten worden gemaakt. Het blijkt niet mogelijk om ook pools/voorraden te vergelijken, omdat niet in alle jaren diktes en/of bulkdichtheid van bemonsterde horizonten werden gemeten. Alle gehalten werden gestandaardiseerd naar massa per eenheid organische stof. Gecontroleerd werd of de chemische analysemethoden die in de verschillende jaren werden gebruikt, overeenkwamen. Voor de gebruikte analysemethoden wordt verwezen naar de basisrapporten (Leeters & Vries 2001, De Vries en Leeters 2001).

De diverse parameters zijn getoetst op significante verschillen tussen de verschillende jaren met een 2-zijdige gepaarde student T-toets. Er was geen enkele opstand aanwezig waarvan in zowel 1990 als in 2000 de LF en H afzonderlijk werden bemonsterd, zodat er over die periode geen paarsgewijze vergelijking van LF- en H-horizont afzonderlijk kon worden uitgevoerd. Wel was een vergelijking tussen 1990 en 2000 mogelijk van de LF- en H-horizont op basis van een vergelijking van

verschillende deelpopulaties. In dit geval werd getoetst op significante verschillen met een 2 zijdige student T-toets voor 'two sample, unequal variance'.

2.1.3 Vergelijking van methoden

Kenmerkend voor projecten waarbij ontwikkelingen in de tijd van een ecosysteem-compartiment worden gevolgd is dat er vaak meerdere jaren tussen de opnamen zijn gelegen. Als bij herhaalde bemonstering en analyse van (bodem)monsters bovendien verschillende uitvoerende instanties betrokken zijn bestaat er een risico dat er verschillende methodieken worden toegepast als er geen duidelijke protocollen beschikbaar zijn. Het verschil in waarden van een variabele die in verschillende jaren is gemeten kan dan het gevolg zijn van een verschil in analyse of monstermethoden.

In 1990 en 1995 zijn bemonsteringen en analyses op identieke wijze uitgevoerd conform standaardwerkvoorschriften van het toenmalige DLO-Staring Centrum. In 2000 zijn bemonsteringen uitgevoerd onder verantwoording van het Centraal Bodemkundig Bureau in Deventer, die de monsters extern heeft laten analyseren deels bij een sterlab geaccrediteerd lab Alcontrol BV te Hoogvliet en deels bij Koch Bodemtechniek in Deventer. De door beide organisaties gebruikte analyse methoden zijn vergeleken. Volgens Henny Schoonderwoerd (mond. meded.) zijn de analyses-methoden van 2000 zoveel mogelijk identiek geweest als in 1995 behoudens methodische ontwikkelingen. Een van de problemen in 2000 was ook de locatie uit 1995 terug te vinden op basis van het kaartmateriaal, dat slecht zou zijn gedocumenteerd. In Tabel 2 zijn de geanalyseerde parameters en de door de verschillende instanties gebruikte methoden vermeld, zoals afgeleid uit de resp. verslaglegging.

Tabel 2. Parameters extractie- en analysemethoden die door de verschillende instanties werden vermeld bij de analyserapporten. Verschillen zijn gemarkeerd. Een vraagteken geeft aan dat geen vermelding was opgenomen.

Parameter	1990, 1995 (SC-DLO)	2000 (CBB)	Methode
Total contents of:			
Ca, Mg,K,Zn,Cu, Cr, Ni	Sulphuric + nitric acid	nitric +chloric acid (NEN 6465)	ICP
P	idem	zwavelzuuroplossing	ICP
pH-KCl	?	?	
Exchangable contents of:			
Al,Fe,Ca,Mg,K, Na	0,01M Ag-thio-ureum 4 hrs	idem	ICP
NH4	1M KCl, Flow Injection Analyser (FIA)	idem, spectrometrie Berthelot	
CEC	Ag afname voor en na	idem	ICP
H-ionen	berekend CEC minus kationen	berekend idem	
Vochtfase:			
Maior-ionen	< 30hrs, 7500rpm, 20 min	<48hrs, 7500rpm, 20 min	
	centrifugeren,	herhaald centrifugeren	
	waarna direct pH-meting	waarna direct pH-meting	
	filtratie 0,45 mu	filtratie 0,45 mu	
	?	koeling	
Al,Fe,Ca,Mg,K,Na,SO4	ICP	ICP	
NH4, NO3	FIA	FIA	
Cl	FIA	colorimetrische titratie	

Uit Tabel 2 blijkt dat er kleine verschillen zijn in analysemethoden o.a. bij fosfaat-analyse (extractie). Uitw-NH4 is in 1995 via FIA gemeten en in 2000 spectrometrisch volgens Berthelot. De monsters in 1995 zijn binnen 30 uur na monstername gecentrifugeerd en op pH geanalyseerd, terwijl in 2000 binnen 48 uur analyse plaatsvond. Geen van beide studies vermeldt hoe de pH-KCl is bepaald. Geen van beide studies beschrijft de toestand van de monsters tussen monstername en centrifugeren. Bij hogere temperatuur kan bewaring leiden tot extra mineralisatie/oxidatie waarbij enig zuur kan worden geproduceerd, wat tot lager pH-waarden aanleiding kan geven.

2.2 Resultaten

2.2.1 Aciditeit

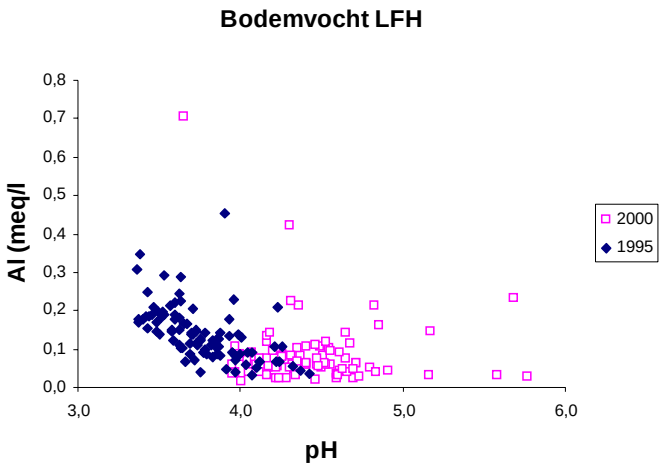
2.2.1.1 LFH 1990-2000

Vaste fase

Het blijkt dat een sterk significante (P<0,001) daling van de pH-KCl, de CEC en Al-uitw is opgetreden in de strooisellaag (LFH; zie Bijlage 2). De pH-H_2O en H-uitw veranderden niet. De aciditeit ([H+Al]/CEC) en de ratio van de uitwisselbare elementen [H+Al]/Ca stegen significant. Deze veranderingen zijn niet consistent. Tegenstrijdig in deze veranderingen is de daling van de pH-KCl in combinatie met een daling van het gehalte Al-uitw. Bij dalende Al-uitw mag een stijging van de pH worden verwacht.

Vochtfase

Hoewel in 1990 geen bodemvocht werd geanalyseerd van de strooisellaag (LFH), geeft de verandering daarin over de periode 1995-2000 een sterk significante stijging te zien van de pH en daling van de Al concentratie en de Al/Ca-ratio (Figuur 2; zie ook Bijlage 2), wat wel consistent is.



Figuur 2. Verband tussen de pH en de aluminiumconcentratie van de vochtfase van de strooisellaag in 1995 en 2000.

Conclusie
De veranderingen in de zuurgraad en Al-uitw van de vaste fase en de vochtfase van de LFH-horizont zijn niet consistent en tegenstrijdig met elkaar.

2.2.1.2 LF en H horizont

Om de tegenstrijdige ontwikkeling in pH en Al-uitw van de LFH-horizont nader te onderzoeken werden de LF- en H-horizonten afzonderlijk geanalyseerd op veranderingen. Voor veranderingen tussen 1990 en 2000 kon dit alleen worden gedaan door verschillende deelpopulaties te bekijken (Two samples unequal variance 1990-2000). Een paarsgewijze vergelijking was alleen mogelijk voor analyse van het verschil tussen 1995 en 2000.

Paarsgewijze vergelijking 1995-2000
De gepaarde vergelijking van LF en H-horizonten leidt tot een iets ander beeld dan bij de niet gepaarde vergelijking (tabel Bijlage 3). De meeste zuurgraad gerelateerde parameters veranderen niet. Alleen in de LF is een significante daling van de pH-KCl. Uitwisselbaar H en Al nemen echter niet toe.

Two samples unequal variance 1990-2000
Het blijkt dat in de LF geen verandering en in de H een significante stijging van de pH-H2O is opgetreden (Bijlage 3). Dit gaat samen met een significante daling van het gehalte Al-uitw en H-uitw van de organische stof in de H-horizont. Ook in de LF horizont treedt een significante daling van Al-uitw op maar geen daling in pH. De pH-KCl is niet veranderd. De veranderingen in Al-uitw en pH tussen 1990 en 2000 zijn wel consistent.

2.2.1.3 Discussie

Over de periode 1990-2000 treedt in alle bemonsterde horizonten (LF, H, LFH) een significante daling op van het Al-uitw. Dit gaat steeds gepaard met een (niet altijd significante) stijging van pH-H_2O. Alleen in de LFH treedt een significante daling op van de pH-KCl. Een logische relatie, waarbij een dalend Al-uitw samengaat met een stijgende pH, treedt ook op in het bodemvocht van de strooisellaag. Ook in de minerale bodemhorizont (0-10 cm) stijgt de pH-H_2O significant over de periode 1990-2000 (zie Bijlage 2).

Bij de paarsgewijze vergelijking van de LF en de H afzonderlijk treedt over de periode 1995-2000 bij de meeste zuurgraad gerelateerde parameters geen verandering op. Alleen is sprake van een significante daling van de pH-KCl.

Alle resultaten tezamen wijzen op een licht herstel van de zuurgraad. De stijging van de pH uit zich het sterkst in de H-horizont, de LF verandert nog niet erg. In de H-horizont neemt H-uitw af ten voordele van Ca-uitw. Dit uit zich in een significant licht herstel van de Ca/CEC ratio van 15 naar 23% (zie Bijlage 3). Een Ca/CEC ratio

van 25% wordt door Kemmers et al. (2002) als een kritische waarde beschouwd, waaronder bodemactiviteit sterk afneemt.

Het afgenomen Al-uitw (Bijlage 2 en 3) in de diverse horizonten zou samen kunnen hangen met de stijging van het organisch stofgehalte: deze stijging kan een gevolg zijn van een verminderde bijmenging van minerale delen door afgenomen bioturbatie. Minerale delen zijn de leverancier van verweerbare Al-oxiden. Maar misschien ontstaat door de afgenomen atmosferische zuurinput ook wel een afname van de verwering van minerale delen.

De toegenomen aciditeit ([H+Al]/CEC) in de LFH-horizont moet worden toegeschreven aan een significante daling van de CEC, want H- en Al-uitw zijn niet gestegen. Omdat de actuele CEC pH-afhankelijk is, zou een daling van de actuele CEC een gevolg kunnen zijn van een daling van de pH, maar er is een stijging van de pH opgetreden. Mogelijk dat de verandering van de CEC te maken heeft met een verandering in de aard van de organische stof (zie 2.2.2).

Door Olsthoorn et al. (2006) werden uit een selectie van ruim 5000 bosopstanden (van particuliere eigenaren) 5 groepen opstanden geselecteerd ter evaluatie van de effectgerichte maatregelen *bekalking* en *bemesting*: bossen met een nutriëntgebrek (arm) die wel (+) of geen (-) mestgift kregen en te zure bossen die wel (+) of geen (-) kalkgift kregen en een groep gezonde bossen. De pH-KCl van de minerale bodemlaag (0-25 cm) was vóór mest- of kalktoediening bepaald in de periode 1998-2000 en in 2004 werd een herhaalde bemonstering uitgevoerd (Tabel 3).

In gezonde bossen met een relatief hoge pH bleek een daling in pH op te treden over een periode van ca. 5 jaar. Ook indien de gezonde en niet verzuurde bossen (categorie a, b en c; pH>3,2) bij elkaar werden genomen en werden vergeleken met de bossen die geen kalkgift (cat a en c) kregen, was sprake van een pH daling. Zure bossen zonder kalkgift gaven echter een pH stijging te zien evenals zure bossen met bekalking. Uit deze analyse lijkt het beeld naar voren te komen dat de pH van sterk verzuurde bossen aan het herstellen is, zelfs zonder kalkgift. Gezonde bossen met een relatief hoge pH lijken echter verder te verzuren.

Tabel 3. *Gemiddelde pH-KCl waarden van de minerale bodemlaag (0-25 cm) in bossen met verschillende behandelingen voor en na de maatregelen (+/- met/zonder mestgift in arme bossen; +/- met/zonder kalkgift in zure bossen).*

		n	Voor (< 2000)		Na (2004)	
Code	Status		pH	Sd	pH	Sd
a	Gezonde bossen	*49*	3,88	0,62	3,59	0,42
b	Arme bossen +	*49*	3,64	0,32	3,50	0,33
c	Arme bossen -	*50*	3,66	0,28	3,67	0,31
d	Zure bossen +	*24*	2,98	0,11	3,15	0,26
e	Zure bossen -	*26*	3,00	0,11	3,32	0,42
	Totaal a+b+c	*148*	3,72	0,45		
	Totaal na a+c	*99*			3,63	0,37

2.2.1.4 Conclusie

In de strooisellaag lijkt sprake van een licht herstel van de zuurgraad. Dit uit zich in een afnemend gehalte Al-uitw en een stijgende pH. Dit effect is in de H-horizont sterker dan in de LF-horizont. Het effect wordt enigszins gemaskeerd indien de strooisellaag in zijn totaliteit in beschouwing wordt genomen. In het bovenste deel van de minerale bodem (0-10 cm) stijgt de pH evenals in de minerale bovengrond (0-25 cm) van verzuurde bossen. In de bovengrond van gezonde (geen voedsel-gebrek en niet te zuur) bossen lijkt de pH nog steeds te dalen.

2.2.2 Organisch stof, stikstof en kalium in strooisel

2.2.2.1 Veranderingen

In de ectorganische laag (LFH-horizont) namen over de periode 1990-2000 het organisch stofgehalte en elementair C-gehalte van de organische stof sterk significant toe, evenals de C/N ratio (Bijlage 2). Het N-totaal gehalte en NH_4^+-uitw daalden sterk significant. Dezelfde veranderingen over de periode 1990-2000 treden op indien de LF en H afzonderlijk worden geanalyseerd (Bijlage 3). Bij de paarsgewijze vergelijking van de LF en H over de periode 1995-2000 (Bijlage 3) zijn vergelijkbare trends, maar niet significant. Wel is ook daar sprake van een stijging van de C/N verhouding. De waargenomen veranderingen zijn consistent met elkaar.

In de LFH daalde het gehalte K^+- en NH_4^+-uitw sterk significant, maar de NH4/K ratio bleef ongewijzigd (Bijlage 3). Ook bij vergelijking van de LF en H afzonderlijk over de periode 1990-2000 treden deze veranderingen op (Bijlage 3). Tenslotte geeft ook de paarsgewijze vergelijking van de LF en H tussen 1995 en 2000 hetzelfde beeld (Bijlage 3). In de LF treedt echter ook een significante daling van de NH4/K ratio op in de periode tussen 1995 en 2000 (Bijlage 3). De veranderingen zijn daarmee consistent.

Discussie

De veranderingen in gehalten organische stof, stikstof en kalium zijn consistent. De toename in organische stofgehalte is sterk evenals de toename van de C/N ratio. Dit kan een gevolg zijn van meer input van strooisel in combinatie met een sterk afgenomen decompositie activiteit of een effect van verminderde bijmenging met minerale delen door bemonstering of door bioturbatie via dierlijke activiteiten. Het bemonsteringseffect, waarbij meer of minder minerale delen worden mee verzameld en in een organisch stofmonster ingesloten, kan worden afgetast met een rekenvoorbeeld. Stel:

5 kg (5000g) humus laag met C= 90% en N = 3% (C/N = 30)
5 kg (5000g) minerale laag met C= 3% en N = 0.15% (C/N = 20)
C/N ratio wordt dan 5000x (0.9+ 0.03)/5000 (0.03+ 0.0015) = 4650/157.5 = 29.5

Het effect van bijmenging lijkt dus mee te vallen.

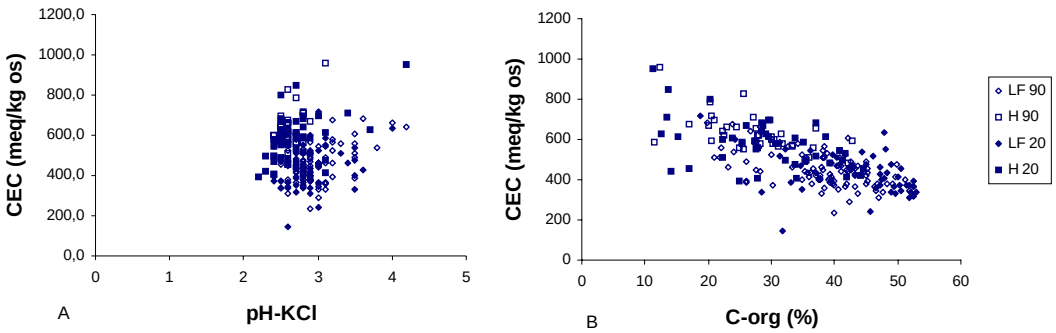
De toename van het organische stofgehalte en de afname van het totaal stikstofgehalte zouden ook kunnen wijzen op accumulatie van 'ruw' strooisel, wat zich uit in een stijging van de C/N verhouding van de strooisellaag. Er stapelt dan strooisel met een lager N-gehalte. Er blijkt nauwelijks verschil te zijn in C/N tussen LF en H (Bijlage 3), terwijl verwacht mag worden dat door humificatie de H-horizont een lagere C/N verhouding heeft door microbiële N-immobilisatie. Immers bij humificatie verdwijnt koolstof door decompositie en wordt stikstof vastgelegd door micro-organismen en pas indien de stikstofhonger van micro-organismen is gestild (een kritische C/N waarde wordt onderschreden) dan pas zal netto N-mobilisatie optreden. Er vindt kennelijk geen N-immobilisatie meer plaats bij de overgang van LF naar H. Hieruit zou kunnen worden afgeleid dat er geen N-honger meer aanwezig is bij micro-organismen en dat er sprake is van N-verzadiging.

In 1990 werd de strooiselmassa vastgesteld in 2000 niet. Het is daarom niet mogelijk een strooiselbalans op te stellen. Veronderstellend dat de verhouding tussen het percentage en de massa organische stof in 1990 en 2000 gelijk zijn, kan worden afgetast hoeveel strooiselmassa per jaar zou moeten zijn geaccumuleerd om het percentage organische stof in 2000 te verklaren (Tabel 4). Er zou dan (56,8-49,8=) 7 en (22,3-20,8=) 1,5 ton.ha^{-1} LF resp. H materiaal (als droge stof) over een periode van vijf jaar moeten zijn geaccumuleerd (er was geen wezenlijk verschil tussen 1990 en 1995, zie tabel Bijlage 3). Op jaarbasis komt dat overeen met 1,4 resp. 0,3 ton ds.ha^{-1}.jr^{-1}. Veronderstellend dat H materiaal gevormd is uit LF materiaal zou dan jaarlijks 1,7 ton strooisel op de bosbodem moeten zijn gevallen, waarvan 0,3 ton is omgezet in H materiaal. Door Ellenberg en Mayer (1986) wordt de strooiselproductie in Beuken- en Sparrenopstanden over een periode van 10 jaar geschat op 3 tot 3,4 ton ds.ha^{-1}.jr^{-1}. De organische stofaccumulatie over de beschouwde periode kan dus zeer wel het gevolg zijn van strooiselval en een stagnerende decompositie.

Tabel 4*. Gemeten percentages organische stof in 1990 en 2000, gewogen massa's droge en organische stof in 1990 en berekende massa organische stof in 2000.*

	1990		2000	
	LF	H	LF	H
OS(%)	66,6	44,3	75,9	47,52
Massa ds (ton/ha)	74,8	47,0	?	?
Massa os (kg/m2)	49,8	20,8	56,8	22,3

Opvallend is dat de CEC_{act} van de organische stof een dalende tendens te zien geeft over de periode 1990-2000 (Bijlage 3). Deze daling tussen 1990 en 2000 is significant in de LFH. De daling van de CEC is mogelijk een pH effect. Indien er sprake zou zijn van een pH effect, dan zou een dalende CEC moeten samen gaan met dalende pH. Er is echter sprake van een stijging van de pH. Het pH-effect komt in de dataset niet tot uiting (Figuur 3a). De LF heeft hogere gehalten organische stof maar een lagere CEC dan de H-horizont (Bijlage 3). De CEC per eenheid organisch stof stijgt bij dalend koolstofgehalte van een humushorizont (Figuur 3b).



Figuur 3. Verband tussen de actuele CEC van de organische stof en A) pH-KCl en B) organisch C-gehalte, gemeten in LF en H horizonten in 1990 en 2000.

Verwacht mag worden dat door bodemactiviteit (bioturbatie/ decompositie/humificatie) het percentage organische stof van een strooiselhorizont daalt. Daarom heeft de (gehumificeerde) H-horizont i.h.a. een lager organisch stof-gehalte dan de LF-horizont. Kennelijk heeft gehumificeerde (stabiele) organische stof (H-horizont) meer adsorptiecapaciteit per eenheid organische stof dan onverteerd strooisel in de LF (zie Bijlage 3). Dit komt vooral tot uiting in een hoge H- en Al-bezetting (aciditeit) van de organische stof in de H-horizonten.

Uit de waargenomen ontwikkelingen in C- en N-gehalten en de CEC van de LF- en H-horizont over de periode 1990-2000 ontstaat het beeld van een afgenomen bodemactiviteit, waarbij minder N wordt geïmmobiliseerd door micro-organismen en de omzetting naar stabiele organische stof (humificatie) met een relatief grote adsorptiecapaciteit stagneert.

Het afgenomen gehalte NH_4^+-uitw in de strooiselhorizonten wijst ofwel op een verminderde N-input via depositie, ofwel op toegenomen nitrificatie, ofwel op opname door gewas. Opname van NH_4^+ via microbiële immobilisatie lijkt uitgesloten (zie hiervoor). Nitrificatie leidt tot verzuring. De pH lijkt echter iets te stijgen. De pH stijging kan worden verklaard uit de afgenomen SO_x-depositie (bron Milieubalans RIVM). De NO_x en NH_x depositie blijven over periode 1990-2000 vrijwel gelijk, terwijl de NO_x en NH_x emissie met 25-30% is afgenomen (De Vries et al., 2002). De ratio (NH4+NO3)/SO4 in het bodemvocht (tabel Bijlage 2) is sterk significant gestegen, wat in overeenstemming is met de sterk afgenomen SO_4 concentratie en S-depositie en de nauwelijks veranderde N-depositie over de periode 1990-2000. Hieruit zou moeten worden geconcludeerd dat uitwisselbaar NH_4^+ is afgenomen door toegenomen nitrificatie (zie Tekstbox 1 reactievergelijking 5).

Het geproduceerde nitraat wordt waarschijnlijk niet opgenomen door de bomen, want het strooisel is N-armer (zie tabel Bijlage 2, 3). Er lijkt ook geen sprake van N-immobilisatie door micro-organismen (schimmels en bacteriën), want er is geen verschil in C/N tussen LF en H en bovendien neemt de C/N in de tijd toe. Blijft over nitraatopname door de kruidlaag of nitraatuitspoeling. Uit de verandering van de concentraties NH_4^+ en NO_3^- in het bodemvocht van de LFH over de periode 1995-2000 (tabel Bijlage 2) blijkt dat ammonium afneemt (0,41 → 0,28 meq.l^{-1}) en

nitraat (0,74 → 0,85 meq.l^{-1}) toeneemt, wat inderdaad een aanwijzing is voor een versterkte nitrificatie. Nitrificatie treedt ook onder zure omstandigheden op (Tietema et al. 1992, Smit et al. 2002) Bosbegrazing. Ook in de minerale laag 0-10 neemt over 1995-2000 ammonium af (0,21→0,12 meq.l^{-1}) en nitraat toe (0,62→0,68 meq.l^{-1}).

2.2.2.2 Conclusie

Geconcludeerd kan worden dat door de licht gestegen pH en de afgenomen aluminiumconcentraties, de nitrificatie weer aarzelend op gang is gekomen in een systeem dat sterk beïnvloed is geweest door ammonium. Hoewel microbiële nitrificatie lijkt toe te nemen, werd uit de toename van het organisch stofgehalte in combinatie met een afname van de CEC in het strooiselpakket geconcludeerd dat bioturbatie en humificatie juist zijn teruggelopen over de periode 1990-2000. Uit de waargenomen ontwikkelingen over de periode 1990-2000 ontstaat het beeld van een afgenomen humificatie-activiteit en verminderde stikstofimmobilisatie door microbieel bodemleven, waardoor de omzetting naar stabiele organische stof (humificatie) met een relatief grote adsorptiecapaciteit stagneert.

De herstellende zuurgraad heeft kennelijk al wel effect op autotrofe microorganismen (nitrificeerders), maar nog niet op heterotrofe ‘general purpose-dacay-organisms’ zoals schimmels of bacteriën. Microbieel bodemleven controleert via een bottom-up relatie de mesofauna zoals mijten, springstaarten en potwormen, die verantwoordelijk zijn voor bioturbatie en de humificatie (Kemmers et al. 2007)

Het aarzelend herstel zou zich moeten uiten in het terugschuiven van een door ammonium naar een door nitraat gevoed bosecosysteem.

Tekstbox 1 Zuurproducerende processen

Directe verzuring via oplossing van gassen in regenwater:

$2NO_2 + ½O_2 + H_2O \rightarrow 2HNO_3 \rightarrow 2H^+ + 2NO_3^-$ (1)

$SO_2 + ½O_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4 \leftrightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$ (2)

Indirecte verzuring

$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4^+ + OH^-$ (3)

$2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow 2\ NH_4^+ + SO_4^{2-}$ (4)

Nitrificatie

$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + 2H^+$ (5)

$NH_3 + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + OH^- + 2H^+$ (3+5)

$NH_3 + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + H^+$ (=6)

Plantopname

$NH_4^+ + H^+$-wortel $\rightarrow NH_4^+$-wortel $+ H^+$ (7)

$NH_3 + \cancel{H_2O + NH_4^+} + H^+$-wortel $\rightarrow \cancel{NH_4^+} + \cancel{OH^-} + NH_4^+$-wortel $\cancel{+ H^+}$- (3+7)

$NH_3 + H^+$-wortel $\rightarrow NH_4^+$-wortel (=8)

(NH_4^+ opname door plant na indirecte verzuring is dus een neutraal proces
Nitraatopname na nitrificatie na indirecte verzuring is zuurvormend
Nitraatopname na directe verzuring is een zuur neutraal proces
Directe verzuring door SO_2 depositie is een verzurend proces)

Een extra input van ammonium (via depositie) zal via nitrificatie worden omgezet in nitraat. Er ontstaat een overmaat aan nitraat als andere elementen (P,K) groeibeperkend zijn geworden voor primaire productie. Als nitraat niet meer wordt opgenomen wordt ook het gevormde zuur niet meer opgenomen en zal verzuring optreden. Door deze verzuring zal de nitrificatie activiteit afnemen en ammonium accumuleren. Ammonium zal alleen door specifieke soorten (e.g. *Deschampsia flexuosa*) kunnen worden opgenomen, omdat het voor de meeste soorten giftig is. Ammoniumaccumulatie is ontzurend (want ammoniumvorming gaat gepaard met OH^- vorming vgl. 3), tenzij ammonium wordt opgenomen (want ammoniumopname gaat gepaard met zuur-afgifte, dat OH^- weer neutraliseert) wat een neutrale reactie oplevert (vgl 7-8). Ammoniumopname is wel verzurend als het bij ammoniumproductie gevormde OH^- al eerder door sulfaatvorming (vgl. 2) werd geneutraliseerd (vgl 4). Dus bij gelijktijdige SO_2 en NH_3 depositie zal ammonium-accumulatie en opname verzurend werken. De zuurionen tasten de zuurbuffers aan.

2.2.3 Bodemvocht in de minerale bovengrond

2.2.3.1 Veranderingen

In 1990 werd de laag 0-30 cm van de minerale bovengrond bemonsterd op bodemvocht. In 1995 en 2000 werd zowel de laag 0-10 cm als 10-30 cm bemonsterd. Strikt genomen kan daardoor geen vergelijking tussen 1990 en beide andere jaren worden gemaakt. Via een gewogen middeling van de laag 0-10 en 10-30 werd voor 1995 en 2000 toch een paarsgewijze vergelijking met 1990 mogelijk gemaakt (zie ook de Vries et al. 2002). Tabel 5 geeft de concentraties van de verschillende bodem-vochtparameters in de verschillende jaren.

Tabel 5. Gemiddelden en standaardafwijkingen van een aantal chemische elementen in het bodemvocht van de minerale bovengrond (0-30 cm) in 1990, 1995 en 2000.

		1990		1995		2000		Sign.		Tprob	
	Aantal	90		90		90					
	Dimensie	Gem.	*Sd*	Gem.	*Sd*	Gem.	*Sd*	90-00	95-00	90-00	95-00
pH	-	3,65	*0,43*	3,92	*0,59*	4,87	*0,75*	***	***	0,000	0,000
Al	mmol/l	0,94	*1,31*	0,36	*0,22*	0,32	*0,21*	***	ns	0,000	0,098
Ca	mmol/l	0,67	*0,69*	0,38	*0,44*	0,51	*0,49*	ns	***	0,063	0,000
Mg	mmol/l	0,33	*0,25*	0,16	*0,08*	0,23	*0,14*	***	***	0,000	0,000
K	mmol/l	0,24	*0,19*	0,11	*0,10*	0,13	*0,08*	***	ns	0,000	0,082
NH4	mmol/l	0,38	*0,54*	0,16	*0,24*	0,10	*0,13*	***	*	0,000	0,016
NO3	mmol/l	0,75	*0,84*	0,57	*0,42*	0,57	*0,44*	**	ns	0,039	0,708
Cl	mmol/l	1,45	*0,94*	0,42	*0,25*	0,74	*0,37*	***	***	0,000	0,000
SO4	mmol/l	1,49	*1,83*	0,83	*0,56*	0,53	*0,31*	***	***	0,000	0,000
Al/Ca	mol/mol	1,93	*1,72*	1,56	*1,25*	0,91	*0,72*	***	***	0,000	0,000
NH4/NO3	mol/mol	0,88	*1,15*	0,44	*0,80*	0,41	*0,87*	***	ns	0,000	0,778
SO4/NO3	mol/mol	5,22	*13,72*	2,59	*4,23*	7,19	*21,64*	**	*	0,002	0,046
SO4/Cl	mol/mol	1,00	*0,59*	1,91	*1,42*	0,76	*0,34*	*	***	0,013	0,000

Sinds 1990 is in het bodemvocht een continue, significant stijgende trend in pH in combinatie met een significant dalende Al^{3+} concentratie opgetreden. Concentraties NH_4^+ en SO_4^{2-} dalen significant. Daarentegen zijn Ca^{2+} en Mg^{2+} na een significante daling vanaf 1990 sinds 1995 weer significant gestegen. De concentraties in 2000 zijn echter nog steeds significant lager dan in 1990. De K^+ concentratie is sinds de significante daling tussen 1990 en 1995 in 2000 niet verder gedaald. De ratio Al/Ca en NH4/NO3 zijn significant gedaald.

Discussie

Ook de verandering in de bodemvochtsamenstelling wijst op een verminderde zuurinput, een afnemende Al verwering in de minerale bodem en een herstel van de zuurbuffer. Voor een belangrijk deel moet dat worden toegeschreven aan een verminderde sulfaat- en ammoniumuitspoeling. De voortzettende afname in ammoniumconcentratie in combinatie met een nog maar nauwelijks afnemende nitraatconcentratie wijst op een toenemende nitrificatie.

De trendbreuk in de daling van de concentratie basische kationen (Ca, Mg) in het bodemvocht waarbij in 1995 een omslag naar een stijging werd waargenomen, kan wijzen op een toegenomen uitspoeling van basische kationen uit de strooisellaag sinds 1995. Dit zou weer kunnen samenhangen met de waargenomen daling van de CEC en de toegenomen aciditeit ([H+AL]/CEC) van de strooiselhorizont. Hierdoor neemt de netto concentratie van basische kationen in het strooiselvocht toe met versterkte uitspoeling als resultaat (zie ook tabel Bijlage 2).

De gesignaleerde daling van de K^+ concentratie in het bodemvocht en afname van K-uitw. (in combinatie met NH_4^+ afname) uit de strooisellagen in de periode 1990-2000 kan verklaard worden uit een afgenomen K-mobilisatie via verwering als gevolg van afgenomen zuurinput (zie Tekstbox 2). De stagnatie in de afname van K-uitw sinds 1995 in combinatie met de toename van basische kationen in grondwater sinds 1995 (De Vries et al. 2002) lijkt te kunnen worden verklaard uit naijling en een daarbij optredende (tijdelijke) interne verzuring.

Omzetting van ammoniak levert per Mol gevormd NH_4^+ 1 Mol OH^- (Tekstbox 1, vgl 3); Nitrificatie van 1Mol NH_4^+ levert 2 Mol H^+ (Tekstbox 1, vgl. 5). Eén Mol H^+

wordt gebruikt ter neutralisatie van het bij de ammonificatie gevormde OH^-. Plantopname van 1 Mol NO_3^- gaat gepaard met opname van 1Mol H^+. Een nitraat gevoed systeem ontwikkelt dus geen verzuring, of anders gezegd 'Gezonde (i.e. niet extreem zure) bossen zijn een nitraat gevoed systeem, als resultaat van nitrificatie'. Zodra SO_2 depositie terugloopt zal overschot ontstaan aan OH^-, wat vervolgens bij ammoniumopname weer wordt geneutraliseerd door zuurafgifte van de plant. Uitsluitend doorgaande ammoniakdepositie en opname in combinatie met een sterk teruggelopen SO_2 depositie zal dus zuurgraadneutraal uitwerken. Afgaande op de huidige trends in depositie (sterk afgenomen SO_2 depositie, lichte daling N-depositie) mag dus geen sterk verzurend effect meer worden verwacht, zolang het ammonium maar wordt opgenomen. Verzuring is dus vooral toe te schrijven aan de combinatie van NH_3 en SO_2 depositie. Blijft nog een directe vorm van verzuring over nl. vorming van salpeterzuur uit NO_2 gas wat 2Mol H^+ oplevert (vgl. 1).

We constateerden een afname in NH_4^+-uitw, dat werd toegeschreven aan een zich herstellende nitrificatie. Er is immers nog geen sterke afname in NH_3 depositie en N-immobilisatie via NH_4^+ opname door micro-organismen was niet waarschijnlijk. De aantrekkende nitrificatie produceert echter weer 2 Mol zuur waarvan nog 1 Mol zuur overblijft in geval van nitraatopname door planten. Bij aantrekkende nitrificatie en nitraatopname is dus weer enige zuurproductie te verwachten, wat in werkt tegen de gesignaleerde trend in pH stijging (a.g.v. afgenomen atmosferische SO_2-depositie). De pH stijging door afgenomen depositie is dus mogelijk iets geremd door de nitrificatie (als geen nitrificatie zou zijn opgetreden dan zou de pH wellicht sterker zijn gestegen) en verklaard mogelijk het soms tegenstrijdige beeld bij het geconstateerde gedrag van de verschillende verzuringsparameters (b.v stijging pH en H-uitw).

2.2.3.2 Conclusie

De analyse van de verandering van de chemische samenstelling van het bodemvocht in de bovenste minerale bodemlaag is in lijn met analyses van veranderingen in de andere compartimenten en wijst op een afnemende verzuring.

2.2.3.3 Hypothese vegetatie respons

Er is een pH stijging gaande door minder zuurinput (met name minder SO_x). De N-input is niet wezenlijk veranderd maar er is wel een significante daling in NH_4^+-uitw. Deze daling is waarschijnlijk het gevolg van een toegenomen nitrificatie (indicatie hiervoor is een afname van de NH4/NO3 ratio in bodemvocht), waarbij het nitraat door de kruid/graslaag wordt opgenomen met enige eutrofiering als gevolg. Een pH stijging en een toegenomen nitrificatie doet verwachten dat de N-indicatie van de vegetatie in de ondergroei iets zal zijn toegenomen en de zuurindicatie iets zal zijn afgenomen over de periode 1990-2000.

Tekstbox 2 Zuurbuffering door silicaatverwering

De buffering van de via depositie gevormde zuurionen grijpt aan op het adsorptiecomplex van (voornamelijk) de strooiselhorizonten en primaire mineralen zoals (kali)veldspaten in de minerale bodem. Buffering van zuren door het adsorptiecomplex resulteert in verdringing en uitspoeling van basische kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}). Tegelijkertijd treedt verdringing op van basen door NH_4^{+}. Onder een kritisch pH niveau is de capaciteit van deze buffer verbruikt en zullen primaire mineralen in de minerale bodem deze rol overnemen.

Bij onvolledige verwering van kaliveldspaat ontstaat aanvankelijk gibbsiet:

$KAlSi_3O_8 + H^+ \rightarrow Al(OH)_3 + 3\ H_4SiO_4 + K^+$.
$\underline{Al(OH)_3 + 3H^+ \rightarrow Al^{3+} + 3H_2O \qquad +}$
$KAlSi_3O_8 + 4H^+ \rightarrow Al^{3+} + 3H_4SiO_4 + 3H_2O + K^+$

(NB de aluminiumbuffer 2,8<pH<4,2) is gelijktijdig werkzaam met de ijzer(hydroxide)buffer (2,4<pH<3,8)

Onder zeer zure omstandigheden slaat gibbsiet niet meer neer en blijven Al^{3+} ionen in oplossing. In minerale horizonten zal dus zowel Al^{3+} als K^{+} gemobiliseerd worden. Via bioturbatie kunnen deze ionen gemakkelijk in H of evt. LF horizonten terecht komen. Kalium is vrij mobiel en zal weer makkelijk uitspoelen. De belangrijkste primaire bron van kalium is dus verwering van veldspaten in de bodem. Strooisel is een secundaire bron via decompositie.

Een afnemende zuurbelasting door verminderde SO_2 depositie etc. kan dus tot een afnemende verwering leiden en tot minder aluminium- en kaliummobilisatie uit veldspaten.

3 Veranderingen in de vegetatie van het Meetnet Vitaliteit en Verdroging tussen 1995 en 2000

3.1 Inleiding

In opstanden van het 'Meetnet Vitaliteit en Verdroging' zijn in 1990, 1995 en 2000 bodemchemische factoren bepaald en in 1996 en in 2000 vegetatieopnamen gemaakt. De bodem en vegetatiegegevens uit 1995/1996 zijn gebruikt om met behulp van multivariate statistiek de relatie vast te stellen tussen bodemfactoren en de soortensamenstelling van de bosvegetatie. Over de vegetatiebemonstering en de vegetatiekundige analyse is gerapporteerd door Van Dobben et al. (1997), over de relatie tussen bodem en vegetatie door Van Dobben & De Vries (2001). In de huidige studie is nagegaan welke veranderingen hebben plaatsgevonden in de vegetatie tussen 1996 en 2000. Eerst worden de methoden en resultaten van de vegetatie-bodem studie in 1995/6 hieronder kort samengevat.

3.2 Methoden

3.2.1 Vegetatieopnamen

In elk van de proefopstanden zijn vijf boomgroepen met stippen gele verf en nummerplaatjes gemarkeerd. Deze boomgroepen liggen in principe op een rechte lijn, te beginnen in de zuidwestelijke hoek van de opstand, op een onderlinge afstand van ± 20 m. De ligging van de boomgroepen ten opzichte van elkaar kan van een rechte lijn afwijken indien de terreinomstandigheden dit noodzakelijk maken. Het middelpunt van elke boomgroep behalve de eerste (in de zuidwestelijke hoek van de opstand) is gemarkeerd met een ingegraven elektronische verklikker. Van de vijf boomgroepen is de eerste niet gebruikt, in de overige vier zijn vegetatieopnamen gemaakt in een cirkel met een straal van 4,9 m (oppervlakte 75 m^2) rond het gemarkeerde middelpunt (Figuur 4). Op deze wijze wordt bereikt:

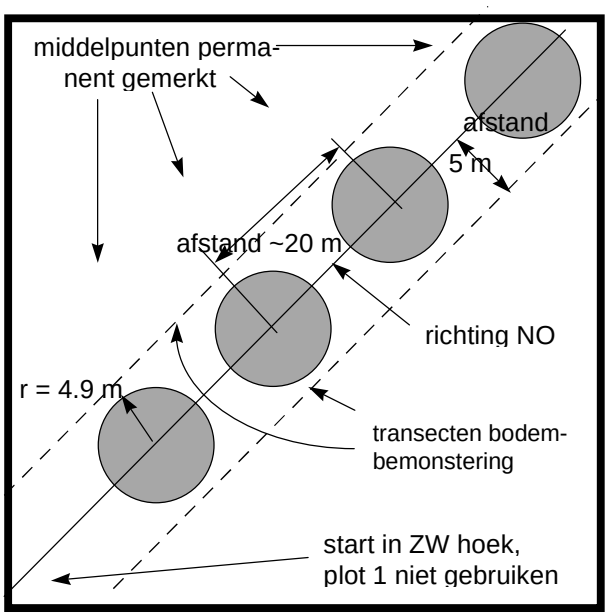
- een zo goed mogelijke spreiding van de vegetatiebemonstering over de (veelal heterogene) opstanden, zodanig dat het gemiddelde van de vier 'deel'opnamen als representatief voor de hele opstand beschouwd kan worden;
- een zo goed mogelijke correspondentie tussen de vegetatie- en de bodemgegevens (de bodemgegevens zijn langs hetzelfde gemarkeerde transect verzameld);
- een zo gering mogelijke kans dat bodemmonsters in de vegetatieopnamen verzameld zijn en zodoende de vegetatie beïnvloeden (de bodemmonsters zijn verzameld langs twee lijnen op ± 5 meter ter weerszijden van het centrale transect).

De methode die gebruikt is bij het maken van de vegetatieopnamen is vrijwel identiek aan die gebruikt voor de Vierde bosstatistiek (Dirkse 1987) en de herhalingsopnamen daarvan. Deze methode wordt hieronder beschreven. Een

belangrijk verschil met de 'Vierde-bosstatistiekmethode' is dat in het huidige project per opstand vier proefcirkels van elk 75 m^2 (totaal 300 m^2) zijn opgenomen in plaats van één proefcirkel van 400 m^2. De vegetatie werd opgenomen in vier lagen:

- boomlaag: alles wat hoger is dan 6 m
- struiklaag: alle houtige gewassen hoger dan 1,5 m en lager dan 6 m
- kruidlaag: alle hogere planten, voor zover niet in de boom of struiklaag
- moslaag: alle mossen en lichenen op de grond en op dood hout

Echte epifyten (op levende bomen) werden niet opgenomen.



Figuur 4. Opzet van een monsterpunt in het meetnet Vitaliteit en Verdroging.

De abundantie van de boomlaag werd geschat als kroonsluiting (procentuele bedekking van de projectie van de kroonomtrek op de grond), de abundanties van de andere lagen als reële bedekking (projectie van alle levende delen op de grond). De abundanties werden geschat als totaal per laag, en voor alle afzonderlijke soorten per laag, en gecodeerd in een 10-delige schaal (als in de Vierde Bosstatistiek). Wanneer een soort in verschillende lagen voorkwam (bijv. juveniele en volwassen bomen) werd deze voor elke laag apart geschat.

De mossen en lichenen werden op dezelfde wijze geschat als de hogere planten (in tegenstelling tot Dirkse 1987). Alle cryptogamen werden in het veld verzameld, en de determinaties werden achteraf gecontroleerd.

Bij de bewerking van de vegetatiegegevens is de boomlaag buiten beschouwing gelaten en zijn de andere lagen samengevoegd tot de maximum bedekking per soort. Verder zijn de deelopnamen samengevoegd tot de maximum bedekking per soort,

behalve bij de vergelijking 1996 - 2000, hier zijn (in beide perioden) de lagen samengenomen tot het gemiddelde per soort.

3.2.2 Verklarende bodemvariabelen voor multivariate analyse

Voor de statistische analyse zijn de volgende verklarende variabelen gebruikt:

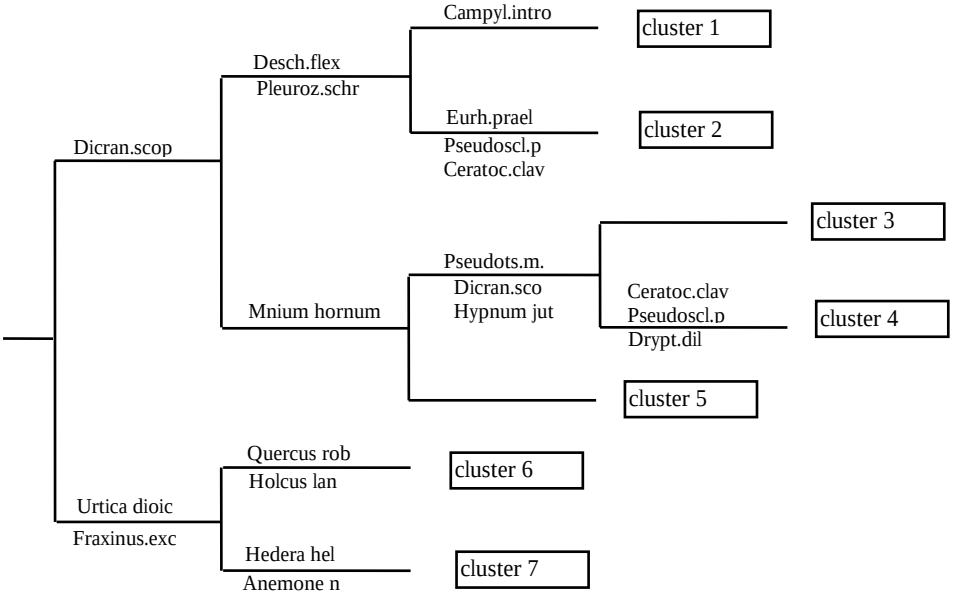
- pH en concentraties aan Al, Ca, Cl, K, Mg, Na, NH4, NO3, PO4, SO4 en organische anionen in bodemvocht van zowel strooisel als bovenste minerale laag;
- Totaalgehalten aan C, N, P, Al, Ca, K, Mg en Na in de strooisellaag;
- pH, CEC en uitwisselbare gehalten aan H, Al, Ca, Mg, K, Na en NH4 in zowel strooisel als minerale laag;
- Een aantal relevante element ratio's te weten N/C en P/C in strooisel en minerale laag, en BC/Al in zowel vaste als vloeibare fase van strooisel en minerale laag, waarbij BC staat voor de som van Ca, Mg en K.

Additioneel zijn niet-bodemchemische variabelen gebruikt die deels afkomstig zijn uit landelijke gegevensbestanden en modellen (gemiddelde neerslag over 1950-1980, en depositie van SO_x, NO_x, NH_y, Ca, Mg, K, Na en Cl in 1993) en deels uit metingen/schattingen in het veld (boomsoort, leeftijd, vochtleverend vermogen, gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand, dikte van de strooisellaag en locatie gegevens die de lokale depositie beïnvloeden, zoals afstand tot de bosrand).

3.3 Resultaten

3.3.1 Classificatie van de vegetatie

De vegetatieopnamen zijn met het programma TWINSPAN (Hill 1979) verwerkt tot een geordende tabel. Het resultaat daarvan is schematisch weergegeven in Figuur 5.



Figuur 5. Schematische weergave van de TWINSPAN classificatie, met differentiërende soorten.

In totaal zijn 285 soorten gevonden (exclusief indeterminaten en na samenvoegen van de lagen). Uit de ecologie van de differentiërende soorten blijkt dat de indeling voornamelijk bepaald wordt door de voedselrijkdom van de bodem. Clusters 1 en 2 bevatten vooral de zeer arme grovedennenopstanden, het meest met dominantie van Deschampsia flexuosa in de ondergroei. Clusters 3, 4 en 5 bevatten de iets rijkere opstanden, hetgeen tot uiting komt in de aanwezigheid van het mos Mnium hornum. Cluster 3 bevat de soortenarme, donkere opstanden, meestal met douglas, Corsicaanse den en fijnspar (soms eik) als hoofdboomsoort. Cluster 4 bevat de douglasopstanden met een wat rijkere ondergroei van onder andere varens en Ceratocapnos claviculata. Cluster 5 bevat donkere, soortenarme eiken en beuken-opstanden. Cluster 6 en 7 zijn de bossen van voedselrijke bodem, gekenmerkt door onder andere Urtica dioica. Cluster 6 zijn de rijkere eikenopstanden, en cluster 7 de rijke bossen van Zuid-Limburg en de Achterhoek, gekenmerkt door onder andere Hedera helix en Anemone nemorosa.

3.3.2 Relatie van de vegetatie met bodemchemische variabelen

De factoren die de vegetatie het meest bepalen zijn: boomsoort, bodemchemie (vooral beschikbaarheid van basische kationen), atmosferische depositie, en grond-waterstand (Bijlage 4). Van de atmosferische variabelen hebben de depositie van Mg en van SO_x een significant effect. Voor Mg hoeft dit niet te wijzen op een oorzakelijk verband omdat Mg sterk gecorreleerd is met de afstand tot de kust. Opvallend genoeg is er geen significante relatie tussen de indicatoren voor N depositie (NO_x en NH_y) en de soortensamenstelling van de vegetatie.

Het effect van N en P in de bodem is slechts beperkt en van deze twee heeft P een groter effect dan N, hetgeen wijst op N verzadiging van het ecosysteem. Voorts

werden aanwijzingen gevonden voor een toxisch effect van Al ionen. Het effect van boomsoort verloopt waarschijnlijk via de toetreding van licht. De effecten van de gemeten abiotische waarden komen redelijk overeen met de effecten zoals die verwacht worden op grond van Ellenberg's indicatorwaarden van de soorten. De biodiversiteit van de onderzochte opstanden, afgemeten aan het voorkomen van zeldzame en achteruitgaande soorten, is gering en is negatief gecorreleerd met de bedekking van de boomsoorten beuk en Douglas.

Van de bodemfactoren met een significant effect hebben er ongeveer evenveel betrekking op de strooisellaag als op de minerale laag (in het model van de tabel in Bijlage 4: 8 termen uit de strooisellaag met samen 9.5% verklaarde variantie, en 11 termen uit de minerale laag met samen 11.5% verklaarde variantie). De indicatoren voor pH, beschikbaarheid van basische kationen en Al spelen een belangrijke rol (samen ca. 15% verklaarde variantie in het 'significante' model). De BC/Al ratio, die veelal van groot belang voor de vegetatie wordt geacht, heeft wel een significant effect maar verklaart slechts een zeer beperkt deel van de variantie (ruim 2%, daarnaast wordt 3% van de variantie door Al zelf verklaard). Opvallend is dat meerdere indicatoren voor hetzelfde ion elk een eigen significant effect kunnen hebben (bijvoorbeeld voor Ca: de concentratie in de vloeibare fase van het strooisel, de totale hoeveelheid in het strooisel, de uitwisselbare hoeveelheid in de minerale laag, en de depositie). Waarschijnlijk heeft de vegetatie verschillende mechanismen om zich van één bepaald ion te voorzien. Hierbij is het mogelijk dat bij verschillende soorten verschillende mechanismen aanwezig zijn.

3.3.3 Verandering in de vegetatie tussen 1995 en 2000

In 1996 zijn in 199 van de 200 plots opnamen gemaakt, en in 2000 eveneens, maar dit zijn niet altijd dezelfde plots. In het bestand van 1996 komen drie plots voor die niet in het bestand van 2000 zitten (de nummers 37, 49 en 205) en in 2000 zijn er ook drie plots die in 1996 niet voorkwamen (9001, 9002 en 9003). Mogelijk zijn deze later aangelegd. In totaal zijn er dus 196 plots waarin op beide data opnamen gemaakt zijn. De opnamen zijn op twee manieren vergeleken:

1. per soort is gekeken naar de verandering in procentuele abundantie (verkregen door terugtransformatie van de eenheden van de '4de bosstatistiek schaal');
2. per opname is gekeken naar de verandering in ongewogen gemiddelde Ellenberg en WW indicatiegetallen, zonder minimum op het aantal soorten met een bekende indicatiewaarde (Wamelink 2005). WW (Wieger Wamelink) indicatie getallen zijn afgeleid uit de KENNAT database.

In beide gevallen is de significantie getoetst met een gepaarde Student's t-toets.

De tabel in Bijlage 5 geeft het resultaat voor de soorten. Dit betreft een selectie van soorten die in minstens 10 plots in één van beide jaren gevonden zijn. Uit de tabel blijkt dat het verschil voor geen enkele soort significant is; er zijn zelfs vrijwel geen soorten waarvoor t in absolute waarde groter dan 1 is! Wel zijn er en aantal zwak significante verschillen die wijzen op een tendens (T_{prob}>0,01). Zo nemen de grassen Molinia coerulea en Agrostis capillaris af in abundantie. Ook is er geen patroon te

ontdekken in de toe en afgenomen soorten; zowel nitrofiele als nitrofobe soorten zijn afgenomen. Bij de toegenomen soorten zitten vooral grassen en bomen, maar bij voorbeeld ook nitrofiele soorten als Rubus idaeus en nitrofobe soorten al Vaccinium myrtillus.

Tabel 6. Vverschil in indicatorwaarden (2000 min 1995).

indicator	verschil	T
licht	0.005	0.01
temperatuur	-0.021	-0.07
kontinentaliteit	0.008	0.03
vocht	0.070	0.26
zuur	0.007	0.02
vochtWW	-1.371	-0.40
zuurWW	0.033	0.20
nutrienten	0.065	0.17
NBW	0.201	0.20
Nsoorten	4.175	0.74
Simpson	0.027	0.26

Tabel 6 geeft het resultaat voor de indicatiewaarden. Ook hier is geen enkel verschil significant. Wel is er een tendens (zwak significant) naar iets zuurdere condities te herleiden uit de Ellenberg indicatiegetallen. Opvallend is dat het gemiddeld aantal soorten is toegenomen met ruim vier. Die toename werd ook in eerder studies over veranderingen in bosvegetatie gevonden (Van Dobben et al. 1999). Ook de Simpson index en de natuurbehoudswaarde namen toe, zij het niet-significant. De WW waarden hebben een veel hogere T dan de Ellenbergwaarden (maar nog lang niet significant).

3.4 Conclusies

- De soortensamenstelling in multifunctionele bossen kan voor ca. 44% worden verklaard uit boomsoort, bodemchemie, atmosferische depositie en grondwaterstand;
- Van de bodemchemische factoren verklaren de parameters die indicatief zijn voor de pH, beschikbaarheid van basische kationen en aluminium ca. 15% van de variatie. Parameters voor de fosfaatrijkdom van de bodem verklaren 2%. Voor stikstof kon geen significante bijdrage worden vastgesteld;
- Van de atmosferische variabelen draagt alleen sulfaatdepositie significant bij aan de verklaarde variatie in de vegetatie (1%). Indicatoren voor stikstofdepositie leveren geen significante bijdrage aan de variatie;
- Over de periode 1995 tot 2000 is voor slechts een beperkt aantal soorten een zwak significante verandering in de abundantie vastgesteld. Daarin is geen patroon te herkennen: zowel toename als afname van zowel nitrofiele als nitrofobe soorten komt voor;

- De zuurgraadindicatie volgens Ellenberg laat sinds 1995 een zwak significante daling zien, wat een indicatie is voor een tendens naar iets zuurdere bodem-condities;
- In een periode van 5 jaar zijn veranderingen moeilijk vast te stellen: ofwel de omstandigheden zijn niet of nauwelijks veranderd of de periode is te kort;
- Omdat over de periode 1990-2000 nauwelijks significante verschillen in bodem en vegetatie afzonderlijk zijn vast te stellen is het niet zinvol geacht een analyse uit te voeren waarbij veranderingen in vegetatie in verband worden gebracht met veranderingen in bodem.

4 Veranderingen in groeicondities op basis van indicatiewaarden van plantensoorten

4.1 Inleiding

Naast een analyse van de relatie tussen veranderingen in vegetatie- en bodemeigenschappen op basis van correspondentieanalyse (zie hoofdstuk 3), kunnen veranderingen in bodemeigenschappen ook worden afgeleid uit veranderingen in aanwezigheid of bedekkinggraad van plantensoorten die in de vegetatie voorkomen. Plantensoorten kunnen op basis van indicatiewaarden de toestand van de omgeving indiceren. In plaats van het veelgebruikte Ellenberg indicator systeem, een expert systeem, (Ellenberg et al. 1991) is hier gebruik gemaakt van indicatiewaarden gebaseerd op reële meetgegevens volgens Wamelink et al. (2005).

4.2 Methode

De analyse is gebaseerd op dezelfde opnamebestanden uit 1995 en 2000 zoals gebruikt in hoofdstuk 3. Voor de methode waarmee de vegetatie is opgenomen wordt naar het betreffende hoofdstuk verwezen.

Voor de vegetatieopnamen uit zowel 1995 als 2000 zijn op basis van de aanwezige soorten gemiddelde waarden berekend voor de bodemeigenschappen: pH-H_2O, pH-KCl, N-totaal, P- totaal, C/N en voor de concentraties NO_3-, NH_4^+ en K^+ in het bodemvocht. Gemiddelde waarden (met s.e.) zijn alleen berekend als er minimaal 4 soorten in een opname indiceerden. Hierdoor vallen een aantal opnamen af (zie Bijlage 6 en 7). Voor de vergelijking tussen 1995 en 2000 vallen hierdoor ook de gepaarde waarnemingen uit waarvan voor een van de twee opnamen geen waarde kon worden berekend. Voor de verschillende abiotische variabelen zijn vervolgens de gemiddelde indicaties van de opnamen uit 1995 via een regressieanalyse vergeleken met de gemiddelden van 2000.

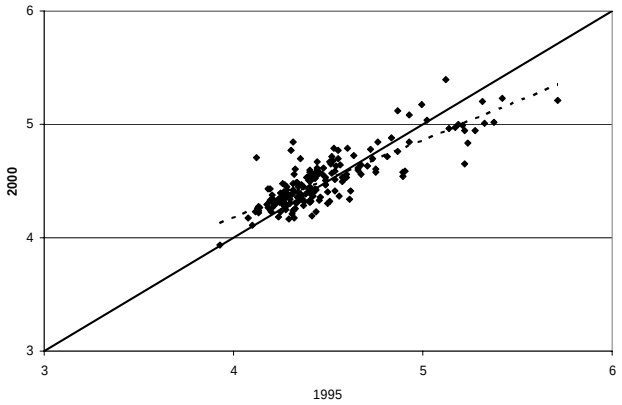
Hieronder worden de resultaten per element besproken met voor elk een regressieanalyse (met Anova) en een gepaarde t-toets om de waarnemingen uit 1995 en 2000 met elkaar te vergelijken. Alle statistische berekeningen zijn uitgevoerd in Microsoft Excel.

Bovenstaande exercitie is ook uitgevoerd per boomsoort. Tenslotte is ook gekeken naar de indicatieve waarden van ‘nieuwe’ soorten die alleen in 2000 werden aangetroffen in de opnamen.

4.3 Resultaten

4.3.1 Bodemzuurgraad (pH-H_2O)

De indicatiewaarden voor pH geven een significant verschil te zien tussen 1995 en 2000, hoewel het verschil minimaal is. In 2000 ligt de pH gemiddeld 0,03 pH eenheden hoger dan in 1995 (Tabel 7). De regressieanalyse laat zien dat er een significante relatie is tussen 1995 en 2000 (Tabel 7). De regressielijn wijkt echter significant af van de verwachte y=x lijn (Figuur 6). Er zijn opnamen met in 2000 een hogere pH, maar ook met een lagere pH. Opvallend is dat vooral opnamen met een lage pH in 1995 vaak een hogere pH hebben in 2000 en opnamen met een hoge pH in 1995 een lagere pH in 2000.



Figuur 6. Regressielijn (gestreept) voor de relatie tussen gemiddelde waarden voor pH-H2O op basis van soortensamenstelling van opnamen in 1995 en 2000.

Tabel 7. Resultaten regressieanalyse, Anova en t-Test (Paired Two Sample for Means) 1995-2000 voor pH-H_2O.

REGRESSION STATISTICS	
Multiple R	0.84
R^2	0.70
Adjusted R^2	0.70
Standard Error	0.13
Observations	183

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1.00	7.72	7.72	431.57	0.0000
Residual	181.00	3.24	0.02		
Total	182.00	10.96			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	1.44	0.15	9.77	0.0000	1.15	1.73
X Variable 1	0.68	0.03	20.77	0.0000	0.62	0.75

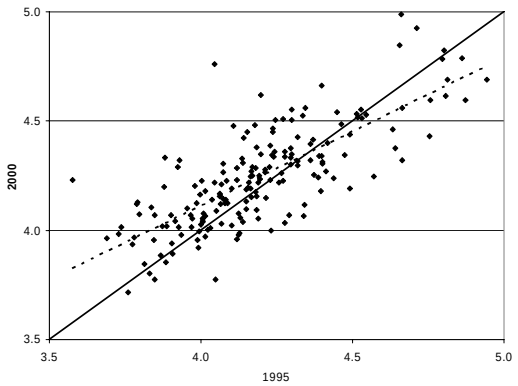
Tabel 7 - Vervolg. Resultaten regressieanalyse, Anova en t-Test (Paired Two Sample for Means) 1995-2000 voor pH-H_2O.

t-Test

	Variable 1	*Variable 2*
Mean	4.48178	4.506176
Variance	0.090808	0.060206
Observations	183	183
Pearson Correlation	0.839359	
Hypoth. Mean Difference	0	
df	182	
t Stat	-2.01261	
P(T<=t) one-tail	0.022815	
t Critical one-tail	1.653269	
P(T<=t) two-tail	0.04563	
t Critical two-tail	1.973084	

4.3.2 Bodemzuurgraad (pH-KCl)

Net als voor pH water is er voor pH-KCl een significant effect aanwezig (Tabel 8) en ook hier ligt de pH in 2000 hoger, maar ook hier zijn de verschillen gemiddeld genomen gering (Figuur 7). Echter wanneer wordt gekeken naar de individuele waarden dan valt op dat de spreiding en de absolute verschillen groter zijn dan voor pH water. Ook hier geven lage waarden in 1995 in 2000 gemiddeld een hogere waarde en relatief hoge waarden in 1995 in 2000 gemiddeld lagere waarden.



Figuur 7. Regressielijn (gestreept) voor de relatie tussen gemiddelde waarden voor pH-KCL op basis van soortensamenstelling van opnamen in 1995 en 2000.

Tabel 8. Resultaten regressieanalyse en anova en t-Test (Paired Two Sample for Means) 1995-2000 voor pH-KCl.

REGRESSION STATISTICS	
Multiple R	0.765167
R^2	0.58548
Adjusted R^2	0.583177
Stand. Error	0.149664
Observations	182

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	5.694712	5.694712	254.237	2.93E-36
Residual	180	4.03186	0.022399		
Total	181	9.726573			

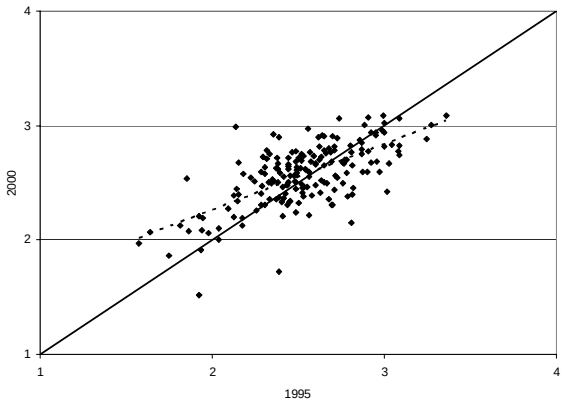
	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	1.395005	0.178904	7.7975	4.91E-13	1.041986	1.748024
X Variable 1	0.679679	0.042627	15.94481	2.93E-36	0.595566	0.763792

t-Test

	Variable 1	*Variable 2*		*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	4.188214	4.244274	t Stat	-4.29902	
Variance	0.064881	0.054631	P(T<=t) one-tail	1.44E-05	
Observations	171	171	t Critical one-tail	1.653866	
Pearson Correlation	0.759489		P(T<=t) two-tail	2.88E-05	
Hypoth. Mean Diff.	0		t Critical two-tail	1.974017	
df	170				

4.3.3 Totaal stikstofgehalte

Gemiddeld zijn er geen verschillen tussen 1995 en 2000 als er naar het totaal N wordt gekeken (Tabel 9). Ook hier is echter de regressielijn significant verschillende van de verwachte y=x relatie (Figuur 8). Opvallend is dat veel opnamen in 2000 een hoger N-totaal hebben dan in 1995, vooral die met een relatief laag totaal N in 1995. Er zijn echter ook opnamen waar de totale hoeveelheid N in de bodem is afgenomen.



Figuur 8. Regressielijn (gestreept) voor de relatie tussen gemiddelde waarden voor N-totaal op basis van soortensamenstelling van opnamen in 1995 en 2000.

Tabel 9. Resultaten regressieanalyse en anova en t-Test (Paired Two Sample for Means) 1995-2000 voor N-totaal.

REGRESSION STATISTICS	
Multiple R	0.668807
R^2	0.447302
Adjusted R^2	0.44418
Stand. Error	0.202421
Observations	179

ANOVA

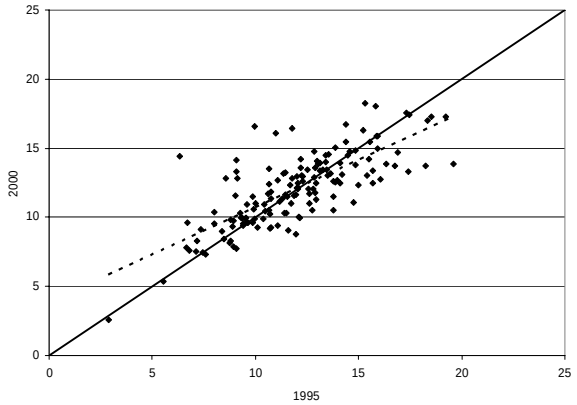
	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*	
Regression	1	5.869436	5.869436	143.2473	1.44E-24	
Residual	177	7.252421	0.040974			
Total	178	13.12186				
	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	1.116539	0.122198	9.137134	1.47E-16	0.875387	1.357692
X Variable 1	0.573394	0.047908	11.9686	1.44E-24	0.478849	0.667939

t-Test

	Variable 1	*Variable 2*		*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	2.524864	2.561276	t Stat	-1.90437	
Variance	0.102783	0.075972	P(T<=t) one-tail	0.029291	
Observations	168	168	t Critical one-tail	1.654029	
Pearson Correlation	0.663935		P(T<=t) two-tail	0.058581	
Hypoth. Mean Diff.	0		t Critical two-tail	1.974271	
df	167				

4.3.4 Nitraat

Het NO_3 gehalte in de bodem is over alle opnamen gemiddeld tussen 1995 en 2000 niet veranderd (Tabel 10). Ook voor NO_3 laten de lagere waarden gemiddeld een toename zien en laten de hogere waarden gemiddeld een daling zien (Figuur 9). Over de hele range zijn er opnamen die zowel een toename als een afname in NO_3 gehalte laten zien.



Figuur 9. Regressielijn (gestreept) voor de relatie tussen gemiddelde waarden voor NO3 op basis van soortensamenstelling van opnamen in 1995 en 2000.

Tabel 10. Resultaten regressieanalyse en anova en t-Test (Paired Two Sample for Means)1995-2000 voor NO_3.

REGRESSION STATISTICS	
Multiple R	0.743801
R^2	0.55324
Adjusted R^2	0.550159
Stand. Error	1.714996
Observations	147

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	528.1216	528.1216	179.5593	3.78E-27
Residual	145	426.4755	2.94121		
Total	146	954.5971			

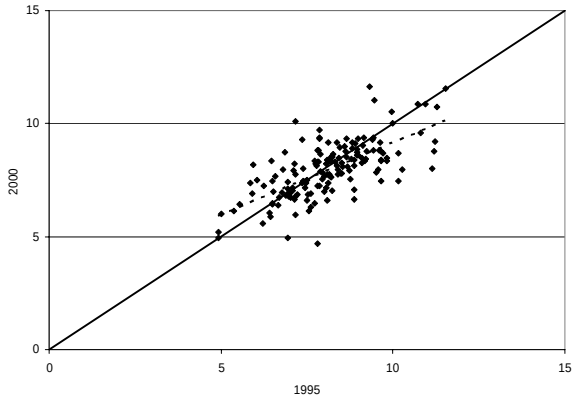
	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	4.227272	0.605626	6.980006	9.79E-11	3.030277	5.424267
X Variable 1	0.656292	0.048977	13.39997	3.78E-27	0.559491	0.753093

t-Test

	Variable 1	*Variable 2*		*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	12.3793	12.48481	t Stat	-0.6019	
Variance	7.281036	5.213541	P(T<=t) one-tail	0.274124	
Observations	136	136	t Critical one-tail	1.656219	
Pearson Correlation	0.674879		P(T<=t) two-tail	0.548247	
HypotH. Mean Diff.	0		t Critical two-tail	1.977692	
df	135				

4.3.5 Ammonium

Voor ammonium geldt vrijwel hetzelfde als voor nitraat, geen overall significant effect (Tabel 11) maar wel een systematische afwijking van de verwachte lijn met hogere waarden voor lage concentraties en lagere waarden voor hoge concentraties (Fig 10).



Figuur 10. Regressielijn (gestreept) voor de relatie tussen gemiddelde waarden voor NH4 op basis van soortensamenstelling van opnamen in 1995 en 2000.

Tabel 11. Resultaten regressieanalyse en anova en t-Test (Paired Two Sample for Means)1995-2000 voor NH_4.

REGRESSION STATISTICS	
Multiple R	0.682024
R^2	0.465156
Adjusted R^2	0.461792
Stand. Error	0.900024
Observations	161

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	112.0152	112.0152	138.2831	2.28E-23
Residual	159	128.7967	0.810042		
Total	160	240.8119			

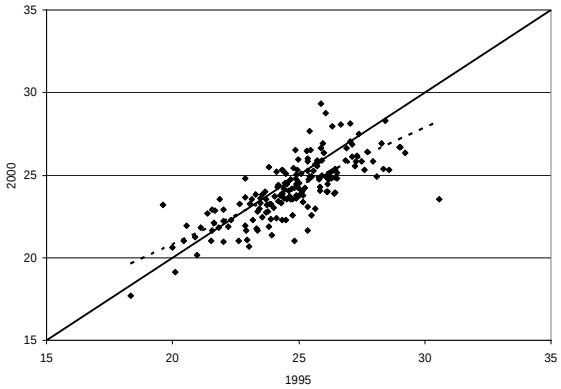
	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	2.777011	0.44777	6.201874	4.63E-09	1.892668	3.661355
X Variable 1	0.6393	0.054365	11.75938	2.28E-23	0.531929	0.74667

t-Test

	Variable 1	*Variable 2*		*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	8.148057	7.987396	t Stat	1.911542	
Variance	1.649755	1.463465	P(T<=t) one-tail	0.028927	
Observations	150	150	t Critical one-tail	1.655145	
Pearson Correlation	0.660829		P(T<=t) two-tail	0.057855	
Hypoth. Mean Diff.	0		t Critical two-tail	1.976013	
df	149				

4.3.6 C/N-verhouding

De C/N ratio is significant afgenomen tussen 1995 en 2000 (Tabel 12). Omdat N-totaal net niet significant veranderde tussen 1995 en 2000, impliceert dit dat er minder C aanwezig is in het strooisel (Figuur 11). Opvallend is dat veel opnamen onder de y=x lijn liggen en dus in 2000 een (iets) lagere C/N ratio hebben dan in 1995.



Figuur 11. Regressielijn (gestreept) voor de relatie tussen gemiddelde waarden voor C/N op basis van soortensamenstelling van opnamen in 1995 en 2000.

Tabel 12. Resultaten regressieanalyse en anova en t-Test (Paired Two Sample for Means) 1995-2000 voor C/N.

REGRESSION STATISTICS	
Multiple R	0.752113
R^2	0.565673
Adjusted R^2	0.563119
Stand. Error	1.246249
Observations	172

ANOVA

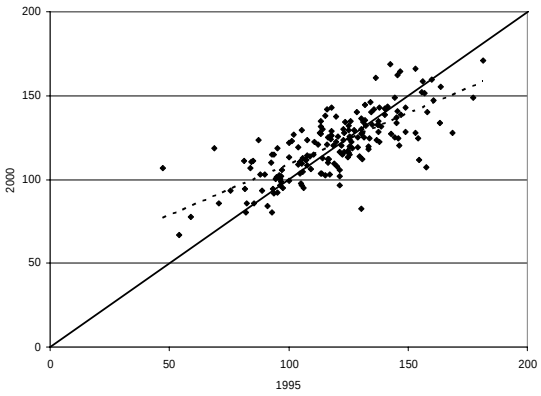
	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*	
Regression	1	343.881	343.881	221.4106	1.33E-32	
Residual	170	264.0334	1.553138			
Total	171	607.9144				
	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	6.624198	1.181658	5.605851	8.23E-08	4.291586	8.956811
X Variable 1	0.708438	0.04761	14.87987	1.33E-32	0.614454	0.802422

t-Test

	Variable 1	*Variable 2*		*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	24.7389	24.15017	t Stat	5.624211	
Variance	4.006901	3.555055	P(T<=t) one-tail	3.73E-08	
Observations	172	172	t Critical one-tail	1.653813	
Pearson Correlation	0.752113		P(T<=t) two-tail	7.47E-08	
Hypoth. Mean Diff.	0		t Critical two-tail	1.973934	
df	171				

4.3.7 P-totaal

De hoeveelheid P in de bodem is voor de twee jaren niet significant verschillend (Tabel 13). Wel verschilt ook hier de regressielijn van de verwachte regressielijn en wordt het op arme plekken rijker en op rijke plekken armer (Figuur 12). Over de hele range zijn er plekken waar P-totaal toeneemt en plekken waar P-totaal afneemt.



Figuur 12. *Regressielijn (gestreept) voor de relatie tussen gemiddelde waarden voor P-totaal op basis van soortensamenstelling van opnamen in 1995 en 2000.*

Tabel 13. Resultaten regressieanalyse en anova en t-Test (Paired Two Sample for Means) 1995-2000 voor P-totaal.

REGRESSION STATISTICS	
Multiple R	0.746742
R^2	0.557624
Adjusted R^2	0.555124
Stand. Error	12.69473
Observations	179

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	35955.86	35955.86	223.1118	3.59E-33
Residual	177	28524.66	161.1563		
Total	178	64480.52			

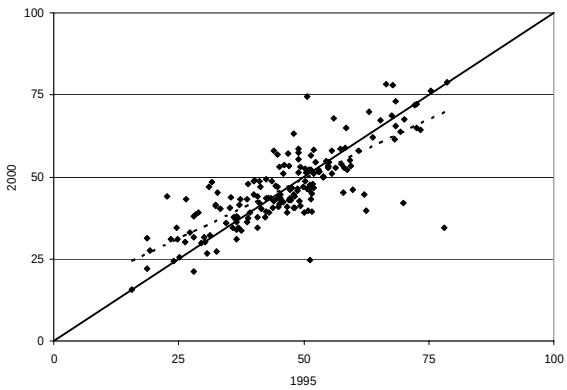
	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	48.11777	4.948066	9.724563	3.54E-18	38.35298	57.88257
X Variable 1	0.606419	0.040599	14.93693	3.59E-33	0.5263	0.686539

t-Test

	Variable 1	*Variable 2*		*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	119.4686	120.3702	t Stat	-0.75463	
Variance	535.4269	365.6787	P(T<=t) one-tail	0.225767	
Observations	168	168	t Critical one-tail	1.654029	
Pearson Correlation	0.74726		P(T<=t) two-tail	0.451534	
Hypoth. Mean Diff.	0		t Critical two-tail	1.974271	
df	167				

4.3.8 Kalium

Ook K laat hetzelfde beeld zien als de andere nutriënten (Figuur 13), al is het gemiddelde verschil niet significant (Tabel 14), de regressielijn wijkt significant af.



Figuur 13. Regressielijn (gestreept) voor de relatie tussen gemiddelde waarden voor kalium op basis van soortensamenstelling van opnamen in 1995 en 2000.

Tabel 14. Resultaten regressieanalyse en anova en t-Test (Paired Two Sample for Means) 1995-2000 voor kalium.

REGRESSION STATISTICS	
Multiple R	0.783793
R^2	0.614331
Adjusted R^2	0.612076
Stand.Error	7.443682
Observations	173

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	15092.44	15092.44	272.3854	3.24E-37
Residual	171	9474.836	55.4084		
Total	172	24567.27			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*
Intercept	12.89655	2.118392	6.087895	7.31E-09	8.714982	17.07811
X Variable 1	0.726354	0.044011	16.5041	3.24E-37	0.63948	0.813228

t-Test

	Variable 1	*Variable 2*		*Variable 1*	*Variable 2*
Mean	46.54579	46.6694	t Stat	-0.19466	
Variance	165.1242	149.5127	P(T<=t) one-tail	0.422953	
Observations	162	162	t Critical one-tail	1.654373	
Pearson Correlation	0.793359		P(T<=t) two-tail	0.845907	
Hypoth. Mean Diff.	0		t Critical two-tail	1.974808	
df	161				

4.3.9 Boomsoorten

In opstanden van Beuk en Fijnspar is voor geen enkele indicatiewaarde een significante verschil aanwezig. In deze opstanden lijkt er dus niets veranderd te zijn tussen 1995 en 2000.

In opstanden van Douglas worden de meeste bodemparameters significant anders geïndiceerd voor 2000 dan voor 1995 (Tabel 15). Het is daarom aannemelijk dat veel van de verschillen in de totale dataset voor een groot deel verklaard worden door de veranderingen in de Douglas opstanden. De pH-H_2O is in 2000 significant hoger, evenals de pH-KCl. Echter omdat het alleen zo sterk significant bij Douglas optreedt, is de vraag in hoeverre dit door de boomsoort wordt veroorzaakt en in hoeverre dit een effect is van een dalende depositie. De C/N verhouding indicatiewaarde is significant gedaald, hetgeen overeenkomt met de significante stijging van de indicatiewaarde voor N-tot in de bodem. Ook hiervoor geldt de vraag in hoeverre dit een autonoom proces is of in hoeverre dit wordt gestuurd door een veranderde stikstofdepositie.

Tabel 15. Statistische parameters voor geïndiceerde bodemvariabelen in opstanden van Douglas in 1995 en 2000.

	gem 1995	*gem 2000*	*variantie 1995*	*variantie 2000*	*P*	*R^2 adj*	*n*
pH	4.32	4.44	0.03	0.04	0.0002	0.51	27
pH-KCl	4.20	4.28	0.03	0.02	0.0054	0.38	26
C/N	25.35	24.02	4.63	2.23	0.0015	0.31	23
N-tot	2.51	2.64	0.07	0.03	0.0129	0.11	26
NO3	13.89	13.29	10.91	4.92	0.2492	0.54	19
P-tot	134.43	128.93	264.08	204.29	0.0969	0.16	26

De zuurgraad (pH-KCl) geeft ook voor eik en grove den hogere indicaties in 2000 dan in 1995. Opvallend is dat het effect op de pH-KCl (3 boomsoorten) breder is dan op de pH-H_2O (1 boomsoort). Voor Douglas, eik en grove den zou er dus een effect kunnen zijn van verminderde depositie op de indicatiewaarden. De verschillen zijn echter niet spectaculair, hetgeen ook te wijten kan zijn aan de korte tijdsperiode (5 jaar) tussen de metingen. Ook de C/N ratio laat voor een aantal boomsoorten een significant effect zien. De daling kan alleen voor Douglas worden gekoppeld aan een hoger totaal stikstofgehalte in de bodem.

4.3.10 Responsies van de in 2000 nieuwe soorten

In 2000 zijn een aantal soorten nieuw gevonden in de plots. Van deze soorten zijn er voor slechts vier soorten responsecurven voor pH beschikbaar: *Nardus stricta*, *Fragaria vesca*, *Polygala vulgaris en Listera ovata* met een pH optimum van respectievelijk 5.5, 7.2, 6.9 en 6.9. Deze soorten hebben relatief hoge optima, maar alle soorten behalve *Listera ovata* hebben ook brede amplituden. Ze kunnen ook onder lagere pH-waarden voor komen. Het lijkt bemoedigend dat het hier om soorten gaat met relatief hoge

pH optima, echter het aantal soorten is zo gering dat er geen conclusies aan mogen worden verbonden.

4.4 Discussie en Conclusies

4.4.1 Discussie

De vegetatie in de opnamen van 1995 en 2000 indiceert dat sinds 1995 gemiddeld i) de pH is gestegen, ii) het totaal stikstof- en fosforgehalte, het kaliumgehalte en het nitraatgehalte gelijk zijn gebleven, iii) het ammoniumgehalte tendeert naar lagere waarden en iv) de C/N verhouding is gedaald.

De lichte stijging van pH op basis van de indicatiewaarden komt overeen met de conclusies van het bodemchemisch onderzoek. Opvallend is dat bodemchemisch onderzoek een daling van N-totaal en uitwisselbaar kalium laat zien, terwijl de vegetatie geen verandering indiceert voor N- en K-totaal. Het bodem onderzoek stelde een significante daling in ammonium gehalte vast wat door de vegetatie wordt bevestigd middels een dalende tendens voor ammonium. Dit suggereert dat de vegetatie in haar reactie niet gevoelig is capaciteitsparameters zoals het totaal stikstof- en kaliumgehalte maar wel voor intensiteitparameters, waarbij de gevoeligheid voor ammonium groter lijkt dan voor nitraat. De door de vegetatie geïndiceerde daling van de C/N verhouding is in strijd met de bodemkundige analyse, die juist een stijging van deze variabele liet zien.

Wanneer er nader wordt gekeken naar de indicatieve waarden van de vegetatie blijkt er wel een significant effect aanwezig te zijn aan beide uiterste zijden van het indicatiewaardenbereik, het zgn. wip-effect. Daarbij hebben opnamen met lage indicatiewaarden in 1995 een hogere waarde in 2000 en opnamen met hoge indicatiewaarden in 1995 een lagere waarde in 2000. Dit geldt zowel voor de zuurgraad als voor parameters voor de nutriënten. Dit wijst op een nivellerende tendens. Voor de zuurgraad kan een soortgelijk effect worden gesignaleerd bij bodemkundig onderzoek. Geconstateerd werd dat de ‘niet-zure’ bossen (gezonde bossen) zuurder worden en de zure bossen een licht herstel van de pH te zien geven.

Daarnaast zijn er opnamen die in 2000 zowel hogere als lagere indicatiewaarden laten zien voor alle indicatiewaarden. Er zijn dus wel veel site-specifieke effecten, waarbij die effecten soms vrij groot zijn.

4.4.2 Conclusies

- Het vegetatieonderzoek in multifunctionele bossen laat zien dat er sprake is van een licht herstel van de zuurgraad.
- Het vegetatieonderzoek wijst op een daling van ammoniumgehalten en een stijging van N-totaalgehalten.

- Uit het vegetatieonderzoek komen indicaties naar voren dat de nitraat-, kalium- en fosforgehalten niet veranderd zijn.
- Het vegetatieonderzoek indiceert een ontwikkeling naar lagere C/N waarden van het strooisel.
- De vegetatie lijkt minder gevoelig voor capaciteitparameters dan voor intensiteit-parameters van bodemvariabelen.
- Alleen in Douglas opstanden wijken in 2000 alle indicatiewaarden significant af van de waarden in 1995. Er wordt in 2000 een hogere pH en een lager C/N geïndiceerd. Ook in opstanden van eik en den geeft de pH in 2000 hogere indicatiewaarden dan in 1995.

5 Synthese

De teruglopende SO_2 depositie lijkt de belangrijkste oorzaak te zijn van een verminderde zuurinput door indirecte verzuring van de bodem. Dit lijkt tot een aarzelend herstel van zuurgraad gerelateerde parameters in de bosbodem te leiden, maar ogenschijnlijk soms ook tot enkele tegenstrijdige verschijnselen. Het herstel van de pH is in overeenstemming met conclusies uit de Milieubalans 2002 (blz. 97), waarin de effecten van emissiereducties over de periode 1990-2000 op ionconcentraties in het bodemvocht en het grondwater worden geëvalueerd. In combinatie met de conclusies uit de evaluatie van Effectgerichte Maatregelen van bossen op verzuringsgevoelige gronden (Olsthoorn et al., 2006) dringt zich het beeld op van een aarzelend herstel van de zuurgraad in de sterkst verzuurde bossen, maar een nog steeds voortschrijdende verzuring in gezonde bossen. In veel gevallen blijken zelfs kalk- en mineralengiften nog geen effect te hebben op het herstel van de zuurgraad en de natuurwaarde. Inmiddels zijn kalk- en mineralengiften niet langer subsidiabel gesteld door de regeling OBN.

In de licht herstellende bossen is nog steeds sprake van een voortgezette strooiselaccumulatie, waarschijnlijk als gevolg van een weinig actief bodemleven. Door de geringe bodemactiviteit wordt de humificatie van strooisel en de nieuwvorming van H-horizonten met stabiele humus vertraagd. Door deze geringe activiteit wordt mogelijk ook de microbiologische N-immobilisatie, waarbij schimmels een belangrijke rol spelen, nog steeds geremd. Er zou hierdoor, ondanks teruglopende stikstofemissie, nog steeds te veel ammonium in de strooisellaag aanwezig blijven. Wel zijn er aanwijzingen dat de nitrificatie weer wat opgang begint te komen, waardoor het voor planten minder aantrekkelijke en soms giftige ammonium wordt vervangen door nitraat.

Uit een evaluatie over de effectiviteit van beleid over de periode 1990-1995 constateerden De Vries et al. (2002) een gunstig effect op de kwaliteit van bodemvocht en grondwater. Zij constateerden echter ook dat over de betreffende periode nog steeds sprake was van een afname in voorraden basen in de strooisellaag, wat zij moeilijk konden verklaren. Uit de huidige evaluatie lijkt deze toename verklaard te kunnen worden uit naijling van het bodemsysteem, waarbij een tijdelijke ‘interne’ verzuring optreedt als gevolg van het ‘wegwerken’ van de in de strooisellaag geaccumuleerde voorraad uitwisselbaar ammonium.

Hiermee ontstaat het beeld dat het bossysteem zich aan het herstellen is van de ammonium-depositie-verzurings-shock, maar tijdens dit herstel eerst de geaccumuleerde ammoniumvoorraad moet verwerken wat tot enige interne verzuring leidt. Na de externe verzuring zou dan nu een fase van interne verzuring aanwezig zijn. Deze interne verzuringsfase is eindig en zal uitdoven bij afnemende ammoniumvoorraden in de strooisellaag. Deze naijlende interne verzuring verklaard mogelijk de toename van basische kationen in het bodemvocht (Tab. 4) tussen 1995 en 2000 na een aanvankelijke daling over de periode 1990-1995.

Ook het vegetatieonderzoek bevestigt dat er in multifunctionele bossen sprake is van een licht herstel van de zuurgraad. Ten aanzien van stikstof wijst ook het vegetatieonderzoek op een daling van ammoniumgehalten. Uit het bodemkundig onderzoek kwamen indicaties naar voren dat de nitraatconcentraties stijgen door een aantrekkende nitrificatie. Dit kon niet door het vegetatieonderzoek worden bevestigd. Bodemkundig onderzoek laat een daling in uitwisselbaar kalium zien, maar vegetatieonderzoek geen daling in totaal K-gehalte. De conclusie van het bodemkundig onderzoek dat er sinds 1995 een accumulatie van strooisel met hogere C/N waarden heeft plaats gevonden wordt door vegetatieonderzoek tegengesproken. Omdat de vegetatie iets minder gevoelig lijkt voor capaciteitsparameters wordt aan de bodemkundige conclusie de voorkeur gegeven.

In het onderzoek naar veranderingen in bodemvariabelen op basis van responsies van soorten werd een zgn. wip-effect geconstateerd, waarbij over de periode 1995-2000 stikstofrijk geïndiceerde bossen armer werden en stikstofarm geïndiceerde bossen juist rijker werden. Dit verschijnsel hangt mogelijk ermee samen dat in het bodemkundig onderzoek werd geconstateerd dat nitrificatie weer op gang lijkt te komen waardoor het aanbod aan nitraat weer aan het toenemen is in deze bossen die decennia lang vooral met een ammonium aanbod werden geconfronteerd. Dit zou dan verklaren waarom de stikstofarm (met ammonium gevoed) geïndiceerde bossen weer rijker (met nitraat gevoed) zijn geworden.

6 Innovatieve effectgerichte maatregelen

6.1 Aanleiding

Een van de doelen van het project is kennis te genereren over de effectiviteit van innovatieve maatregelen gericht op herstel van de floristische kwaliteit van de ondergroei. Als een van de opties daarvoor wordt gedacht aan het herstel van het bodemleven in het humusprofiel, als schakel in de omzetting van organische stof naar nutriëntenbeschikbaarheid voor planten. De aanleiding om de aandacht op het bodemleven te richten komt voort uit de conclusies van het onderzoek naar de effectiviteit van kalk en mestgiften voor herstel van multifunctioneel bos (Olsthoorn et al. 2006) en uit onderzoek naar de betekenis van het bodemleven in referentie-terreinen van OBN onderzoek in natte schraalgraslanden (Kemmers et al. subm.). Ook het huidige onderzoek komen indicaties naar voren over de betekenis van het bodemleven voor nutriëntenkringlopen. Het bodemleven lijkt nog niet hersteld van milieustress door ammonium en zwaveldepositie en daarop volgende verzuring (paragraaf 2.2.2), waardoor strooiselaccumulatie en netto stikstofmineralisatie nog steeds te hoog zijn. In veel gevallen blijken zelfs kalk- en mineralengiften geen effect te hebben gehad op het herstel van de zuurgraad en de natuurwaarde. Inmiddels zijn kalk- en mineralengiften niet langer subsidiabel gesteld door de regeling OBN.

6.2 Evaluatie effecten kalk en mestgiften in bos

Naast effecten van bekalking en bemesting op i) bodemzuurgraad en bosvitaliteit werd ook gekeken naar neveneffecten op ii) de strooisellaag, iii) de bodemfauna en iv) de kruidlaag (Olsthoorn et al. 2006).

Bodemzuurgraad en bosvitaliteit
Uit een evenwichtige steekproef in niet en wel behandelde gezonde en niet gezonde bossen (4830 opstanden) werd geconcludeerd dat, gemeten over een periode van vijf jaar, mest- en kalkgiften geen effect hebben gehad op nutriëntgehalten in bladeren en de bodemzuurgraad van de minerale bodem. Dit vormde voor de Unie van Bosgroepen de directe aanleiding om kalk- en mestgiften in bos niet langer subsidiabel te stellen in het kader van de regeling OBN.

Strooisellaag
Uit onderzoek van Wolff et al. (2006) blijkt dat bekalking en bemesting leiden tot:

- een afname in dikte van L- en F- en toename van H-horizonten;
- een toename van decompositie

Berg et al. (1998) constateerden dat per humushorizont een karakteristieke bodemfauna aanwezig is. Arnold (1998) onderzocht effecten van verzuring bij Hackfort op de bodemfauna van een bos en constateerde een duidelijke toename van mijten en springstaarten en een afname van regenwormen van mull naar moder humusvormen.

Uit een literatuurreview door van Tol (1995) blijkt dat bekalking soms wel en soms niet tot een versterkte decompositie en mineralisatie leidt van de strooisellaag.

Bodemfauna

Uit onderzoek van Wolff et al. (2006) blijkt dat bij bekalking:

- vaak een toename van regenwormen wordt vastgesteld;
- een verschuiving optreedt in soortsamenstelling van myccorrhiza-soorten;
- het totale aantal micro-arthropoden afneemt ;
- het aantal (herbo-) en fungivore grazers afneemt en het aandeel herbivore browsers toeneemt ;
- het aantal bodemfaunasoorten gestratificeerd naar Life history en voedselstrategie niet wezenlijk verandert
- en dat bij bemesting:
- sterke wijzigingen optreden in aantal individuen en soorten bodemfauna, maar op langere termijn weer vaak herstel optreedt;
- het aantal bodemfaunasoorten gestratificeerd naar Life history en voedselstrategie niet wezenlijk verandert.

Kruidlaag

Uit onderzoek van Wolff et al (2006) blijkt dat:

- het soortenaantal, de bedekking van de struiklaag en de hoogte van de kruidlaag toe neemt bij bekalking;
- bekalking leidt tot toename van struikverjonging, van nitrofiele ruderalen, maar echte bossoorten niet reageren;
- N-bemesting een verschuiving initieert naar grassen en ruderale soorten in de ondergroei;
- bemesting de biomassa van de kruidlaag en het aantal soorten positief beïnvloedt;
- de indicatie voor pH, vocht en N significant toeneemt door bemesting en bekalking

Conclusie

Uit de evaluatie van de effecten op strooisellaag, bodemfauna en kruidlaag blijkt dat bekalking decomposite stimuleert, de omzetting van L en F materiaal naar H stimuleert en tot belangrijke verschuivingen in bodemflora – en fauna samenstelling leidt, maar ook leidt tot toename van biomassa en nitrofielen in de ondergroei, waarschijnlijk als gevolg van een versterkte stikstofbeschikbaarheid.

6.3 Invloed bodemleven op stikstofkringloop in schraalgraslanden

Activiteit bodemleven en stikstofbeschikbaarheid

In een serie schrale graslanden langs een gradiënt van droge zure naar vochtige en basenrijke gronden werd een integrale analyse uitgevoerd van de drogestof- en stikstofproductie van de vegetatie en drie trofische niveaus van een aantal voedselgildes uit het bodemvoedselweb (Kemmers et al. 2007):

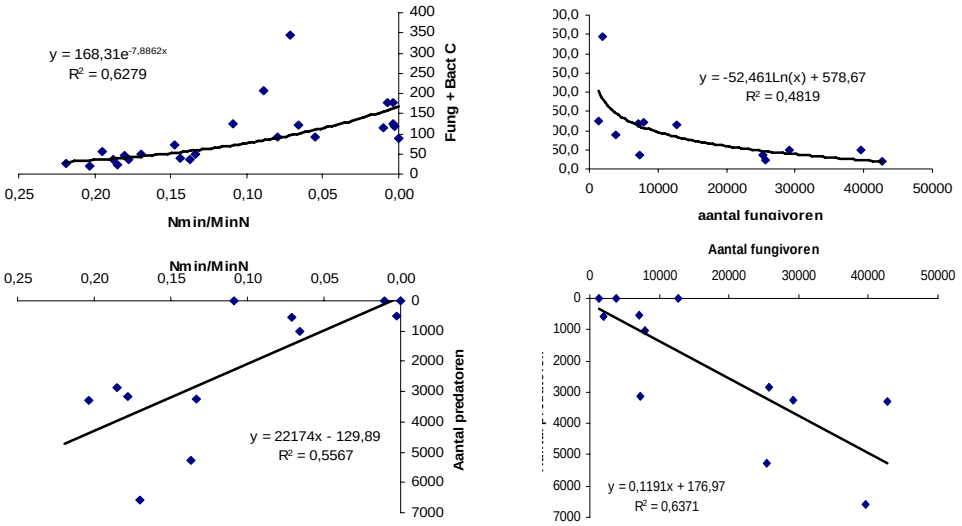
- microbiologische activiteit in de bodem (C-mineralisatie en bruto en netto N-mineralisatie, schimmels, bacteriologische activiteit, voorraden C afkomstig van schimmels en bacterien);
- herbi- en fungivore mijten en;
- predatore mijten

Uit dit onderzoek blijkt dat de verhouding tussen netto en bruto N-mineralisatie (Nmin/MinN) een goede indicator is voor de mate waarin stikstof voor de vegetatie beschikbaar is dan wel door het microbiële bodemleven wordt vastgelegd in eigen lichaamseiwitten (N-immobilisatie). Naarmate de ratio hoger is er relatief meer stikstof voor de vegetatie beschikbaar, naarmate de ratio lager is wordt meer stikstof geïmmobiliseerd. De productiviteit van de vegetatie is lager naarmate de ratio lager is. Indien wordt verondersteld dat lage productieniveaus gunstiger zijn voor floristische doelstellingen van natuurbeheer zou gestreefd moeten worden naar een zo laag mogelijke ratio Nmin/MinN.

Het blijkt nu dat de activiteit van de verschillende trofische niveaus in het bodemvoedselweb een belangrijke invloed uitoefenen op de ratio Nmin/MinN. De ratio is negatief gecorreleerd met de biomassa van decomposers (Fig 14; schimmels en bacteriën): lage waarden gaan samen met hoge microbiële biomassa. De relatie tussen de decomposers en fungivore en bacterievore mijten (grazers s.l) is eveneens negatief gecorreleerd. De grazers controleren via een top-down relatie de microbiële biomassa: veel grazende mijten leidt tot weinig microbiële biomassa. De predatore mijten zijn via een positieve relatie gecorreleerd met grazende mijten. Veel grazers roepen via een bottom-up relatie veel predatoren op. Tussen predatoren en de ratio Nmin/MinN bestaat tenslotte een positief correlatie: veel predatoren leidt tot een grote stikstofbeschikbaarheid.

Conclusie

Indien de stikstofbeschikbaarheid in het voedselweb van bosecosystemen via dezelfde mechanismen wordt beïnvloed als in graslanden en een zo laag mogelijke stikstofbeschikbaarheid voor de vegetatie wenselijk is, dan zouden er zo weinig mogelijk predatoren en fungivoren en zoveel mogelijk microbiële biomassa in het bodemvoedselweb aanwezig moeten zijn.



Figuur 14. Relaties tussen microbiële biomassa, fungivoren (grazers) en predatoren en de invloed daarvan op de netto stikstofmineralisatie. a)De relatie tussen fungal en bact. C en netto stikstofmineralisatie (Nmin/MinN), b) de bottom-up relatie tussen fungivoren en fungal C, c) de top-down relatie tussen predatoren en fungivoren en d) de invloed van het aantal predatoren op de netto stikstofmineralisatie.

6.4 Aanbeveling

Uit de analyse van veranderingen in multifunctioneel bos werd geconcludeerd dat:

- de zuurgraad zich lijkt te herstellen;
- de ammoniumgehaltes dalen maar de nitraatbeschikbaarheid toeneemt;
- de stijgende voorraad ruw strooisel in combinatie met een stijgende C/N verhouding van het strooisel op een verder afgenomen biologische activiteit wijst;
- de condities in de ondergroei nog steeds suboptimaal zijn.

Uit de evaluatie van de effectiviteit van bekalking en mineralengiften in bos blijkt verder dat bekalking de decompositie en de ontwikkeling van de H-horizont stimuleert en tot belangrijke verschuivingen in bodemflora – en fauna samenstelling leidt.

Tenslotte blijkt uit onderzoek in schrale graslanden dat de samenstelling van de bodemfauna een belangrijke invloed heeft op de stikstofbeschikbaarheid en de floristische samenstelling van de ondergroei negatief door stikstofbeschikbaarheid wordt beïnvloed.

Deze resultaten geven aan dat maatregelen nog steeds gezocht moeten blijven worden in:

i) een verder herstel van de zuurgraad;
ii) een verdere terugdringing van de stikstofbeschikbaarheid en
iii) herstel van een ‘gezond’ bodemleven, waarbij de klassieke maatregelen als bekalking (pH-effect) en strooiselverwijdering (stikstofeffect) aan de orde zijn.

Aanbevolen wordt een experiment op praktijkschaal uit te voeren waarin effecten van zowel abiotische factoren (zuurgraad) als biotische factoren (enten van bodemleven, plaggen) gecombineerd (full-factorial design) worden bestudeerd.

Literatuur

Anonymus. Milieubalans 2002. Het Nederlandse milieu verklaard. Bilthoven. Milieu- en Natuurplanbureau-RIVM. RIVM rapport 251701055.

Arnold, C., 1989. Invloed van bodemverzuring op mosmijten (Acari, Sarcoptiformes) in een eikenhakhoutbosje te Hackfort, Gemeente Vorden. Arnhem. Rijksinstituut voor Natuurbeheer

Berg, M.P., J.P. Kniese, J.J.M. Bedaux & H.A. Verhoeff, 1998. Dynamics and stratification of fungal groups of micro- and mesoarthropods in the organic layer of a Scots pine forest. Biol. Fertil Soils 26:268-284.

Dirkse, G.M., 1987. De natuur van het Nederlandse bos. Leersum. Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Rapport RIN87/28.

Dobben van H.F., M.J.M.R. Vocks, I.M. Bouwma, G.W.W. Wamelink & V. Joosten, 1997. Eerste opname van de ondergroei in het Meetnet Bosvitaliteit. Wageningen. IBN. Rapport-IBN 321.

Dobben van, H.F., C.J.F. Ter Braak & G.M. Dirkse, 1999. Undergrowth as a biomonitor for deposition of nitrogen and acidity in pine forest. Forest Ecology & Management 114: 83-95.

Dobben van, H.F. & W. De Vries, 2001. Relatie tussen vegetatie en abiotische factoren in het Meetnet Vitaliteit en Verdroging; een statistische studie op grond van waarnemingen in 200 opstanden in 1995 en 1996.

Ellenberg, H., R. Mayer & J. Schauermann, 1986. Ökosystemforschung Ergebnisse des Sollingprojekts 1966-1986. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Dull, V. Wirth, W. Werner & D. Pauliszen, 1991. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. Scripta Geobot. 18: 1-248.

Hilgen, P.R., 1995. De vitaliteit van bossen in Nederland in 1995. Wageningen. Rapport IKC-N: Verslag Meetnet Vitaliteit 1.

Kemmers, Rolf, Rein de Waal, Bas van Delft & Peter Mekkink, 2002. Ecologische typering van bodems; actuele informatie over bodemkundige geschiktheid voor natuurontwikkeling, Landschap 19:89-103.

Kemmers, R.H., J.Bloem, J.H. Faber & G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, 2007. Bodemkwaliteit en bodembiodiversiteit bij natuurontwikkeling op voormalige landbouwgronden. Wageningen, Alterra, Alterra-Rapport 1523.

Kemmers, R.H. & S.P.J. van Delft, subm. A pedological approach assessing nutrient availabilities and limitations for primary production in fen meadows. Plant and Soil.

Leeters, E.E.J.M & W. de Vries, 2001. Chemical composition of the humus layer, mineral soil and soil solution of 200 forest stands in 1995. Wageningen. Alterra. Alterra-rapport 424.2

Olsthoorn, A.F.M., C.A. van den Berg & J.J. de Gruyter, 2006. Evaluatie van bemesting en bekalking in bossen en de ontwikkeling in onbehandelde bossen. Wageningen. Alterra. Alterra-deelrapport A1.1.

Smit, A., A.M. Kooijman & J. Sevink, 2002. Impact of grazing on litter decomposition and nutrient availability in a grass-encroached Scots pine forest. Forest Ecology and Management 158, 117-126

Tietema, A., W. De Boer, L. Riemer & J.M. Verstraten, 1992. Nitrate production in nitrogen saturated acid forest soils: vertical distribution and characteristics. Soil biology and Biochemistry 24, 235-240.

Tol, G. van 1995 Neveneffecten van bekalking en mineralengiften in bossen. Rapport IKC Na-tuurbeheer, Wageningen, Netherlands, Nr 13, 28p.

Schoonderwoerd, H.G. van Tol & W. de Vries, 2006. Ontwikkeling van bodem, vegetatie, de voedingstoestand van bomen en de boomgroei in het nederlandse bos: 1990-2000; Eindverslag Meetnet Bosvitaliteit. Ede. Directie Kennis Min. LNV Rapport DK 2006/dk037.

Vries, W. de & E.E.J.M. Leeters, 2001. Chemical composition of the humus layer, mineral soil and soil solution of 150 forest stands in the Netherlands in 1990. Wageningen. Alterra. Alterra-rapport 242.1

Vries, W. de, J.W. Erisman, A. van Pul, J. Duyzer, L.J.M. Boumans, E.E.J.M. Leeters, J. Roelofs & A. van Hinsberg, 2002. Effecten van beleid voor verzuring op depositie en de kwaliteit van bodem en grondwater. ArenA 8 (7): 105-108.

Wamelink, G.W.W., P.W. Goedhart, H.F. van Dobben & F. Berendse, 2005. Plant species as predictors of soil pH: replacing expert judgement by hard data. J. Veg. Sc. 16: 461-470.

Wolff, R.J.A.M. & A.F.M. Olsthoorn, 2006. Bekalking en toevoegen van nutrienten; evaluatie van de effecten op flora en bodemfauna, een literatuurstudie. Wageningen. Alterra/Eelerwoude. Deelrapport A3.1.

Bijlage 1

Overzicht van bemonsterde variabelen en compartimenten in de jaren 1990-2000.

Compartiment	FASE	VARIABELE	SC/Alterra 1900	SC/Alterra 1995	CBI 2000	**10-jarige Reeks**	**5-jarige Reeks**
LFH	vast	gehalte	+	+	+	**+**	
		laagdikte	+	+	-	**-**	
		massa	+	+	-	**-**	
		pools	+	+	-	**-**	
	vocht	conc	-	+	+	**-**	**+**
LF	vast	gehalte	+	+	+	**+**	
		laagdikte	+	+	-	**-**	
		massa	+	+	-	**-**	
		pools	+	+	-	**-**	
	vocht	conc	-	+	+	**-**	
H	vast	gehalte	+	+	+	**+**	
		laagdikte	+	+	-	**-**	
		massa	+	+	-	**-**	
		pools	+	+	-	**-**	
	vocht	conc	-	+	+	**-**	
0-10	vast	gehalte	-	+	+	**-**	**+**
		laagdikte	-	+	+	**-**	
		massa	-	+	-	**-**	
		pools	-	+	-	**-**	
	vocht	conc	-	+	+	**-**	
20-30	vast	gehalte	-	+	+	**-**	
		laagdikte	-	+	+	**-**	
		massa	-	+	-	**-**	
		pools	-	+	-	**-**	
	vocht	conc	-	+	+	**-**	
0-30	vast	gehalte	+	-	-	**-**	
		laagdikte	+	-	-	**-**	
		massa	+	-	-	**-**	
		pools	+	-	-	**-**	
	vocht	conc	+	-	-	**-**	
grondwater		conc	+	-	-	**-**	

Bijlage 2

Gemiddelden en standaardafwijking van bodem-chemische eigenschappen in de vaste fase van de strooisellaag (LFH) en de minerale bodemlaag (0-10 cm) en van de vochtfase in de strooisellaag in 1990, 1995 en 2000 en significanties van verschillen tussen 1990 en 2000.

Variabele	Dimensie	Vaste fase LFH (n=45) 1990 Gem	1990 Sd	1995 Gem	1995 Sd	2000 Gem	2000 Sd	1990-2000 Test	Vaste fase 0-10 cm (n=50) 1990 Gem	1990 Sd	1995 Gem	1995 Sd	2000 Gem	2000 Sd	1990-2000 Test
pH		3,86	0,3	3,96	0,3	3,87	0,3	ns			3,86	0,3	4,01	0,3	**
pH-KCl		2,90	0,3	2,89	0,3	2,76	0,3	**			3,17	0,3	3,19	0,3	ns
Org.stof	g/100 g ds	62,86	12,5	62,32	14,2	70,26	11,0	**			5,46	2,5	4,88	2,5	*
C-org	g/100 g ds	36,33	4,8	36,88	4,1	40,86	4,0	**			2,49	1,3	2,10	1,1	**
N-org	g/100 g ds	2,25	0,3	2,15	0,3	1,85	0,5	**			0,12	0,1	0,10	0,0	**
CEC	mmol(+)/kg ds	467,14	127,7	462,80	105,6	415,61	82,7	**			715,57	223,3	880,20	403,1	**
H-uitw	mmol(+)/kg ds	198,22	84,0	206,19	81,3	201,80	84,2	ns			209,49	145,1	291,29	370,9	**
Al-uitw	mmol(+)/kg ds	92,79	16,1	27,80	28,6	29,26	13,4	**			351,71	102,3	336,42	261,1	ns
Ca-uitw	mmol(+)/kg ds	130,78	72,7	122,86	84,2	116,27	44,8	ns			50,77	60,3	57,86	124,4	ns
NH_4-uitw	mmol(+)/kg ds	21,16	4,8	19,89	14,0	10,65	4,7	**			10,76	12,4	6,40	6,1	**
K-uitw	mmol(+)/kg ds	20,62	7,3	9,75	16,0	11,00	4,8	**			27,02	30,2	11,16	13,8	**
C/N	mol/mol	26,14	3,8	26,84	3,3	30,77	7,8	**			21,86	4,4	21,27	4,1	ns
(H+Al)/CEC	mmol(+)/mmol(+)	0,49	0,1	0,51	0,2	0,54	0,1	*			0,78	0,1	0,78	0,1	ns
(H+Al)/Ca	mmol(+)/mmol(+)	2,19	1,0	2,40	1,4	2,64	1,7	*			31,59	46,6	30,57	86,8	ns
NH/K	mol/mol	1,08	0,4	5,42	7,0	1,08	0,6	ns			1,09	1,6	1,71	4,7	ns

Variabele	Dimensie	Vochtfase LFH (n=45) 1990 Gem	1990 Sd	1995 Gem	1995 Sd	2000 Gem	2000 Sd	1990-2000 Test
pH		5,77	0,36			4,42	0,35	**
Al	mol/l	0,14	0,07			0,08	0,09	**
Ca	mol/l	0,61	0,48			0,56	0,60	ns
NH_4	mol/l	0,41	0,60			0,39	0,43	ns
K	mol/l	0,29	0,15			0,28	0,16	ns
NO_3	mol/l	0,75	0,51			0,66	0,96	ns
SO_4	mol/l	0,80	0,44			0,60	0,48	**
Al/Ca	mol/mol	0,24	0,19			0,16	0,20	**
NH_4/K	mol/mol	1,67	3,90			1,25	1,64	ns
$(NH_4+NO_3)/SO_4$	eq/eq	1,48	0,79			2,46	1,79	**
$Al/(SO_4+NO_3)$	eq/eq	0,10	0,06			0,09	0,14	ns
NH_4/NO_3	eq/eq	0,89	3,63			0,99	2,27	ns

Bijlage 3

Gemiddelden en standaardafwijking van bodemchemische eigenschappen in de vaste fase van de LF- en H-horizont in 1990 en 2000 en significanties van verschillen tussen 1990 en 2000

Gepaarde T-test op basis van zelfde populatie LF, zelfde populatie H en zelfde populatie LFH in 1995 en 2000

	Dimensie	LF (n=51)					H (n=44)				
		1995		2000			1995		2000		
		Gem	*Sd*	Gem	*Sd*	T_{prob}	Gem	*Sd*	Gem	*Sd*	T_{prob}
Variabele	cm	5,34	*1,7*				1,71	*1,0*			
Massa	ton/ha	47,37	*18,7*				38,76	*26,6*			
Dichtheid	kg/m3	115,02	*32,4*				307,10	*130,9*			
pH-H_2O	-	4,01	*0,3*	3,95	*0,4*	ns	3,78	*0,34*	3,92	*0,4*	ns
pH-KCL		3,03	*0,3*	2,88	*0,3*	***	2,70	*0,3*	2,70	*0,4*	ns
Org Stof	g/100 g ds	74,41	*11,0*	75,90	*15,0*	ns	52,83	*13,1*	47,52	*15,2*	ns
C-org	g/100g os	42,41	*6,3*	43,26	*8,5*	ns	32,49	*8,1*	29,23	*9,3*	ns
N-org	g/100 g os	2,15	*0,3*	1,94	*0,4*	**	2,21	*0,3*	2,01	*0,4*	*
H-uit	meq/kg os	170,74	*78,6*	179,59	*65,1*	ns	265,96	*85,3*	268,19	*105,1*	ns
Al-uit	meq/kg os	17,08	*11,4*	17,91	*10,1*	ns	44,15	*24,2*	59,95	*41,9*	*
Ca-uit	meq/kg os	136,27	*78,2*	147,12	*81,8*	ns	116,25	*72,6*	135,64	*130,5*	ns
K-uit	meq/kg os	14,69	*5,2*	12,48	*5,3*	**	12,45	*4,7*	11,33	*6,1*	ns
NH_4-uit	meq/kg os	22,21	*9,6*	11,39	*7,8*	***	13,95	*4,4*	9,07	*7,1*	***
CEC	meq/kg os	448,08	*87,9*	431,57	*104,2*	ns	552,42	*112,0*	572,79	*120,6*	ns
C/N		27,02	*4,3*	32,37	*15,2*	*	28,39	*4,3*	32,03	*7,0*	**
H/CEC		0,39	*0,2*	0,43	*0,1*	ns	0,48	*0,1*	0,49	*0,1*	ns
Ca/CEC		0,30	*0,1*	0,33	*0,1*	ns	0,21	*0,1*	0,23	*0,2*	ns
(H+AL)/CEC		0,43	*0,2*	0,47	*0,2*	ns	0,56	*0,1*	0,60	*0,2*	ns
NH_4/K		1,65	*0,8*	0,99	*0,7*	***	1,23	*0,5*	0,99	*1,1*	ns

Two sample unequal variance T-test op basis van verschillende populaties LF en H in 1990 en 2000 (zie versie 2)

Variabele	Dimensie	LF					H				
		1990		2000		T_{prob}	1990		2000		T_{prob}
		(n=94)		(n=51)		1990	(n=40)		(n=44)		1990
		Gem	*Sd*	Gem	*Sd*	2000	Gem	*Sd*	Gem	*Sd*	2000
Laagdikte	cm	6,79	*2,5*				1,75	*1,3*			
Massa	ton/ha	75,61	*28,7*				50,13	*37,0*			
Dichtheid	kg/m3	115,02	*32,4*				307,10	*130,9*			
pH-H_2O	-	3,91	*0,2*	3,95	*0,4*	ns	3,58	*0,1*	3,92	*0,4*	***
pH-KCL		2,96	*0,3*	2,88	*0,3*	ns	2,62	*0,1*	2,70	*0,4*	ns
Org Stof	g/100 g ds	66,59	*13,5*	75,90	*15,0*	***	44,31	*10,4*	47,52	*15,2*	ns
C-org	g/100g os	38,07	*7,3*	43,26	*8,5*	***	27,24	*6,8*	29,23	*9,3*	ns
N-org	g/100 g os	2,24	*0,3*	1,94	*0,4*	***	2,34	*0,4*	2,01	*0,4*	**
H-uit	meq/kg os	175,31	*44,4*	179,59	*65,1*	ns	330,97	*48,6*	268,19	*105,1*	**
Al-uit	meq/kg os	26,38	*11,0*	17,91	*10,1*	***	87,65	*37,0*	59,95	*41,9*	**
Ca-uit	meq/kg os	135,47	*74,0*	147,12	*81,8*	ns	97,71	*39,6*	135,64	*130,5*	ns
K-uit	meq/kg os	21,55	*8,0*	12,48	*5,3*	***	17,55	*5,2*	11,33	*6,1*	***
NH_4-uit	meq/kg os	21,76	*8,4*	11,39	*7,8*	***	15,88	*9,2*	9,07	*7,1*	***
CEC	meq/kg os	448,28	*83,6*	431,57	*104,2*	ns	628,88	*87,6*	572,79	*120,6*	ns
C/N		26,08	*3,8*	32,37	*15,2*	**	27,01	*4,6*	32,03	*7,0*	***
H/CEC		0,41	*0,1*	0,43	*0,1*	ns	0,53	*0,1*	0,49	*0,1*	ns
Ca/CEC		0,29	*0,1*	0,33	*0,1*	ns	0,15	*0,0*	0,23	*0,2*	**
(H+AL)/CEC		0,47	*0,1*	0,47	*0,2*	ns	0,67	*0,1*	0,60	*0,2*	ns
NH_4/K		1,09	*0,5*	0,99	*0,7*	ns	0,96	*0,6*	0,99	*1,1*	ns

Bijlage 4

Voorwaartse selectie van variabelen in RDA; %VV = toename in percentage verklaarde variantie bij opnemen van de betreffende term; %VV cumul = percentage verklaarde variantie van een model met deze term en alle termen er boven; P = significantie van het effect van de betreffende term op het moment van opnemen in het model, als fractie van het aantal permutaties met een gelijke of hogere F (data + 999 random permutaties); F = (variantie toe te schrijven aan een model met deze term en alle termen er boven) / (variantie toe te schrijven aan een model met alleen de termen er boven).Verklaring van de symbolen: M_: in minerale laag; S_: in strooisellaag; c: in vloeibare fase; _uit: uitwisselbaar gehalte; BC: Ca+Mg+K.

Variabele	%VV	% VV cumul	P	F
groveden	7%	7.0%	0.001	13.89
S_cCa	4%	11.0%	0.001	9.78
douglas	3%	14.0%	0.001	6.06
larix	2%	16.0%	0.001	5.81
M_Ca_uit	2%	18.0%	0.001	4.04
beuk	2%	20.0%	0.001	4.08
Mg_dep	1%	21.0%	0.001	3.84
M_P/C	2%	23.0%	0.001	4.03
GHG	1%	24.0%	0.001	2.92
M_cK	1%	25.0%	0.001	2.65
S_Al_tot	1%	26.0%	0.002	2.46
M_cAl	1%	27.0%	0.005	2.46
SOx_dep	1%	28.0%	0.001	2.63
fijnspar	1%	29.0%	0.002	2.49
M_cSO4	1%	30.0%	0.003	2.28
NOx_dep	1%	31.0%	0.004	2.25
S_H_uit	1%	32.0%	0.007	2.15
S_Mg_uit	1%	33.0%	0.011	2.05
S_Ca_tot	0.2%	33.2%	0.009	1.88
S_pH	1%	34.2%	0.026	1.84
M_P_tot	1%	35.2%	0.033	1.74
M_pH	0.2%	35.4%	0.028	1.76
M_NH_uit	1%	36.4%	0.015	1.91
Ca_dep	1%	37.4%	0.012	1.88
S_cPO4	0.2%	37.6%	0.063	1.53
S_BC/Al	1%	38.6%	0.051	1.51
M_cBC/Al	0.2%	38.8%	0.045	1.6
M_Al_uit	1%	39.8%	0.047	1.57
M_BC/Al	1%	40.8%	0.056	1.54
Prec	0.2%	41.0%	0.045	1.59
S_cNO3	1%	42.0%	0.144	1.3
S_cCl	0.2%	42.2%	0.145	1.28
S_Ca_uit	1%	43.2%	0.073	1.46
Nhy_dep	0.2%	43.4%	0.04	1.63
laagdik	1%	44.4%	0.163	1.28
(verdere termen niet weergegeven)				

Bijlage 5

Verandering tussen 1995 en 2000, als abundantie (procentuele bedekking) in 2000 min abundantie in 1995, gesorteerd naar oplopend verschil. T=Student's t (gepaard). Een negatief verschil wijst op een afname in abundantie tussen 1995 en 2000.

Naam	Mos / Hogere plant	Aantal plots	Verschil 2000 - 1995	T
Ceratocapnos claviculata	H	90	-2.821	-0.3536
Urtica dioica	H	28	-2.119	-0.2381
Betula pubescens	H	31	-1.435	-0.1641
Pinus sylvestris	H	63	-1.373	-0.1273
Pseudotsuga menziesii	H	63	-1.349	-0.1363
Sambucus nigra	H	37	-1.054	-0.2171
Holcus mollis	H	15	-0.8722	-0.1511
Betula pendula	H	89	-0.7491	-0.2322
Calypogeia muelleriana	M	10	-0.375	-0.8429
Dicranum montanum	M	37	-0.3649	-1.119
Quercus robur	H	150	-0.3411	-0.05377
Calluna vulgaris	H	43	-0.3081	-0.1774
Galium aparine	H	20	-0.2875	-0.1532
Acer platanoides	H	10	-0.275	-0.7218
Stellaria media	H	59	-0.2302	-0.3904
Herzogiella seligeri	M	15	-0.1833	-0.3702
Pohlia nutans	M	82	-0.1535	-0.4111
Agrostis vinealis	H	11	-0.1364	-0.2523
Campylopus flexuosus	M	96	-0.1224	-0.1798
Solanum dulcamara	H	16	-0.1094	-0.1323
Rumex acetosella	H	41	-0.07317	-0.07541
Molinia caerulea	H	68	-0.06618	-0.01232
Agrostis capillaris	H	62	-0.04032	-0.01506
Sorbus aucuparia	H	152	-0.03399	-0.01703
Orthodontium lineare	M	119	-0.0091	-0.02331
Eurhynchium striatum	M	40	0.00625	0.01279
Aulacomnium androgynum	M	97	0.01461	0.03631
Athyrium filix-femina	H	11	0.02273	0.06611
Polygonatum multiflorum	H	15	0.05	0.09629
Galeopsis tetrahit	H	55	0.05151	0.06854
Rhytidiadelphus squarrosus	M	22	0.05682	0.09593
Lophocolea heterophylla	M	155	0.05806	0.1054
Atrichum undulatum	M	43	0.05814	0.115
Fagus sylvatica	H	78	0.0609	0.01815
Poa annua	H	15	0.06111	0.2163
Erica tetralix	H	12	0.0625	0.09893
Dicranoweisia cirrata	M	48	0.06597	0.1662
Carex pilulifera	H	51	0.06699	0.1766

Naam	Mos / Hogere plant	Aantal plots	Verschil 2000 - 1995	T
Prunus avium	H	21	0.07143	0.192
Dryopteris dilatata	H	106	0.0739	0.0219
Ribes rubrum	H	10	0.075	0.1075
Tetraphis pellucida	M	46	0.08152	0.1903
Lepidozia reptans	M	20	0.0875	0.3542
Leucobryum glaucum	M	39	0.1026	0.2418
Ceratodon purpureus	M	38	0.125	0.4011
Picea abies	H	47	0.1277	0.05354
Aulacomnium palustre	M	10	0.1333	0.3204
Campylopus introflexus	M	84	0.1488	0.131
Pleurozium schreberi	M	87	0.158	0.05377
Campylopus pyriformis	M	143	0.1777	0.258
Dicranella heteromalla	M	158	0.1846	0.2824
Juncus effusus	H	18	0.2083	0.4417
Isopterygium elegans	M	54	0.2145	0.5982
Larix kaempferi	H	32	0.2266	0.3839
Mnium hornum	M	106	0.2555	0.1569
Brachythecium rutabulum	M	160	0.2557	0.1442
Ilex aquifolium	H	52	0.258	0.3335
Carpinus betulus	H	10	0.2583	0.8256
Amelanchier lamarckii	H	78	0.2756	0.1514
Lophocolea bidentata	M	85	0.2892	0.7006
Quercus rubra	H	90	0.325	0.07782
Plagiothecium denticulatum	M	64	0.3255	0.8952
Senecio sylvaticus	H	34	0.3529	0.3251
Hypnum cupressiforme	M	96	0.3568	0.7307
Alnus glutinosa	H	13	0.3654	0.303
Crataegus monogyna	H	15	0.3667	0.2672
Chamerion angustifolium	H	41	0.3699	0.5332
Lonicera periclymenum	H	50	0.3733	0.1479
Calypogeia fissa	M	16	0.375	0.9963
Prunus serotina	H	122	0.4194	0.07244
Dicranum scoparium	M	132	0.4217	0.1222
Dryopteris carthusiana	H	138	0.4577	0.6775
Hedera helix	H	28	0.4702	0.2748
Holcus lanatus	H	46	0.4873	0.2342
Rubus phoenicolasius	H	14	0.5952	0.4238
Rhamnus frangula	H	113	0.6062	0.2567
Castanea sativa	H	14	0.625	0.6654
Polytrichum formosum	M	132	0.6408	0.2402
Pseudoscleropodium purum	M	65	0.6692	0.1786
Plagiothecium undulatum	M	45	0.6778	0.2463
Poa trivialis	H	21	0.6786	0.7827
Eurhynchium praelongum	M	135	0.7698	0.3085

Naam	Mos / Hogere plant	Aantal plots	Verschil 2000 - 1995	T
Moehringia trinervia	H	15	0.8167	0.3581
Agrostis stolonifera	H	17	1.039	0.6148
Rubus fruticosus	H	113	1.119	0.2341
Galium saxatile	H	27	1.269	0.4853
Vaccinium myrtillus	H	38	1.289	0.1662
Rubus idaeus	H	18	1.361	0.6118
Prunus padus	H	12	1.438	0.3917
Acer pseudoplatanus	H	26	1.84	0.4947
Deschampsia flexuosa	H	115	1.92	0.1904
Hypnum jutlandicum	M	180	2.203	0.2773
Fraxinus excelsior	H	22	3.557	0.3459
Corylus avellana	H	18	4.361	0.5542
Pteridium aquilinum	H	13	8.865	0.5645
Calamagrostis epigejos	H	11	9.705	0.4763

Bijlage 6

Gemiddelde indicatiewaarden van de vegetatieopnamen uit 1995.

nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
22	4.9	0.9	28	4.4	0.8	22	21.6	6.7	11	49.0	32.8	14	6.8	4.7	12	13.9	10.2	10	2.5	1.0	19	144.5	81.2	20	20.3	15.3	7
24	4.1	0.3	12	3.8	0.4	10	27.2	6.7	5	47.9	41.0	5	11.5	4.9	5	15.9	14.6	5	3.0	1.5	9	116.1	75.0	9			3
26	4.4	0.6	37	4.2	0.9	26	23.5	6.4	13	43.9	32.1	15	8.5	4.9	14	11.2	10.1	11	2.5	1.3	21	126.7	93.2	24	14.6	11.0	7
39	4.3	0.5	24	4.3	0.8	16	26.2	7.6	7	62.1	35.2	9	8.9	5.1	9	17.4	11.8	6	2.7	1.3	14	153.1	87.8	14	14.4	13.9	4
40	4.4	0.7	28	4.3	0.9	20	23.5	7.1	11	43.8	33.9	12	9.1	5.5	9	15.0	12.0	7	2.4	1.3	17	124.9	70.2	17	11.9	10.4	7
45	4.5	0.5	12	3.7	0.5	7	27.1	6.4	5	22.6	16.0	4	6.9	5.6	6	6.3	4.0	6	3.1	1.1	5	68.9	74.8	7			2
48	5.3	1.0	36	4.9	1.0	29	20.5	6.5	14	54.8	29.9	17	6.4	4.1	12	12.6	6.9	9	2.5	1.2	21	155.6	124.3	24	24.2	15.9	10
52	5.2	0.9	30	4.6	0.8	20	21.4	7.3	10	57.5	37.9	15	5.5	3.2	12	10.6	5.8	10	2.6	1.0	15	126.1	92.1	19	31.6	15.3	9
55	4.4	0.6	22	4.1	0.7	17	26.5	6.6	7	51.2	36.4	10	8.5	4.6	9	13.9	12.1	6	2.8	1.4	14	145.6	96.4	15	14.4	13.9	4
57	4.3	0.4	25	3.8	0.5	17	25.3	5.8	10	18.7	7.8	8	6.7	4.6	10	8.0	4.1	10	2.4	1.4	13	81.8	58.1	14	10.6	6.6	6
58	4.4	0.6	29	4.1	0.8	20	25.1	6.2	11	32.4	22.4	11	8.3	4.7	10	9.6	7.0	9	2.5	1.3	15	97.2	57.8	16	14.8	12.0	6
61	4.5	0.5	23	4.1	0.8	18	23.9	6.9	11	35.3	26.0	11	6.1	2.7	11	9.9	4.7	10	2.5	1.1	15	96.9	62.7	15	18.2	14.1	7
62	4.5	0.6	23	4.2	0.9	17	23.8	6.5	11	33.3	26.9	10	6.8	3.5	10	10.0	4.9	8	2.3	1.2	14	106.1	68.7	14	13.4	10.5	8
71	4.7	0.8	22	4.5	0.8	17	24.1	7.8	8	56.3	32.7	12	9.7	5.2	8	16.1	14.5	5	2.7	1.3	15	154.1	95.8	15	15.9	11.3	6
72	4.2	0.2	5	4.6	0.3	4			2			1			0			0			2			2			2
75	4.4	0.6	21	4.2	0.9	15	25.2	6.9	9	41.1	30.5	10	10.0	4.9	7	15.8	13.0	6	2.6	1.3	13	101.4	56.8	13	16.3	12.8	5
76	4.3	0.6	24	3.9	0.7	16	26.1	5.5	10	27.9	23.6	10	7.2	3.9	9	9.2	7.4	8	2.4	1.4	14	87.5	53.8	14	13.8	11.3	7
82	4.2	0.4	11	4.2	0.6	7			3	63.1	43.3	4			3			2	2.3	1.5	6	145.1	78.3	6			3
106	4.2	0.4	20	3.8	0.6	15	25.7	5.8	9	41.4	32.6	9	8.2	4.9	10	13.0	11.2	9	2.9	1.3	13	103.9	67.3	14	16.2	12.8	5
112	4.3	0.4	26	4.0	0.8	20	25.0	5.9	12	30.6	24.3	10	7.8	4.7	11	8.8	7.1	10	2.7	1.3	15	91.0	60.6	16	13.8	11.3	7
116	4.5	0.7	29	4.2	0.9	23	23.2	6.4	14	48.9	30.6	15	7.6	5.4	15	12.1	9.5	13	2.4	1.2	20	130.4	76.4	22	16.6	13.9	10
118	5.2	1.2	26	4.6	1.1	18	19.6	5.0	12	50.7	34.7	14	7.0	5.3	12	11.8	10.1	10	2.3	0.9	12	112.4	90.6	17	24.5	18.5	8
120	4.4	0.6	26	4.1	0.8	20	24.5	6.4	12	40.8	26.7	13	8.0	4.7	13	11.4	7.3	11	2.4	1.2	17	121.4	74.5	19	14.6	11.0	7
121	4.2	0.4	19	4.1	0.7	13	28.0	6.6	6	58.3	36.5	7	9.5	5.5	7	18.4	12.9	5	2.3	1.3	12	128.5	60.9	12	13.0	12.4	5

nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
125	4.3	0.4	17	3.8	0.7	13	25.9	5.8	9	26.4	17.6	7	7.0	4.7	8	6.7	5.2	7	2.4	1.3	10	82.1	59.7	12	13.8	11.3	7
127	4.4	0.2	9	3.8	0.6	8	27.0	5.8	7	15.7	8.8	6	4.9	2.8	6	7.4	4.8	6	2.8	1.3	7	53.9	36.8	7	10.6	6.6	6
129	4.3	0.5	23	4.3	0.9	15	25.9	8.3	6	59.2	36.5	8	9.7	4.7	6			3	2.5	1.3	14	158.1	90.3	14	13.0	12.4	5
130	4.4	0.6	35	4.2	0.9	26	23.7	6.3	12	40.2	31.6	16	9.7	4.7	11	12.2	12.2	9	2.7	1.3	23	110.7	70.0	24	15.0	11.8	6
134	4.7	0.8	18	4.5	0.8	13	22.9	9.2	5	67.7	30.0	6	5.4	2.1	6	13.1	6.2	5	2.1	0.9	9	138.6	89.0	10	25.8	18.6	4
135	4.4	0.6	17	4.1	0.8	10	24.5	7.9	6	57.4	36.4	7	7.2	4.8	7	15.3	14.4	5	2.8	1.1	6	125.3	89.8	8			2
140	4.6	0.8	34	4.1	0.6	27	24.3	5.1	13	52.1	33.0	15	10.7	6.0	15	13.7	10.8	11	3.4	1.6	22	122.1	78.2	25	29.0	19.0	6
144	4.3	0.5	25	4.0	0.7	17	26.1	5.5	10	37.4	30.4	12	8.1	4.1	9	9.1	8.0	7	2.9	1.1	17	101.9	68.1	17	13.8	11.3	7
150	4.6	0.7	28	4.3	0.8	23	24.5	7.7	8	51.4	31.6	11	8.1	4.8	8	9.1	5.9	5	2.4	1.1	18	134.8	82.6	19	18.5	17.5	6
156	4.1	0.2	12	4.0	0.6	10	28.6	6.1	5	36.5	32.8	4			3			3	2.1	1.5	8	93.4	41.8	8			3
157	4.2	0.3	17	3.9	0.6	13	27.1	5.3	8	41.1	34.8	8	9.0	4.1	7	10.7	7.7	6	2.8	1.4	11	105.9	76.6	12	10.7	7.4	5
158	4.3	0.5	24	4.1	0.7	18	25.7	5.8	9	42.3	33.5	9	9.2	5.1	9	8.5	7.6	7	2.6	1.3	15	105.2	69.9	16	16.5	12.6	5
159	4.5	0.7	25	4.1	0.7	18	25.4	6.2	8	47.9	39.0	10	9.7	5.1	9	12.0	12.5	7	2.9	1.1	14	115.4	77.0	15	21.6	17.4	6
160	4.3	0.6	20	4.3	0.9	14	25.5	8.0	7	69.2	34.9	7	11.1	5.8	7	18.5	12.4	6	2.4	1.4	12	142.4	73.1	13	7.5	0.8	4
166	4.8	0.8	17	4.3	1.0	14	24.8	6.6	9	44.8	33.3	9	8.6	5.2	9	8.9	8.4	7	2.9	1.2	12	105.4	77.6	13	14.8	12.0	6
169	4.6	0.7	19	4.1	0.7	17	27.6	5.6	7	36.6	31.3	11	9.7	4.0	6	11.5	8.3	5	2.5	1.3	13	107.1	68.2	13	9.4	7.3	6
171	4.3	0.6	18	3.9	0.9	15	26.1	6.5	8	24.6	12.7	7	8.7	5.0	6	9.0	6.7	6	2.0	1.2	11	84.4	45.6	13	7.5	0.8	4
173	4.2	0.4	18	3.9	0.6	14	26.9	6.6	6	32.8	34.3	6	8.6	3.7	5	9.1	4.4	4	2.5	1.3	12	110.5	71.8	12	10.6	6.6	6
174	4.5	0.7	28	4.3	0.9	22	23.9	6.7	12	40.8	29.3	12	7.0	5.4	11	9.9	6.7	9	2.4	1.2	18	123.6	81.1	19	12.0	9.6	8
175	4.4	0.6	22	4.2	0.9	16	25.4	6.8	9	43.1	31.7	10	6.9	4.4	8	10.7	8.2	6	2.5	1.3	15	113.6	65.9	15	11.8	10.4	7
178	4.4	0.6	29	4.0	0.7	22	25.1	5.6	12	36.6	29.9	12	7.4	5.0	12	9.1	6.6	10	2.4	1.3	17	116.4	75.9	19	13.4	10.5	8
202	4.9	0.9	35	4.4	0.8	26	22.3	6.3	12	52.0	34.2	14	6.5	4.4	13	12.5	9.1	12	2.8	1.2	21	145.4	118.6	22	29.9	15.5	7
203	4.3	0.4	23	4.0	0.7	16	26.2	5.5	10	38.9	31.9	9	9.2	5.5	10	12.9	11.2	10	2.6	1.1	14	105.9	60.4	15	11.6	8.2	4
207	5.4	0.8	35	4.8	0.7	26	21.5	6.4	13	75.4	42.0	17	7.9	6.1	13	11.0	6.2	7	3.0	1.2	22	160.7	91.5	23	36.1	16.2	10
209	4.5	0.7	40	4.3	0.8	27	22.0	7.4	15	42.5	35.0	16	7.0	4.9	15	12.3	9.2	13	2.6	1.2	22	125.6	83.2	23	14.8	12.1	11
213	4.6	0.7	39	4.4	0.9	28	21.7	6.7	17	51.5	40.9	18	8.2	5.2	18	11.9	9.0	15	2.6	1.3	23	133.6	93.5	24	16.2	13.2	11
214	4.2	0.5	21	4.1	0.7	13	25.4	7.5	7	47.6	32.7	7	7.9	5.7	8	14.5	12.1	7	2.5	1.3	12	140.3	75.2	12	17.6	11.8	5

nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
215	4.6	0.7	25	4.4	0.8	17	23.8	7.1	10	50.2	32.5	11	8.0	3.9	10	12.6	6.0	8	2.5	1.4	15	132.0	75.9	15	20.4	16.2	7
216	4.4	0.6	13	4.5	0.8	11	26.0	8.8	5	49.1	24.6	5			2			1	1.9	1.1	9	119.0	30.4	9	14.7	13.7	4
217	4.1	0.3	10	4.2	0.6	5			3			2			1			1	1.7	0.7	4	100.3	29.1	4			3
218	4.2	0.4	17	4.1	0.6	10	28.3	5.6	6	51.0	34.9	6	8.6	4.5	6	12.2	7.9	5	2.5	1.4	7	112.9	68.3	8	10.7	7.4	5
219	4.3	0.5	21	4.2	0.8	14	26.5	8.6	4	68.4	32.8	7	9.3	5.0	6			3	3.0	1.2	11	156.0	99.2	12			2
220	4.9	0.6	39	4.3	0.6	28	22.9	6.8	11	72.2	44.1	16	7.8	3.9	13	15.2	10.6	9	2.9	1.1	23	127.5	76.2	26	31.3	21.1	6
222	4.3	0.4	13	4.0	0.7	12	27.0	7.9	5	29.5	14.8	4			3			2	1.9	1.1	9	96.5	32.9	9	13.0	12.4	5
224	4.3	0.5	15	4.1	0.9	13	24.9	7.3	7	28.9	11.7	6	9.6	4.7	5	7.4	8.0	4	1.8	0.9	9	95.0	41.1	11	16.5	12.6	5
226	4.1	0.3	5	3.9	0.5	4			1			1			1			1			3			3			2
227	4.3	0.5	21	4.0	0.7	16	26.2	5.5	10	36.4	24.6	9	8.4	4.9	9	11.1	7.8	8	2.6	1.2	14	96.2	57.2	15	13.0	12.4	5
228	4.4	0.5	22	4.1	0.8	20	24.9	6.0	11	45.3	30.0	12	9.2	5.1	10	11.7	11.9	8	2.5	1.1	16	104.6	62.2	18	14.8	12.0	6
230	4.5	0.9	7	4.3	1.4	6	25.4	9.8	4	47.3	37.9	4			3			3	2.7	1.1	6	107.6	65.6	6			2
231	4.4	0.3	4	3.6	0.4	4	28.1	7.0	4			3			3			3	2.8	1.0	4	47.4	27.9	4			2
232	4.9	0.8	17	4.4	0.9	12	23.7	7.1	9	72.6	45.7	9	7.2	4.2	9	12.2	8.5	7	3.1	1.2	11	134.8	82.8	11	32.0	19.5	4
233	4.3	0.6	26	4.2	1.0	19	23.8	8.1	7	46.9	32.4	9	10.2	4.5	6	16.3	15.7	4	2.3	1.2	15	132.1	61.5	16	16.5	12.6	5
515	4.4	0.6	22	3.9	0.6	16	24.7	6.0	12	25.1	22.7	10	7.5	5.4	11	8.9	6.4	11	2.5	1.4	13	85.4	65.1	14	9.7	6.5	7
519	4.1	0.2	15	3.8	0.4	11	26.9	5.3	7	50.2	36.3	6	10.1	6.2	7	14.1	13.2	7	3.2	1.1	8	109.3	78.6	10			1
533	4.8	0.9	37	4.5	0.9	27	22.2	6.6	13	49.3	30.5	17	6.6	4.6	13	12.9	9.3	11	2.6	1.2	22	140.4	77.8	23	20.2	14.9	9
536	4.5	0.7	33	4.2	0.9	25	23.3	6.7	13	45.0	32.0	15	7.4	4.9	14	12.9	9.5	12	2.5	1.2	22	130.8	76.8	22	17.4	14.5	9
559	4.3	0.4	19	3.8	0.4	14	26.7	6.1	6	48.1	36.6	6	10.0	4.8	7	14.4	13.6	6	3.0	1.2	12	132.2	76.7	13			2
571	4.4	0.6	30	4.0	0.8	24	24.4	5.7	13	39.2	28.8	17	7.8	4.3	13	11.8	10.4	11	2.7	1.2	20	104.0	65.3	23	13.3	10.5	8
592	4.4	0.6	27	4.0	0.7	19	24.7	5.7	13	44.4	32.5	13	7.8	4.6	13	13.4	9.8	12	2.9	1.2	17	113.5	77.7	19	20.4	16.2	7
640	4.3	0.4	14	4.2	0.8	10	27.3	6.8	6	45.3	30.5	6	7.1	3.2	5			3	2.0	1.1	7	107.7	65.6	8	13.0	12.4	5
644	4.3	0.6	23	4.3	0.8	15	24.4	8.2	7	51.8	31.6	8	7.9	5.4	7	15.9	12.4	5	1.9	1.2	11	143.0	76.6	12	13.0	11.1	6
740	4.4	0.6	27	4.2	0.8	21	23.7	6.6	10	38.8	30.9	12	9.4	5.4	10	11.3	11.8	8	2.5	1.2	17	118.1	83.6	19	15.9	11.3	6
794	4.4	0.6	22	4.3	0.8	17	25.8	7.3	7	51.3	33.9	8	9.6	4.6	6			3	2.1	1.2	14	130.5	88.4	15	13.0	12.4	5
806	4.3	0.6	33	4.2	0.9	21	25.3	6.6	9	44.8	34.0	9	9.1	5.4	9	13.6	12.2	7	2.4	1.2	15	116.0	70.5	16	13.0	12.4	5

nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
881	4.5	0.7	25	4.2	0.9	23	23.5	6.7	13	47.3	37.2	13	8.4	4.8	11	10.5	7.6	9	2.4	1.2	16	120.0	69.6	19	17.0	14.7	9
912	4.4	0.6	30	4.2	0.7	22	24.7	5.8	13	51.6	33.8	15	8.8	5.0	14	12.9	10.7	11	2.7	1.3	18	133.6	93.1	20	17.9	15.4	8
928	4.3	0.4	20	3.8	0.6	16	24.7	5.5	12	18.8	13.4	10	7.6	4.6	11	6.7	4.5	10	2.7	1.3	13	59.0	41.6	14	13.3	10.5	8
934	4.4	0.6	22	4.1	0.8	16	24.5	6.7	8	40.1	33.0	9	8.2	4.4	8	9.6	7.7	6	2.5	1.2	14	105.6	64.6	14	18.7	13.3	4
941	4.5	0.7	27	4.3	0.8	21	23.9	6.9	11	50.8	28.8	13	8.9	4.8	10	15.7	11.1	8	2.3	1.1	19	125.4	54.9	19	19.9	16.3	8
969	4.3	0.4	15	4.0	0.9	11	25.9	7.6	6	32.1	13.7	6	6.4	3.1	5	9.1	6.2	5	1.9	0.9	7	93.2	33.0	9	11.8	8.0	4
1010	4.2	0.5	27	4.0	0.8	18	26.0	6.4	9	43.6	31.7	9	7.1	4.3	8	11.1	7.6	6	2.4	1.2	15	123.0	65.5	16	13.0	12.4	5
1012	4.2	0.4	30	3.9	0.6	20	26.3	5.4	10	45.2	31.3	13	8.2	4.5	13	14.2	10.2	11	2.6	1.2	17	116.9	64.3	19	14.8	12.0	6
1034	4.6	0.9	11	4.5	1.3	9	27.5	7.6	5	47.1	29.0	6	7.7	3.3	4			2	1.9	0.9	8	125.6	62.0	9	14.4	13.9	4
1036	4.4	0.6	26	3.9	0.6	19	24.5	5.7	12	24.8	13.5	12	6.5	4.1	14	8.8	5.1	13	2.4	1.2	13	85.1	56.2	16	12.7	10.0	9
1040	4.4	0.6	26	4.2	0.9	17	24.6	6.7	11	42.4	29.1	11	6.6	4.1	11	10.1	6.4	9	2.6	1.2	14	125.7	81.5	15	14.6	11.0	7
1078	4.4	0.5	21	4.2	0.8	14	24.6	8.6	5	60.9	32.9	7	8.1	5.2	7	14.9	15.3	4	2.3	1.1	11	136.5	65.8	13			2
1096	4.4	0.6	25	4.2	0.8	18	24.4	6.8	10	35.4	26.8	10	7.1	4.5	12	9.3	5.5	10	2.4	1.2	12	114.2	79.1	14	12.6	11.0	8
1115	4.4	0.5	33	4.0	0.7	27	24.2	5.3	16	40.7	30.8	17	8.1	4.8	18	11.7	9.5	16	2.7	1.2	20	96.8	64.1	23	16.4	15.0	11
1134	4.5	0.6	23	4.2	1.0	18	23.1	5.9	15	28.0	25.3	14	7.5	4.8	13	6.8	4.1	11	2.7	1.3	16	88.8	76.9	17	12.7	10.0	9
1135	4.6	0.8	25	4.1	0.8	20	23.7	6.9	11	23.5	11.5	13	4.9	2.8	10	8.9	5.3	10	1.9	1.1	15	114.3	76.1	16	9.5	6.0	9
1136	4.5	0.5	19	4.1	0.9	14	24.3	6.2	12	28.4	15.5	11	6.5	4.1	12	8.0	5.5	11	2.3	1.2	10	75.7	43.5	13	14.8	12.0	6
1210	4.4	0.5	20	4.2	0.8	16	24.7	6.4	10	49.9	35.4	13	9.8	4.4	10	14.7	12.7	7	2.9	1.3	16	129.0	94.9	16	16.5	12.6	5
1212	4.3	0.4	19	3.9	0.7	11	26.1	6.4	7	43.4	32.3	8	7.1	4.8	8	11.5	12.9	6	2.4	1.2	9	108.9	69.6	11	18.8	13.3	4
1251	4.3	0.3	22	3.8	0.6	17	25.7	5.1	12	30.3	22.6	12	7.4	4.6	12	9.4	7.5	11	3.0	1.2	12	82.5	59.2	15	14.1	11.1	7
1257	4.4	0.5	11	4.3	0.9	9	27.4	7.8	5	54.9	36.5	6	9.0	6.0	5	17.4	13.7	4	2.2	1.4	7	137.8	72.8	8			3
1273	4.3	0.4	28	4.0	0.8	21	24.9	5.7	13	37.0	29.5	13	7.8	4.7	13	9.4	7.5	11	2.7	1.3	15	96.5	68.8	18	13.3	10.5	8
1358	4.5	0.6	20	4.2	0.9	16	25.2	7.0	8	44.8	33.8	8	7.7	4.3	8	10.6	7.9	6	2.8	1.2	12	117.9	73.7	12	16.2	12.8	5
1424	4.5	0.6	24	4.3	0.6	19	23.5	6.8	10	55.0	38.4	11	9.4	5.1	11	12.9	11.0	8	2.8	1.3	15	146.1	104.2	16	18.9	15.6	8
1428	4.2	0.4	23	4.0	0.8	16	25.0	6.2	10	23.9	12.8	8	7.8	4.7	8	7.1	4.5	7	2.3	1.2	14	93.6	58.8	15	14.8	12.0	6
1438	4.2	0.4	21	4.2	0.7	13	27.3	7.6	5	73.3	31.5	7	11.0	4.9	6			3	3.0	1.5	11	163.8	94.6	12	14.7	13.7	4
1463	4.4	0.6	20	4.2	0.7	15	26.3	6.1	8	35.8	29.9	8	8.1	4.9	8	7.6	4.8	6	2.5	1.3	11	100.3	77.9	12	13.0	12.4	5

nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
1470	4.3	0.5	18	4.0	0.5	12	29.0	6.4	4	68.4	31.2	7	8.8	5.4	7	17.1	13.7	5	3.3	1.4	8	156.8	104.4	11			1
1476	4.2	0.5	11	4.4	0.7	6			2			2			3			1	2.1	1.1	5	137.7	72.3	5			3
1562	4.6	0.7	16	4.0	0.7	15	24.2	6.3	9	19.3	13.5	9	9.1	5.2	7	5.5	2.7	6	2.5	1.5	11	70.9	57.0	12	15.4	11.6	6
1593	4.7	0.8	15	4.1	1.0	14	23.4	6.5	11	45.9	31.4	11	8.1	5.1	10	13.4	10.7	10	2.8	1.2	13	113.3	78.0	14	22.8	16.8	4
1602	5.2	0.8	4	4.0	0.6	4			2			3			2			2			3			3			2
2001	5.4	0.8	16	4.8	0.9	12	20.4	5.0	5	63.7	41.5	8	6.2	3.3	6	11.6	8.5	4	3.0	1.3	9	177.2	190.3	10			2
2002	5.0	0.8	27	4.7	1.0	21	23.4	6.6	12	46.6	34.2	12	7.2	4.7	8	9.8	7.7	6	2.7	1.4	15	131.4	79.4	15	15.2	11.7	6
2003	5.3	0.8	27	4.8	0.8	17	22.0	6.7	12	65.3	38.4	14	8.2	5.1	10	12.0	8.4	8	2.6	1.2	14	115.1	76.2	18	28.4	16.2	4
2004	4.8	0.8	20	4.5	1.1	16	22.6	7.3	11	46.1	28.2	10	8.1	5.6	9	9.3	7.5	7	2.4	1.1	14	135.7	85.9	15	16.1	11.2	6
2005	5.3	0.9	34	4.8	0.8	22	20.1	6.7	14	70.1	32.6	16	7.1	4.8	14	15.5	9.9	10	2.7	1.2	17	148.8	76.2	19	31.5	16.0	10
2006	5.2	0.9	25	4.7	0.8	19	21.6	8.0	9	66.5	32.3	12	8.9	4.8	10	17.3	11.8	7	2.9	1.1	16	181.6	125.3	17	27.4	13.1	6
2007	4.4	0.7	20	4.3	0.9	15	25.8	7.6	7	37.6	29.8	8	6.2	3.5	6	8.8	4.9	4	2.1	1.2	13	122.6	70.6	13	13.0	12.4	5
2008	4.1	0.4	14	4.1	0.7	9	29.0	6.7	4	52.9	43.6	5	11.2	5.3	4			3	2.4	1.4	8	125.0	77.2	8			3
2009	4.5	0.6	24	4.2	0.9	18	23.9	6.4	13	35.9	28.9	13	6.5	4.1	13	9.5	6.2	11	2.5	1.2	17	117.6	83.3	17	13.8	10.4	8
2010	4.4	0.6	26	4.2	0.8	21	24.9	7.0	10	40.0	28.7	12	6.5	4.3	9	10.4	7.8	7	2.5	1.2	19	126.5	74.6	19	12.2	10.4	7
2011	4.1	0.3	13	4.0	0.5	10	28.3	7.3	4			2			3			3	1.6	0.9	7	89.9	37.4	8	11.8	8.0	4
2012	5.2	1.0	42	4.9	1.1	34	20.9	6.2	17	47.1	26.1	21	8.9	4.6	11	13.0	7.8	9	2.2	1.1	25	134.3	65.4	28	24.1	17.8	9
2013	5.1	0.8	24	4.7	0.8	22	23.0	7.4	11	72.5	45.6	14	8.1	3.9	9	13.8	8.3	6	2.5	1.1	17	146.9	95.3	19	20.1	16.4	9
2014	5.7	0.9	20	4.8	0.8	14	18.3	3.8	6	56.0	33.6	11	6.4	3.7	7	11.5	7.1	5	2.6	1.5	10	145.5	86.0	13	26.4	10.3	4
2015	4.7	0.8	39	4.5	1.0	30	22.0	6.7	16	52.3	32.1	19	7.9	5.1	16	13.1	10.0	13	2.5	1.2	24	141.4	88.0	26	20.1	15.6	7
2016	4.3	0.4	20	4.1	0.7	13	25.8	5.8	9	47.2	36.3	10	8.8	5.1	10	12.8	11.9	8	3.0	1.2	11	107.9	77.5	12	18.8	13.3	4
2017	4.4	0.6	29	4.2	0.7	21	23.6	6.6	11	53.9	32.7	11	8.8	5.8	11	12.6	11.5	9	2.5	1.2	16	144.3	79.6	18	18.8	14.9	8
2018	4.7	0.7	13	4.5	0.9	10	24.3	8.9	5	68.2	32.6	7	7.4	3.0	6			3	3.1	1.2	8	168.8	113.1	9			2
2019	4.6	0.7	11	4.5	1.0	8	24.3	7.7	6	31.6	11.0	6	5.9	3.1	5	10.0	5.9	5	2.2	0.9	6	93.7	51.7	7			3
2020	4.9	0.8	19	4.7	0.9	15	21.0	7.6	10	58.4	24.8	8	7.0	4.0	7	14.4	9.0	5	2.4	0.9	12	117.8	63.2	14	27.2	14.5	4
2022	4.3	0.5	33	4.0	0.8	25	25.5	5.5	12	45.9	35.5	15	8.7	5.2	14	11.6	10.8	12	2.9	1.3	19	121.3	91.4	22	10.1	6.1	7
2023	3.9	0.3	7	4.0	0.5	4			2			0			1			1			2			3			1

nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
2024	4.2	0.4	15	4.0	0.7	12	30.6	5.3	4	62.4	42.6	6	10.3	5.0	5			3	2.5	1.4	10	154.7	104.2	10			3
2025	4.5	0.7	36	4.4	0.8	24	24.0	7.3	10	49.3	32.3	11	8.4	6.0	11	13.8	11.0	9	2.3	1.1	17	137.8	74.6	18	11.3	10.0	8
2026	4.3	0.5	26	4.0	0.8	17	24.6	7.3	8	36.5	25.4	9	8.2	4.8	8	14.0	10.6	8	2.2	1.2	13	122.8	69.9	15	11.1	6.7	6
2027	4.3	0.6	21	4.0	0.8	13	26.1	6.9	7	31.2	15.6	8	5.9	3.0	7	9.6	6.1	7	2.1	1.1	10	105.4	67.7	12	10.6	6.2	7
2028	4.1	0.3	22	3.7	0.5	14	27.7	5.2	7	34.5	28.9	8	7.5	4.8	8	12.9	11.3	8	2.3	1.2	10	94.5	54.1	12	10.7	7.4	5
2029	4.3	0.5	7	4.0	1.0	6	26.3	8.8	4	49.0	35.9	4			3			3	2.4	1.3	5	120.0	67.7	6			1
2030	4.3	0.4	32	4.0	0.7	21	25.0	5.5	12	36.8	25.9	14	7.9	4.8	13	11.3	10.8	11	2.6	1.2	15	107.3	67.9	19	13.2	11.7	7
2031	4.5	0.7	21	4.3	0.8	14	24.1	8.0	6	58.7	35.1	8	8.2	5.2	7	16.7	12.2	6	2.4	1.0	11	137.2	68.4	12			1
2032	4.4	0.5	26	4.2	0.8	20	24.5	6.2	11	53.9	32.1	13	8.4	5.3	13	13.4	10.9	10	2.4	1.2	16	123.1	66.6	19	21.0	18.4	5
2035	4.3	0.5	25	4.1	0.7	19	25.2	6.6	9	52.0	35.5	12	8.9	4.8	11	15.7	11.0	8	2.8	1.4	15	147.1	92.5	17	13.4	10.5	8
2036	5.0	0.8	24	4.5	0.9	16	22.9	7.7	8	44.0	27.0	13	5.0	2.1	10	9.6	6.0	8	2.4	0.8	9	113.4	79.3	13	31.7	16.5	5
2037	4.8	0.9	27	4.4	0.9	17	24.0	6.3	10	51.4	32.6	13	7.4	3.7	12	10.7	7.3	8	2.9	1.3	13	137.5	103.4	16	29.7	18.2	4
2039	4.7	0.8	31	4.4	1.0	25	21.6	7.0	13	48.2	25.8	14	7.0	3.9	12	12.2	6.4	10	2.3	1.1	17	136.7	63.8	19	18.9	14.6	10
2040	4.6	0.7	27	4.3	0.8	23	23.3	6.5	12	50.5	35.2	16	8.1	4.7	13	13.5	10.4	10	2.6	1.3	21	133.7	79.7	22	26.1	17.4	7
2041	4.2	0.5	32	4.1	0.8	19	25.5	8.4	6	59.4	32.8	9	9.6	4.3	7	19.6	12.9	4	2.5	1.3	15	149.0	83.5	17	13.0	12.4	5
2042	4.2	0.5	24	4.2	0.8	16	25.6	7.3	7	55.7	36.1	8	9.0	5.9	7	16.9	13.7	5	2.3	1.3	13	130.6	65.3	14	14.7	13.7	4
2043	4.5	0.7	10	4.7	0.9	8			3	57.9	32.1	4			1			0	1.9	1.1	7	129.8	60.7	7			2
2044	4.2	0.5	14	4.2	0.9	11	25.3	7.9	6	45.2	29.5	6	8.5	6.2	4			3	2.3	1.3	9	130.3	61.8	10			3
2045	4.3	0.4	25	3.8	0.6	17	25.1	5.8	10	32.6	34.3	9	7.6	5.5	11	10.6	10.0	11	2.6	1.3	14	83.8	59.8	15	14.6	13.9	8
2046	4.2	0.4	26	4.0	0.7	15	26.5	6.5	7	48.8	36.9	7	9.8	5.5	8	12.2	13.3	6	2.5	1.2	12	120.5	74.2	13	14.8	12.0	6
2047	4.1	0.3	26	3.9	0.6	17	26.4	6.0	8	38.7	28.4	8	8.4	5.4	9	12.1	12.0	8	2.2	1.2	11	95.4	51.5	14	12.1	11.4	6
2048	4.3	0.5	11	4.1	0.8	10	25.3	7.2	6	53.1	32.7	6	11.3	5.0	5	19.2	12.4	5	2.7	1.5	8	118.7	60.6	9			2
2049	4.4	0.5	35	4.2	0.8	24	24.3	6.2	12	50.7	34.0	15	8.7	4.4	13	13.8	11.1	9	2.8	1.4	21	138.2	86.2	22	16.5	12.6	5
2050	4.2	0.4	17	4.0	0.7	12	25.8	7.9	5	59.8	32.8	6	10.8	5.3	5	18.2	15.6	4	2.8	1.5	8	146.4	68.4	10			2
2051	4.3	0.5	21	4.1	0.9	13	25.5	5.8	11	37.1	32.4	10	7.9	5.0	11	8.6	7.4	9	2.9	1.3	12	104.7	80.3	13	14.8	12.0	6
2052	4.3	0.6	30	4.1	0.9	21	24.8	5.9	12	48.3	35.0	14	8.5	5.0	15	12.0	10.6	12	2.9	1.4	17	124.8	91.4	20	13.3	10.5	8
2053	4.6	0.7	16	4.3	0.8	11	21.9	9.9	5	78.1	38.9	6	7.8	6.1	6	16.2	14.3	4	2.4	1.1	8	163.3	83.2	9	25.7	18.1	4

nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
2055	4.5	0.6	22	3.9	0.6	13	25.7	7.7	5	45.1	29.9	6	8.8	5.4	5	13.3	16.2	4	2.6	1.0	10	100.2	72.7	11			3
2056	4.6	0.7	25	4.2	0.8	20	24.8	6.3	10	50.3	34.8	14	9.1	5.0	13	14.8	11.1	10	2.6	1.2	17	128.8	76.5	19			3
2057	5.1	0.8	22	4.9	0.9	18	21.1	7.1	10	55.7	33.0	12	5.9	3.4	9	10.7	6.2	7	2.3	1.3	14	153.3	77.7	14	22.3	15.7	6
2059	4.5	0.6	19	4.1	0.7	15	22.9	7.0	9	28.0	13.6	7	6.9	5.1	7	7.2	3.5	6	2.0	1.1	12	97.4	41.9	13	15.9	10.6	7
2060	4.4	0.8	13	4.4	0.7	9	28.4	8.4	4	31.0	13.3	4			3			2	1.6	0.6	7	116.6	41.6	7	13.0	12.4	5
2062	4.6	0.7	25	4.2	0.9	21	25.0	5.9	12	41.4	32.2	15	8.5	4.7	12	8.4	7.4	9	2.8	1.3	19	117.1	93.2	20	13.8	11.3	7
2064	4.9	0.9	20	4.4	0.8	17	22.9	6.8	11	42.5	23.7	11	9.0	4.8	9	12.1	7.5	8	2.4	1.2	14	125.3	74.6	15	20.0	15.6	7
2067	4.4	0.7	20	4.2	0.8	15	24.9	7.7	6	26.5	19.7	7	8.5	4.4	4			3	2.2	1.4	12	92.8	54.3	12	13.2	12.3	5
2068	4.3	0.5	20	4.2	0.8	15	24.9	6.9	9	46.6	31.9	8	11.2	3.9	7	10.8	9.1	5	2.6	1.4	12	113.7	71.1	13	14.8	12.0	6
2070	4.4	0.5	21	4.1	0.8	18	24.2	7.2	8	51.0	39.1	8	9.4	5.0	9	15.5	11.6	7	3.0	1.2	14	121.2	73.9	14	15.2	11.8	6
2072	4.3	0.6	12	4.4	0.9	9			3	70.0	36.5	4			3			1	2.3	1.3	7	157.5	65.0	7			2
2073	4.5	0.5	15	3.7	0.4	9	29.2	6.3	4	54.5	34.0	5	8.2	5.4	5	16.0	15.0	4	2.7	1.2	7	116.3	83.4	10			2
2074	4.7	0.6	35	4.3	0.8	25	23.1	6.2	16	58.2	45.7	17	9.0	4.6	16	14.6	10.1	13	3.0	1.1	21	123.3	76.0	25	26.6	20.8	7
2075	4.9	0.8	27	4.4	0.7	20	22.6	6.9	13	48.7	37.4	14	8.1	5.0	13	12.3	10.0	11	3.0	1.2	15	120.3	85.0	18	21.7	17.3	6
2076	5.2	0.9	66	4.8	0.9	42	20.0	4.4	15	67.7	41.5	24	7.8	4.1	16	15.9	10.3	10	2.7	1.1	28	140.8	71.7	32	44.1	11.7	7
2077	4.8	0.7	35	4.4	0.7	18	21.8	9.9	5	78.7	21.2	8	8.3	5.0	7			3	2.6	1.0	12	159.8	80.7	15			3
2078	4.4	0.5	17	3.9	0.8	10	26.3	8.8	4	49.0	35.9	4			3			3	2.4	1.3	8	130.8	65.8	9			1
2079	4.2	0.3	20	3.8	0.5	14	26.5	5.7	8	30.1	27.8	6	9.5	5.2	7	10.4	7.5	7	2.6	1.5	11	92.8	60.4	12	10.6	6.6	6
2080	4.4	0.6	19	4.3	0.8	14	24.9	8.5	6	51.6	28.5	10	7.9	5.0	8	15.4	12.0	6	2.4	1.1	11	121.5	59.1	13	14.7	13.7	4
2081	4.3	0.3	15	3.9	0.7	14	25.9	5.6	10	32.3	23.6	10	6.8	3.6	10	10.7	7.6	9	2.6	1.3	10	81.3	40.3	12	13.3	10.5	8
2082	4.4	0.5	33	4.1	0.7	22	24.4	6.2	11	53.0	33.0	13	8.0	4.5	13	14.1	10.6	10	2.6	1.0	18	117.6	67.9	20	24.0	17.1	5
2083	4.3	0.6	14	3.9	0.6	10	26.4	6.0	6	38.6	33.7	6	7.2	5.0	8	12.8	10.9	8	3.1	1.1	7	88.0	69.5	8			1
2084	4.3	0.6	13	4.2	0.6	11			3			3			3			2	2.2	1.4	7	131.1	77.4	8			3
2085	4.4	0.5	20	3.8	0.5	15	25.4	5.3	12	27.3	22.6	10	7.5	4.8	12	9.9	6.5	12	2.7	1.3	14	95.2	71.1	15	10.3	6.1	7

Bijlage 7

Gemiddelde indicatiewaarden van de vegetatieopnamen uit 2000.

opname nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
22	4.6	0.7	20	4.3	0.8	17	22.9	7.2	9	55.2	31.5	11	8.0	5.2	11	15.1	10.5	9	2.7	1.1	15	148.7	75.9	16	25.3	15.6	5
24	4.2	0.4	14	4.0	0.7	13	25.5	7.3	6	44.6	37.5	6	11.5	4.9	5	15.9	14.6	5	2.8	1.4	12	120.5	66.1	12			3
26	4.5	0.8	44	4.2	0.9	31	23.3	5.8	17	42.5	31.3	21	7.8	4.9	19	11.2	9.3	16	2.6	1.3	27	118.7	88.1	31	17.1	15.2	10
39	4.6	0.9	38	4.1	0.8	24	24.7	6.5	11	44.8	35.2	15	7.1	4.7	15	13.3	9.9	12	2.8	1.4	19	127.8	94.8	22	11.3	9.7	8
40	4.6	0.8	37	4.3	0.9	26	23.0	6.2	15	40.6	30.7	16	8.5	5.0	13	12.3	10.1	11	2.5	1.3	21	113.4	70.1	23	13.4	10.5	8
45	4.3	0.4	12	4.0	0.8	7	26.9	8.5	4	44.2	41.2	4	7.1	6.1	5	14.4	15.6	4	3.1	1.2	6	118.5	92.1	6			2
48	4.9	0.8	40	4.6	0.9	33	21.9	6.7	16	53.2	28.1	21	6.0	3.9	14	11.7	6.8	11	2.4	1.2	28	152.1	112.7	30	24.8	16.3	10
52	5.0	0.8	30	4.5	0.8	23	22.7	6.3	14	53.9	31.3	18	6.4	3.8	15	12.4	6.9	12	2.7	1.1	20	134.7	89.3	23	27.2	16.4	8
55	4.6	0.7	28	4.3	0.8	23	23.9	6.7	12	47.4	34.9	14	8.3	5.5	14	12.5	10.2	11	2.5	1.3	20	140.6	96.2	21	12.3	10.3	7
57	4.3	0.5	23	3.9	0.7	18	25.8	5.7	10	31.4	25.0	10	6.7	3.9	10	10.4	6.4	9	2.6	1.3	16	94.4	55.8	16	14.1	11.1	7
58	4.3	0.5	29	4.1	0.8	21	25.1	6.2	11	41.4	30.4	11	8.6	4.7	11	9.6	7.0	9	2.6	1.2	17	105.6	66.4	18	14.8	12.0	6
61	4.5	0.5	32	4.1	0.8	26	23.2	5.9	17	40.6	34.4	16	7.5	4.5	18	9.6	6.3	16	2.8	1.2	22	98.4	72.2	23	19.1	15.5	10
62	4.3	0.5	30	4.0	0.7	21	25.5	5.3	12	40.3	35.0	13	8.7	5.4	13	11.0	11.0	11	2.8	1.3	18	95.1	68.0	19	13.3	10.5	8
71	4.7	0.8	31	4.5	1.0	23	22.4	6.9	15	52.6	37.2	16	8.7	5.5	12	12.7	11.0	10	2.4	1.1	20	124.4	67.4	21	21.1	17.2	9
72	4.4	0.5	18	4.2	0.7	14	25.7	6.8	7	49.6	34.8	7	9.6	5.6	7	9.8	8.9	5	2.5	1.3	11	106.1	63.4	12	15.4	11.6	6
75	4.4	0.6	28	4.4	1.0	19	23.8	7.5	10	48.6	32.2	11	10.5	4.7	7	18.0	13.2	5	2.5	1.2	16	123.1	59.5	16	14.4	13.9	4
76	4.5	0.6	28	4.3	0.8	19	24.0	6.6	12	38.1	28.2	13	6.8	4.2	12	10.3	5.9	10	2.6	1.2	16	123.2	82.8	16	14.7	10.9	7
82	4.3	0.5	18	4.4	0.7	12	28.2	8.4	4	69.7	30.7	6	10.9	5.9	5			3	2.5	1.3	11	137.1	57.3	11	14.7	13.7	4
106	4.3	0.5	27	4.1	0.8	20	25.5	6.2	10	47.0	32.9	12	8.5	5.1	10	14.1	11.4	8	2.6	1.3	17	119.0	68.9	18	13.0	12.4	5
112	4.4	0.6	30	4.0	0.8	23	24.5	5.9	13	26.8	21.5	13	8.8	5.0	10	8.3	7.2	10	2.5	1.3	18	84.0	51.3	19	10.2	6.7	6
116	4.7	0.8	34	4.4	0.9	25	22.3	6.5	16	51.3	33.5	17	6.9	4.8	14	10.1	6.0	12	2.3	1.1	21	127.1	74.0	23	22.0	17.8	12
118	4.8	0.9	23	4.4	0.8	17	23.2	7.1	10	74.4	52.8	12	7.4	5.2	9	16.4	11.0	8	2.6	1.0	13	120.7	71.0	15	25.8	22.7	7
120	4.3	0.5	28	4.0	0.8	22	25.1	5.6	13	34.6	20.4	14	7.8	4.4	12	10.3	8.0	11	2.5	1.2	17	96.7	52.6	20	13.8	11.3	7
121	4.3	0.6	27	4.3	0.8	20	25.8	7.1	8	58.8	32.8	11	11.0	4.7	9	17.0	13.2	6	2.7	1.3	16	140.4	86.5	18	13.0	12.4	5

opname nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
125	4.3	0.4	16	4.0	0.7	12	26.6	5.6	9	30.1	26.2	8	6.7	3.9	8	9.6	8.1	7	2.6	1.3	10	80.2	48.4	10	14.8	12.0	6
127	4.2	0.3	14	3.8	0.6	10	27.0	5.8	7	15.7	8.8	6	4.9	2.8	6	7.4	4.8	6	2.5	1.3	9	66.7	41.0	9	10.6	6.6	6
129	4.5	0.7	34	4.4	0.9	25	24.9	7.4	9	55.2	34.3	12	8.8	5.2	9	16.2	12.7	6	2.6	1.3	20	140.2	83.8	20	13.0	12.4	5
130	4.4	0.6	40	4.2	0.9	27	24.0	5.8	15	48.9	37.9	19	8.4	4.3	15	13.0	10.5	12	2.8	1.3	23	122.4	85.5	25	18.2	16.3	8
134	4.8	0.7	17	4.5	0.9	11	21.7	7.8	7	78.1	38.3	7	6.1	1.4	6	13.9	6.8	4	2.4	1.0	8	131.3	67.1	10	35.2	19.1	4
135	4.3	0.5	20	4.1	0.8	12	24.5	7.8	6	58.5	30.1	7	10.1	5.0	6	18.2	15.6	4	2.4	1.4	9	132.2	59.5	11			3
140	4.5	0.6	34	4.2	0.7	26	23.8	5.5	13	50.9	33.6	15	10.9	6.2	14	13.2	11.2	10	3.1	1.3	21	120.2	72.3	23	29.0	19.0	6
144	4.4	0.6	29	4.2	0.8	20	24.4	6.7	11	43.3	31.0	14	8.4	5.1	11	13.3	11.0	9	2.6	1.3	19	126.8	78.1	19	14.6	11.0	7
150	4.8	0.9	41	4.6	0.9	31	22.3	6.8	16	52.1	35.4	22	7.4	5.1	17	12.8	9.4	14	2.7	1.2	24	132.5	87.9	27	21.7	17.7	13
156	4.2	0.4	24	4.1	0.8	16	25.3	6.2	10	30.9	23.6	9	7.5	4.0	8	9.8	7.8	7	2.3	1.3	14	94.5	45.8	14	13.8	11.3	7
157	4.3	0.6	22	4.2	0.9	15	26.1	6.6	8	42.1	35.1	8	8.7	4.4	7	11.3	7.5	6	2.8	1.3	13	112.7	72.7	13	10.7	7.4	5
158	4.4	0.5	22	4.0	0.7	17	25.9	5.3	11	37.7	31.9	11	8.5	4.9	11	8.4	7.4	9	2.9	1.2	15	97.5	73.0	16	13.8	11.3	7
159	4.6	0.7	27	4.2	0.8	20	23.1	7.4	12	40.7	32.1	13	8.4	5.0	10	8.8	8.2	8	2.8	1.1	17	102.4	70.2	19	19.2	16.1	7
160	4.8	0.9	26	4.5	0.9	21	22.6	8.0	9	63.8	32.4	13	8.0	5.0	11	17.3	10.4	8	2.7	1.2	18	168.5	87.9	18	21.8	17.8	5
166	4.6	0.6	17	4.3	0.9	14	25.4	6.4	10	43.6	29.3	11	8.8	5.1	9	9.3	8.0	7	2.7	1.2	13	109.6	72.0	14	16.3	12.8	5
169	4.3	0.5	26	4.0	0.7	20	25.3	6.4	10	38.0	29.9	11	7.5	4.3	10	10.3	6.7	8	2.5	1.2	17	111.6	73.5	17	14.6	11.0	7
171	4.4	0.7	16	4.0	0.7	13	28.8	6.1	5	34.6	30.0	7	7.9	3.6	6	11.6	5.6	5	2.1	1.2	11	110.8	62.5	12	7.5	0.8	4
173	4.3	0.7	25	4.0	0.6	18	25.9	6.1	9	45.2	34.7	11	9.0	4.9	10	14.1	11.4	8	2.7	1.3	16	114.6	69.7	17	14.1	11.1	7
174	4.7	0.9	29	4.5	1.0	24	22.3	7.0	13	44.1	30.1	13	7.0	5.7	10	10.6	7.0	9	2.3	1.2	20	134.5	76.0	21	12.7	12.7	9
175	4.4	0.6	22	4.1	0.9	17	24.7	6.3	10	39.3	32.3	11	6.8	4.2	10	9.2	7.4	8	2.7	1.2	16	103.4	70.1	16	14.1	11.1	7
178	4.4	0.7	31	4.1	0.8	23	24.0	5.9	13	36.1	29.8	13	7.1	5.1	12	7.7	6.7	10	2.5	1.3	18	112.2	75.4	20	13.5	10.4	8
202	4.8	0.8	34	4.4	0.8	27	22.3	6.3	13	58.3	37.8	17	7.4	4.8	15	13.4	9.3	13	2.7	1.1	25	133.8	83.6	25	32.5	14.9	9
203	4.4	0.5	24	4.1	0.8	19	25.1	6.1	10	37.3	26.4	10	8.4	5.2	10	11.3	11.5	9	2.4	1.1	16	104.6	53.9	17	13.8	11.3	7
207	5.2	0.8	37	4.8	0.8	26	21.0	6.9	14	76.3	39.6	18	9.4	6.6	13	16.1	11.4	8	3.1	1.3	21	147.1	70.0	23	38.6	14.9	9
209	4.6	0.8	37	4.4	0.9	28	22.9	6.4	15	43.5	33.6	17	6.9	4.7	17	12.6	8.5	15	2.7	1.3	22	125.5	81.4	23	16.8	14.4	10
213	4.5	0.7	37	4.3	0.9	26	22.8	6.3	17	43.3	31.9	17	7.7	5.4	17	11.6	9.1	15	2.6	1.2	22	117.9	78.3	23	16.6	13.9	10
214	4.4	0.7	27	4.1	0.8	19	25.3	7.6	7	46.8	34.3	10	8.6	5.9	8	14.5	12.1	7	2.3	1.3	17	142.3	76.9	17	12.1	7.0	5

opname nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
215	4.6	0.7	30	4.3	0.8	23	22.8	6.4	15	48.8	38.1	16	7.0	3.8	14	11.0	5.9	11	2.6	1.2	22	135.4	80.2	22	20.6	16.5	11
216	4.4	0.6	13	4.5	0.8	9	26.9	7.9	5	42.7	27.9	5			2			2	2.2	1.4	7	109.7	41.7	7	11.8	8.0	4
217	4.2	0.4	13	4.1	0.6	9	29.9	6.2	4			3	9.9	6.2	4			3	1.9	1.1	7	113.0	68.9	8	7.5	0.8	4
218	4.4	0.6	17	4.5	0.8	13	25.4	8.0	6	52.3	31.7	7	9.4	4.6	5			3	2.2	1.2	11	127.7	55.2	11	16.5	12.6	5
219	4.4	0.6	24	4.5	0.7	17	24.8	7.5	7	73.2	31.1	10	11.6	4.5	8	19.8	15.1	4	2.9	1.4	14	158.4	89.1	16	24.9	20.2	4
220	4.8	0.6	41	4.4	0.7	27	22.0	6.5	13	71.8	41.8	18	8.3	4.2	14	16.3	11.0	9	2.9	1.2	23	129.4	75.6	26	36.1	17.2	6
222	4.2	0.3	18	3.8	0.5	15	28.1	5.1	7	29.9	28.1	6	8.1	4.6	5	11.6	8.3	5	2.5	1.3	13	100.1	57.7	13	7.5	0.8	4
224	4.2	0.4	18	4.0	0.7	13	26.5	6.5	7	39.1	29.6	7	8.8	4.5	8	9.1	6.9	6	2.1	1.0	10	101.6	59.4	12	14.8	12.0	6
226	4.7	0.9	14	4.3	0.9	13	21.8	9.9	6	29.4	17.4	7			3			2	1.9	0.9	10	103.3	53.2	11	18.7	13.3	4
227	4.3	0.5	28	4.0	0.8	21	24.9	5.6	13	37.2	30.0	12	8.5	4.7	12	9.4	7.7	10	2.7	1.2	18	102.5	68.2	19	13.8	11.3	7
228	4.5	0.7	27	4.3	1.0	21	24.5	6.1	13	43.6	32.1	14	8.8	5.2	13	12.3	11.1	11	2.6	1.2	18	110.4	67.7	19	13.8	11.3	7
230	4.4	0.5	10	4.3	0.8	8	27.7	8.7	4	43.0	37.9	4			2			2	2.3	1.2	7	123.5	58.3	7			2
231	4.7	0.7	9	4.2	1.0	6	24.9	8.6	5	22.6	10.1	5	3.4	1.0	4	7.6	3.2	4	2.2	1.0	6	106.6	83.6	6			2
232	5.1	1.0	23	4.7	0.9	15	23.2	7.4	9	64.8	41.6	12	6.8	4.1	9	13.6	8.5	6	2.8	1.2	13	140.2	73.6	13	34.6	16.2	5
233	4.6	0.8	42	4.5	0.9	30	21.9	7.1	15	57.0	37.2	17	8.7	5.2	14	13.9	10.3	11	2.5	1.2	24	144.5	82.8	26	20.9	16.7	10
515	4.4	0.5	24	3.9	0.7	17	24.8	6.3	11	25.4	22.7	10	6.6	4.2	11	9.7	6.0	11	2.3	1.4	14	85.5	51.2	14	10.6	6.6	6
519	4.1	0.3	17	3.7	0.4	11	26.6	5.9	6	39.1	33.4	6	7.5	5.2	7	12.5	12.1	7	2.9	1.2	9	106.1	73.5	10			3
533	4.7	0.8	43	4.5	0.9	30	21.9	5.9	18	53.0	36.5	20	7.7	4.8	14	13.6	9.6	12	2.7	1.2	27	138.6	74.6	27	23.1	16.7	10
536	4.7	0.8	44	4.5	0.9	33	21.8	6.6	18	40.9	29.5	20	7.4	5.3	17	11.8	8.9	15	2.5	1.2	27	127.9	75.6	28	16.2	13.2	11
559	4.2	0.2	11	3.8	0.4	9	28.0	7.2	4	63.2	36.4	4	10.0	6.2	5	16.7	14.0	5	3.0	1.5	7	132.0	69.1	8			2
571	4.3	0.5	30	4.1	0.9	25	24.2	5.7	15	39.1	30.4	17	8.3	4.5	14	12.8	10.5	12	2.8	1.2	21	108.9	67.6	23	14.1	11.1	7
592	4.4	0.6	27	4.1	0.8	21	24.2	5.8	14	47.1	33.9	15	8.1	4.6	14	13.4	9.8	12	2.7	1.2	20	127.2	77.0	21	18.8	15.7	8
640	4.4	0.5	20	4.3	0.9	15	25.8	7.3	7	44.5	26.9	8	6.7	3.0	6	9.2	4.5	4	2.0	0.9	11	114.0	55.6	12	13.0	12.4	5
644	4.5	0.8	22	4.3	0.8	17	25.3	7.4	7	47.7	30.8	10	9.7	4.7	6	15.9	15.1	4	2.1	1.2	14	127.4	60.0	15	14.8	12.0	6
740	4.4	0.6	35	4.2	0.8	27	23.6	6.1	13	48.0	31.9	17	9.4	4.9	14	13.2	10.8	11	2.7	1.2	24	126.0	89.6	26	21.0	16.9	7
794	4.4	0.5	19	4.1	0.8	16	25.8	6.0	9	24.7	14.5	8	8.0	5.0	7	7.1	4.5	7	2.2	1.1	13	82.6	45.7	14	10.7	7.4	5
806	4.8	0.9	43	4.6	1.0	32	21.6	6.6	17	56.9	37.9	17	8.3	5.2	11	14.6	11.0	9	2.4	1.2	25	142.0	112.8	27	20.7	17.4	7

opname nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
881	4.5	0.7	28	4.2	0.8	22	23.6	6.6	13	45.9	36.1	14	8.0	4.8	12	10.5	7.1	10	2.3	1.2	17	122.3	68.5	20	17.0	14.7	9
912	4.4	0.6	37	4.2	0.9	29	23.5	6.0	16	45.0	28.9	19	8.4	5.1	15	12.5	10.5	13	2.5	1.2	24	119.7	70.2	27	17.3	14.6	9
928	4.4	0.5	25	4.1	0.9	19	23.6	6.2	13	22.0	15.0	12	6.1	3.4	12	7.8	4.1	11	2.5	1.3	16	77.7	51.2	16	13.3	10.5	8
934	4.5	0.7	23	4.3	0.9	18	23.5	7.0	9	44.5	34.0	12	8.3	4.1	9	9.6	7.7	6	2.6	1.3	17	129.2	91.0	17	18.7	13.3	4
941	4.7	0.8	32	4.5	0.8	24	21.4	7.3	15	39.7	27.2	18	6.6	4.5	13	12.4	9.3	11	2.3	1.0	20	124.2	77.5	21	18.0	15.0	10
969	4.2	0.2	10	4.0	0.7	6	29.3	6.3	4			3			3			3	1.5	0.8	4	80.4	23.7	5			3
1010	4.3	0.5	31	4.0	0.7	23	26.4	5.4	10	48.6	35.3	14	7.9	4.6	14	12.7	10.8	11	2.9	1.3	18	129.7	90.7	20	13.8	11.3	7
1012	4.3	0.5	39	4.0	0.8	26	25.2	5.8	12	43.8	29.7	16	7.6	4.5	15	13.1	10.0	13	2.7	1.2	21	112.2	61.9	23	13.8	11.3	7
1034	4.4	0.5	14	4.2	1.0	11	25.8	7.3	7	42.8	28.6	7	6.5	3.3	6	9.2	4.5	4	1.9	0.9	10	115.0	58.2	11	13.0	12.4	5
1036	4.6	0.7	26	4.1	0.7	22	24.5	6.1	11	31.0	26.3	12	6.4	4.4	13	8.2	4.3	11	2.4	1.2	15	111.3	81.6	17	10.9	9.5	9
1040	4.6	0.7	35	4.3	0.9	23	23.7	6.3	14	39.5	26.7	15	6.4	4.0	12	9.2	6.6	10	2.6	1.1	20	119.9	75.2	21	13.7	10.5	8
1078	4.4	0.6	28	4.3	0.8	18	24.6	8.6	5	58.0	34.6	10	8.2	4.8	8	14.9	15.3	4	2.7	1.2	14	160.6	87.8	16			2
1096	4.5	0.7	30	4.2	0.9	22	23.6	6.5	12	43.8	31.0	15	7.2	4.6	16	9.9	6.8	13	2.6	1.2	18	129.8	97.5	20	13.7	10.4	8
1115	4.5	0.7	32	4.2	0.8	25	23.5	6.7	15	37.8	28.2	18	7.2	3.6	15	11.0	6.9	13	2.4	1.2	20	101.7	61.2	23	17.8	15.5	8
1134	4.6	0.7	24	4.1	0.9	20	23.5	5.9	14	31.7	29.4	14	7.4	4.6	14	7.6	4.7	12	2.8	1.3	17	93.3	77.0	18	16.9	14.7	9
1135	4.7	0.8	25	4.2	0.9	20	22.7	6.4	14	31.0	32.5	15	5.2	2.9	11	7.9	4.0	10	2.2	1.2	17	112.7	78.1	17	14.3	14.4	12
1136	4.4	0.5	20	4.1	0.9	15	25.3	6.1	11	38.4	30.8	11	8.4	4.8	11	9.5	8.2	9	2.6	1.3	12	93.4	66.2	14	13.8	11.3	7
1210	4.6	0.7	35	4.3	0.8	29	22.6	5.6	18	46.8	33.5	21	8.5	5.0	18	11.0	10.0	14	3.0	1.3	23	118.9	96.6	25	21.0	17.2	10
1212	4.4	0.5	34	4.0	0.8	23	24.0	5.6	14	43.4	31.5	16	8.2	5.0	17	11.6	10.1	14	2.6	1.3	18	113.9	81.4	22	14.7	10.8	7
1251	4.3	0.4	25	3.8	0.6	19	25.7	5.1	12	30.3	22.6	12	7.4	4.6	12	9.4	7.5	11	2.7	1.3	14	85.7	56.3	17	13.3	10.5	8
1257	4.3	0.6	19	4.3	0.8	12	27.5	7.6	5	52.8	34.9	7	8.6	5.4	6	17.4	13.7	4	2.1	1.3	8	128.2	68.3	9	13.0	12.4	5
1273	4.3	0.4	31	4.0	0.8	23	24.7	5.7	13	34.4	28.6	14	8.2	4.6	13	9.6	7.4	11	2.9	1.2	18	96.7	67.3	20	14.1	11.1	7
1358	4.6	0.7	20	4.5	1.0	15	24.2	7.6	8	46.9	28.1	10	8.4	4.2	7	11.7	8.4	5	2.7	1.0	13	128.9	63.7	13	18.4	13.7	4
1424	4.5	0.7	30	4.3	0.8	24	22.4	7.5	13	54.6	35.2	15	9.3	5.2	12	14.7	10.8	9	2.7	1.3	19	124.3	75.7	22	21.0	18.8	8
1428	4.2	0.4	22	3.9	0.8	16	25.9	5.9	9	24.4	13.0	7	7.3	5.1	7	7.5	4.4	7	2.3	1.3	11	91.9	62.5	13	7.5	0.8	4
1438	4.3	0.5	18	4.3	0.8	13	26.2	8.4	6	64.4	30.9	8	10.9	4.7	6			3	2.6	1.4	11	155.4	65.1	12	13.0	12.4	5
1463	4.6	0.8	24	4.3	0.8	21	24.8	6.4	10	34.6	24.4	13	8.4	4.6	9	7.3	4.8	7	2.4	1.2	16	99.4	66.8	18	14.8	12.0	6

opname nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
1470	4.3	0.5	13	4.1	0.8	8	26.7	8.9	4	65.4	32.8	4			3			3	3.0	1.5	6	151.3	65.5	7			1
1476	4.4	0.6	17	4.3	1.0	14	24.7	8.1	6	61.8	35.0	7	9.9	5.4	7	16.2	14.4	5	3.0	1.1	12	134.6	70.4	12	18.7	13.3	4
1562	4.4	0.7	20	4.0	0.7	16	24.4	5.9	10	27.7	28.9	10	9.0	4.9	9	5.4	2.5	7	2.5	1.4	14	85.7	71.3	15	15.4	11.6	6
1593	4.6	0.7	19	4.2	1.0	15	22.8	7.0	10	51.0	30.6	9	7.8	5.4	9	14.5	10.9	9	2.4	1.2	12	131.8	70.1	13	19.7	16.1	5
1602	4.7	0.5	11	4.0	0.8	10	22.4	4.5	7	24.9	14.0	7	5.9	3.1	8	7.7	4.6	7	2.7	1.2	8	93.2	88.2	8	13.9	11.5	7
2001	5.0	0.9	28	4.6	1.0	21	21.0	6.7	12	62.1	41.0	11	7.3	4.3	11	9.0	7.4	7	2.4	0.9	17	148.7	147.8	19	32.8	17.7	8
2002	5.2	1.0	29	4.9	1.0	24	21.7	6.8	16	40.8	26.2	15	6.0	4.0	10	11.5	6.8	9	2.3	1.2	18	125.3	63.2	18	14.8	10.8	7
2003	5.0	0.7	23	4.6	0.8	15	21.0	4.4	10	67.2	32.9	11	8.3	5.0	10	11.6	8.4	8	2.9	1.1	13	138.1	81.2	15	39.2	12.2	4
2004	4.9	0.7	28	4.5	0.9	22	21.0	4.7	12	53.6	29.4	14	7.8	5.4	10	9.9	7.2	8	2.7	1.3	18	141.9	79.7	20	22.3	15.7	6
2005	5.2	0.7	29	4.8	0.8	22	19.1	4.0	13	67.5	32.8	15	7.0	4.4	12	15.5	9.9	9	2.7	0.9	17	143.1	70.6	19	38.2	12.3	7
2006	4.9	0.7	27	4.6	0.8	23	21.7	6.9	11	78.3	45.6	14	9.1	4.3	11	17.6	11.8	7	3.1	1.1	19	171.0	118.6	21	33.8	16.8	7
2007	4.6	0.7	26	4.3	0.9	20	24.1	6.7	12	33.6	21.8	13	5.6	3.8	11	9.8	6.6	10	2.3	1.1	17	114.7	70.3	18	13.1	9.9	9
2008	4.3	0.5	23	4.2	0.7	16	26.7	6.4	7	51.5	36.7	9	9.2	5.3	8	14.7	13.6	6	2.7	1.2	14	116.0	66.3	14	16.5	12.6	5
2009	4.5	0.7	26	4.4	0.9	18	23.2	6.7	13	37.6	27.7	13	7.0	4.3	11	9.9	6.8	9	2.4	1.3	16	126.3	81.6	16	13.8	10.4	8
2010	4.6	0.7	30	4.2	0.8	25	23.6	6.4	14	48.6	36.6	16	6.5	3.9	13	10.9	6.9	11	2.6	1.1	22	122.4	70.7	22	20.5	17.0	10
2011	4.2	0.4	14	4.1	0.7	12	26.9	6.9	6	39.9	28.6	5	7.8	4.6	5	10.9	9.4	4	2.1	1.2	10	103.1	34.8	10	16.5	12.6	5
2012	5.0	0.9	40	4.7	0.9	32	21.2	6.2	17	53.3	30.8	23	8.4	5.0	16	13.9	9.8	13	2.6	1.2	27	146.1	88.0	29	23.0	17.1	10
2013	5.4	0.9	24	5.0	1.0	18	20.6	6.8	12	72.1	44.5	14	6.6	3.5	7	10.5	7.7	5	2.7	1.5	15	164.2	130.6	17	29.4	15.0	5
2014	5.2	0.8	21	4.7	0.8	16	17.7	3.3	6	67.9	36.1	9	5.9	3.7	6	13.3	6.8	4	2.8	0.7	12	162.5	71.6	13	29.4	16.1	4
2015	4.6	0.8	38	4.5	0.9	28	22.2	6.7	15	54.5	36.5	19	7.2	4.9	14	13.4	9.8	11	2.5	1.2	25	143.6	85.9	26	20.5	16.9	10
2016	4.3	0.5	31	4.1	0.8	20	24.7	5.6	12	43.5	33.7	13	9.1	5.4	12	10.5	11.5	10	2.8	1.3	17	108.3	74.5	19	15.0	11.8	6
2017	4.4	0.6	31	4.2	0.8	22	23.8	6.3	12	49.9	32.9	13	8.9	5.7	11	12.1	11.8	9	2.6	1.2	18	124.9	72.2	20	19.6	15.8	7
2018	4.6	0.9	27	4.3	0.8	17	23.9	7.6	7	61.4	31.0	10	9.3	5.2	8	16.0	12.9	6	2.7	1.2	15	127.6	65.4	15	28.7	18.7	6
2019	4.5	0.7	15	4.4	0.8	11	23.8	8.6	5	48.5	25.9	7	8.2	5.4	6	16.6	12.8	5	2.5	1.0	8	114.6	57.6	9			3
2020	5.1	0.9	38	4.8	1.0	29	20.1	6.4	15	65.0	33.0	15	6.8	3.4	11	15.5	7.0	7	2.4	1.1	23	142.6	63.7	24	29.7	18.1	7
2022	4.3	0.5	33	4.1	0.8	23	24.9	5.7	13	42.4	32.0	15	8.1	5.2	15	11.5	10.3	13	2.9	1.2	18	105.8	69.8	21	14.1	11.1	7
2023	3.9	0.2	5			3			1			0			0			0			2			2			1

opname nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
2024	4.3	0.6	27	4.2	0.9	18	23.6	7.7	10	39.8	34.2	10	8.0	5.6	11	12.2	11.2	9	2.5	1.2	14	111.6	68.5	16	11.8	9.6	8
2025	4.6	0.8	37	4.4	0.9	25	23.7	6.4	13	41.2	31.4	15	7.8	5.6	14	11.5	10.3	12	2.5	1.2	18	122.3	81.0	19	11.9	9.3	11
2026	4.3	0.6	28	4.1	0.8	17	24.1	6.8	10	33.9	23.5	11	7.0	4.6	11	12.6	9.3	11	2.2	1.2	13	123.6	77.0	15	10.7	6.2	7
2027	4.3	0.6	27	4.0	0.7	18	24.9	6.1	11	32.1	24.1	11	7.4	5.0	11	9.9	7.6	10	2.4	1.2	15	96.7	67.4	17	13.2	9.9	9
2028	4.3	0.5	24	4.0	0.8	17	26.4	6.1	8	36.1	26.5	10	7.5	4.8	8	12.9	11.3	8	2.4	1.1	13	100.1	51.4	15	10.7	7.4	5
2029	4.5	0.8	9	4.8	0.9	6			3	58.7	29.9	4			2			1	2.4	1.1	6	137.3	52.9	6			2
2030	4.4	0.7	35	4.2	0.9	23	24.3	5.9	13	37.8	24.3	17	7.9	4.8	13	11.3	10.8	11	2.5	1.2	17	111.4	67.4	21	13.2	11.7	7
2031	4.3	0.4	24	4.1	0.7	14	25.2	7.1	6	52.1	32.8	9	8.5	4.8	8	13.7	12.8	6	2.5	1.1	11	132.6	69.2	13			2
2032	4.4	0.8	29	4.2	0.8	20	24.5	6.1	11	50.1	37.3	13	8.2	5.1	9	14.0	12.0	8	2.6	1.2	18	116.3	56.7	19	21.9	17.4	6
2035	4.5	0.7	36	4.3	1.0	27	23.4	6.7	13	46.7	31.9	17	8.1	4.7	13	13.4	11.1	10	2.6	1.4	20	138.7	84.9	22	13.1	10.6	8
2036	5.0	0.9	37	4.6	0.9	29	21.1	6.2	18	57.9	28.5	20	6.0	4.2	18	10.9	6.5	15	2.5	1.1	21	135.0	85.3	25	33.3	13.9	11
2037	4.6	0.7	34	4.3	0.8	23	23.0	5.8	13	56.5	34.1	15	8.0	4.4	15	13.5	9.7	12	2.9	1.1	19	132.6	110.5	23	35.5	16.8	6
2039	4.6	0.8	40	4.3	0.9	30	22.1	6.1	17	40.7	27.2	17	6.9	4.6	16	10.0	6.7	14	2.4	1.1	22	123.2	76.2	25	17.5	13.7	10
2040	4.6	0.6	27	4.2	0.8	23	23.8	6.5	11	51.4	34.3	15	7.7	4.8	14	13.0	9.9	11	2.7	1.3	20	124.5	80.9	22	20.6	16.0	7
2041	4.2	0.5	36	4.1	0.8	22	24.9	6.5	10	53.3	34.2	13	9.2	5.2	12	13.9	11.7	9	2.8	1.4	18	128.1	86.6	21	11.8	10.4	7
2042	4.3	0.5	24	4.1	0.8	17	25.3	6.8	8	51.1	32.9	10	8.9	5.1	8	14.7	13.4	6	2.5	1.4	14	136.6	84.4	15	16.5	12.6	5
2043	4.4	0.6	19	4.3	0.9	15	25.6	8.3	6	45.3	30.3	7	7.3	3.8	4			2	2.1	1.1	12	113.5	56.2	12	12.1	11.4	6
2044	4.2	0.5	15	4.3	0.9	9	26.0	7.9	6	41.7	27.2	5			3			2	2.3	1.4	8	129.7	56.2	8			3
2045	4.5	0.7	29	4.1	0.8	21	24.0	6.2	12	27.3	23.7	14	6.3	4.5	12	10.5	9.7	11	2.4	1.3	18	106.5	76.4	18	13.2	9.9	9
2046	4.3	0.5	31	4.2	0.9	19	24.8	6.9	10	46.4	34.2	11	8.4	5.1	10	14.2	11.6	8	2.6	1.3	17	125.7	67.5	17	14.8	12.0	6
2047	4.3	0.5	29	4.0	0.7	21	23.9	7.4	12	43.1	32.6	13	9.2	5.3	12	12.4	11.7	10	2.7	1.3	15	118.3	82.5	19	13.7	10.5	8
2048	4.4	0.6	13	4.1	0.6	9	26.4	7.9	4	51.7	33.0	6	10.7	4.1	5	17.3	14.7	4	3.1	1.1	7	120.5	74.5	8			2
2049	4.6	0.7	38	4.3	0.8	28	23.3	6.3	14	46.3	32.3	19	8.5	4.6	15	12.6	10.4	11	2.8	1.3	25	143.1	90.0	26	15.9	11.3	6
2050	4.3	0.5	24	4.0	0.7	17	24.3	6.8	9	46.0	31.5	10	9.6	5.7	9	13.7	12.5	8	2.7	1.2	14	120.2	69.9	16			3
2051	4.2	0.4	22	4.0	0.7	13	26.5	5.7	9	41.5	34.0	8	9.3	5.8	9	12.8	12.4	8	2.8	1.3	11	103.5	71.8	12	16.3	12.8	5
2052	4.4	0.6	28	4.2	1.0	20	24.2	6.5	12	44.1	32.7	13	7.8	4.7	13	12.9	10.6	11	2.8	1.3	15	117.0	70.2	17	14.1	11.1	7
2053	4.7	0.9	18	4.6	0.9	13	23.5	9.7	5	34.6	10.7	7	4.7	2.4	4			3	1.7	0.6	9	133.5	70.1	10	12.3	11.6	6

opname nr	pH-H2O			pH-KCl			C/N			K			NH4			NO3			Ntot			Ptot			vocht		
	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n	gem	s.e.	n
2055	4.8	0.7	33	4.3	0.7	23	23.0	6.6	11	53.0	33.1	15	7.5	4.8	13	13.4	10.5	10	2.9	1.0	17	121.8	86.0	21	25.8	16.4	5
2056	4.8	0.8	27	4.2	0.8	22	21.0	5.4	11	52.3	41.5	16	9.4	4.9	13	13.8	11.6	10	3.0	1.1	17	125.3	84.3	20			3
2057	5.0	0.8	28	4.8	1.0	23	21.8	6.9	14	58.0	33.0	16	6.9	4.1	12	11.9	6.4	9	2.6	1.4	19	165.8	86.3	19	24.7	15.6	7
2059	4.5	0.6	14	4.0	0.5	11	24.8	7.7	6	21.1	7.6	5	5.0	2.8	5	8.3	2.4	5	2.1	1.3	9	95.0	35.6	9	11.4	7.0	5
2060	4.2	0.4	15	4.2	0.7	10	28.3	7.3	5	46.8	28.4	4	7.8	4.9	4			3	2.0	1.1	8	110.2	28.9	8	13.0	12.4	5
2062	4.5	0.6	28	4.3	1.0	21	23.8	6.2	14	40.3	30.3	14	8.1	4.8	12	9.0	7.2	10	2.7	1.2	18	103.1	68.3	19	17.8	15.5	8
2064	4.5	0.6	17	4.2	0.7	14	23.6	6.6	10	49.1	30.4	10	9.3	4.6	10	12.1	7.5	8	2.9	1.1	12	129.6	86.9	13	22.1	16.0	6
2067	4.4	0.7	23	4.2	0.7	18	25.3	7.4	6	43.2	36.6	9	9.0	5.7	6	14.0	16.0	4	2.5	1.4	15	114.8	69.1	15	12.7	11.1	6
2068	4.4	0.5	28	4.2	0.9	21	23.8	6.5	12	39.0	32.4	10	8.8	5.0	10	9.3	7.6	8	2.8	1.3	16	103.8	68.6	17	13.3	10.5	8
2070	4.4	0.5	24	4.1	0.9	18	24.3	6.7	9	46.1	39.4	9	8.8	5.1	10	14.2	11.4	8	3.0	1.3	14	116.2	79.6	14	15.2	11.8	6
2072	4.5	0.6	19	4.3	0.9	14	24.9	6.3	9	42.1	33.3	11	7.9	5.1	8	10.0	13.6	6	2.8	1.2	12	107.3	75.2	13	16.5	12.6	5
2073	4.6	0.6	14	4.0	0.8	9	26.3	8.8	4	54.8	33.7	5	8.6	6.1	4			3	2.6	1.3	7	124.9	83.7	10			1
2074	4.6	0.6	36	4.2	0.8	24	23.2	6.2	13	52.7	34.1	14	8.6	4.7	16	14.8	9.8	13	2.9	1.0	21	127.9	76.8	24	24.0	19.8	4
2075	4.6	0.6	25	4.2	0.6	18	23.2	8.0	9	45.9	33.7	9	9.2	5.1	10	13.0	11.5	8	2.7	1.0	13	107.9	73.3	16	16.2	12.8	5
2076	5.0	0.7	54	4.4	0.7	34	20.6	4.5	14	68.8	41.0	20	8.8	4.7	15	15.0	11.2	10	2.9	1.1	25	141.9	76.4	30	41.5	13.2	5
2077	4.8	0.7	33	4.4	0.7	16	21.8	9.9	5	78.7	21.2	8	8.3	5.0	7			3	2.6	1.0	12	159.8	80.7	15			3
2078	4.5	0.7	23	3.9	0.5	12	27.9	7.0	4	57.4	31.6	5	7.7	5.3	6	15.6	13.3	5	2.2	1.1	8	112.2	67.1	11			2
2079	4.3	0.6	27	4.1	0.8	19	25.2	6.3	10	31.7	23.1	9	7.8	5.1	9	9.9	7.3	8	2.2	1.2	15	110.0	58.6	16	14.1	11.1	7
2080	4.3	0.5	27	4.0	0.8	21	25.0	5.7	11	39.5	27.1	14	7.6	4.7	12	13.0	10.9	11	2.5	1.2	18	101.8	49.9	20	15.0	11.8	6
2081	4.4	0.4	21	3.9	0.7	18	25.9	5.3	11	41.1	34.6	13	7.0	3.7	14	10.2	7.0	11	2.8	1.3	15	111.0	92.6	17	13.3	10.5	8
2082	4.7	0.7	33	4.4	0.8	24	22.3	6.4	13	52.2	29.5	16	7.7	4.8	13	13.9	10.6	10	2.5	1.0	20	123.9	75.4	22	25.3	15.6	5
2083	4.3	0.4	22	3.9	0.7	17	25.4	5.3	11	36.1	30.7	11	7.7	5.0	11	12.1	10.8	11	2.8	1.4	15	102.9	67.8	16	11.0	7.2	5
2084	4.2	0.5	19	4.2	0.7	14	28.2	8.4	4	69.7	30.7	6	12.9	4.7	4			2	2.4	1.3	12	134.1	55.6	12	14.7	13.7	4
2085	4.5	0.6	20	4.1	1.0	14	24.9	6.3	11	33.0	24.3	11	6.9	3.8	10	9.9	6.4	9	2.8	1.2	14	92.1	59.5	14	14.1	11.1	7