



ALTERRA

WAGENINGEN UR

Schatting van milieustress in vegetatie meetnetten: koppeling van Nederlandse aan internationale meetnetten

H.F. van Dobben
Th. Dueck
W. de Vries

Alterra-rapport 1628, ISSN 1566-7197



Schatting van milieustress in vegetatie meetnetten: koppeling van Nederlandse aan internationale meetnetten

Schatting van milieustress in vegetatie meetnetten: koppeling van Nederlandse aan internationale meetnetten

**H.F. van Dobben
Th. Dueck
W. de Vries**

Alterra-rapport 1628

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Dobben, H.F. van, T. Dueck & W. de Vries, 2008. *Schatting van milieustress in vegetatie meetnetten: koppeling van Nederlandse aan internationale meetnetten*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1628. 40 blz.; 7 fig.; 11 tab.; 28 ref.

In dit rapport wordt een vergelijking gemaakt tussen de vegetatie meetnetten op nationale en Europese schaal. Voor alle meetnetten geldt dat het niet eenvoudig is eenduidig een effect van atmosferische depositie aan te tonen op grond van de thans beschikbare data. Echter vrijwel alle beschouwde meetnetten hebben slechts korte meetseries. Het lokale meetnet in Zuid-Holland dat wel een lange meetserie heeft leverde sterke aanwijzingen voor een effect van ozon op vegetatie. In vergelijking met het Europese 'level-II' meetnet is in Nederland de aandacht voor abiotische condities slechts zeer beperkt. Anderzijds hebben de Nederlandse meetnetten een zeer goede ruimtelijke dekking, en zijn zij niet (zoals het Europese meetnet) beperkt tot bos. In dit rapport worden voorstellen onderbouwd om (a) een nadere analyse te doen van de thans beschikbare gegevens uit het 'level-II' meetnet, en (b) aan de hand van de uitkomsten hiervan aanpassingen te doen aan de Nederlandse meetnetten.

Trefwoorden: vegetatie, bodem, atmosferische depositie, meetnet, bos, vitaliteit

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

© 2008 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 veeleelvoudigd 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.

Inhoud

Voorwoord	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Meetnetten	13
2.1 ICP-Forest Level-II	13
2.2 Meetnet Vitaliteit en Verdroging	15
2.3 Meetnet Functievervulling	20
2.4 Landelijk Meetnet Flora	22
2.5 Vegetatiemeetnet Zuid-Holland in relatie tot ozon	28
3 Evaluatie	35
3.1 Relatie tussen vegetatie en atmosferische chemie	35
3.2 Relatie tussen vegetatie en bodemchemie	35
3.3 Wat kan Nederland van Europa leren?	36
3.4 Wat kan Europa van Nederland leren?	37
3.5 Aanpassingen in Nederlandse meetnetten	37
3.6 Koolstofvastlegging	38
3.7 Aanbevelingen voor toekomstige inspanning	38
Literatuur	39

Voorwoord

Het Nederlandse milieubeleid wordt steeds meer internationaal vormgegeven. Een groot deel van de inspanningen vanuit het beleid richten zich dan ook op het maken van internationale afspraken en het implementeren hiervan in efficiënt beleid. Uitgangspunt van de Minister van Ruimte en Milieu is dat het kabinet aan de EU-doelstellingen voldoet en zich internationaal pro-actief opstelt.

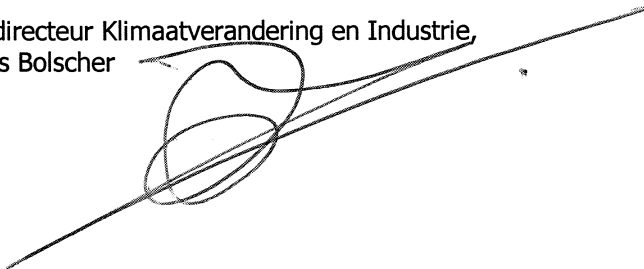
De voortdurende druk op het milieu vergt veel inzet om de verschillende internationale afspraken en richtlijnen op een goede manier te verankeren in nationale wetgeving. Binnen de UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) is de evaluatie van de laatste 3 protocollen (Gotenburg, Heavy Metals (HM) en POPs) voltooid. Herziening van deze protocollen, de volgende stap staat voor 2008 en 2009 op de agenda. Ook de onderhandelingen binnen de EU over de NEC-Richtlijn (met emissieplafonds voor 2020) zullen in 2008 van start gaan.

Sinds 2007 staat reactief stikstof internationaal hoger op de milieugenda. Stikstofverbindingen zijn mobiel en kunnen gemakkelijk in elkaar overgaan waardoor ze na elkaar meerdere effecten kunnen hebben (cascade). Dit maakt een meer integrale aanpak van stikstofverbinding noodzakelijk. In de CLRTAP is een Task Force Reactive Nitrogen opgericht, die meer integraal naar reactieve stikstofverbindingen kijkt teneinde synergiën te oogsten en afwentelingen naar klimaat (lachgas) en bodem- en grondwater (nitraat) te voorkomen.

De meeste onderbouwing van het bovengenoemde beleid wordt geleverd door het internationale effectenonderzoek. Hiertoe behoort het monitoren van effecten van luchtverontreiniging op flora (en fauna). Dit rapport laat zien hoe belangrijk monitoring is voor het volgen van de natuur- en milieukwaliteit van onze omgeving. Goed functionerende meetnetten worden waardevoller met het verstrijken van de tijd en de toename van de verzamelde informatie in tijdreeksen. Ter vergelijking: dankzij het feit dat we in Nederland sinds 1706 een min of meer onafgebroken meetreeks van temperaturen hebben bijgehouden, zijn we in staat uitspraken te doen over het al dan niet warmer worden van het klimaat in Nederland.

Het beleidsonderbouwende onderzoek onder de UNECE Conventie on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) neemt een centrale plaats in, omdat het ook binnen de Europese Unie wordt gebruikt, onder andere in het Clean Air For Europe programma (CAFE). Voor het milieubeleid is het nuttig om nationaal onderzoek internationaal in te brengen en vervolgens de internationale uitkomsten weer nationaal uit te zetten. Hierdoor wordt een breder nationaal draagvlak voor de uitkomsten van het onderzoek verkregen en kunnen tevens kosten bespaard worden. Zo wordt het mogelijk om internationaal mee te sturen welke richting het onderzoek, en daarmee het beleid, opgaat. Meedoen in de internationale onderzoeksprogramma's is daarom steeds meer een noodzaak.

De directeur Klimaatverandering en Industrie,
Hans Bolscher

A handwritten signature in dark ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Samenvatting

In dit rapport wordt een vergelijking gemaakt tussen de vegetatie meetnetten op nationale en Europese schaal. Op de Europese schaal is dit het 'level-II' meetnet in bossen dat een uitvloeisel is van de UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Op de Nederlandse schaal zijn dit het Landelijk Meetnet Flora (LMF, onderdeel van het NEM), het Meetnet Functievervulling Bos, (MFV) en het (inmiddels gestopte) Meetnet Vitaliteit en Verdroging. Verder is een lokale studie opgenomen naar de effecten van ozon op vegetatie op grond van het vegetatiemeetnet van de provincie Zuid-Holland.

Voor alle meetnetten geldt dat het niet eenvoudig is eenduidig een effect van atmosferische depositie aan te tonen op grond van de thans beschikbare data. Echter vrijwel alle beschouwde meetnetten hebben slechts korte meetseries. Het lokale meetnet in Zuid-Holland dat wel een lange meetserie heeft leverde sterke aanwijzingen voor een effect van ozon op vegetatie. In vergelijking met het Europese 'level-II' meetnet is in Nederland de aandacht voor abiotische condities slechts zeer beperkt. Anderzijds hebben de Nederlandse meetnetten een zeer goede ruimtelijke dekking, en zijn zij niet (zoals het Europese meetnet) beperkt tot bos.

In dit rapport worden voorstellen onderbouwd om de Nederlandse en Europese meetnetten beter op elkaar af te stemmen. Deze voorstellen zijn: (1) het opvullen van enkele evidente leemtes in de bestaande Nederlandse meetnetten; (2) het analyseren van tijdreeksen met betrekking tot vegetatie op de level-II plots (als vervolg op een eerdere analyse van de eenmalige gegevens tot 2002), en, als vervolg daarop, het zo nodig aanpassen van de Nederlandse meetnetten; (3) het opnieuw analyseren van de gegevens van het LMF wanneer er voldoende lange tijdreeksen zijn (vanaf 2009); (4) het beter waarborgen van de continuïteit in de Nederlandse meetnetten; (5) het opnemen van bodemchemie in het LMF; (6) het opnemen van een vochtindicator in het LMF; (7) het profileren van het MFV als standaard methode voor oppervlakteschattingen; (8) het meer richten van internationale meetinspanningen op lage vegetatie.

1 Inleiding

Het nationale milieubeleid wordt steeds meer buiten Nederland vormgegeven. Een groot deel van de onderbouwing wordt geleverd door het internationale effectenonderzoek. Het beleidsonderbouwende onderzoek onder de UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP) neemt hierbij een centrale plaats in, omdat het ook binnen de Europese Unie wordt gebruikt, onder andere in het Clean Air For Europe (CAFE) programma. De CLRTAP bestaat inmiddels ruim 25 jaar. De goede samenwerking tussen wetenschap en beleid onder de CLRTAP is een van de factoren die de Conventie tot een succes hebben gemaakt.

Het ligt voor de hand om nationaal onderzoek internationaal in te brengen en vervolgens de internationale uitkomsten weer nationaal uit te zetten. Deze afstemming leidt tot een breder nationaal draagvlak voor de uitkomsten van het onderzoek. Daarnaast kunnen kosten bespaard worden en wordt het mogelijk om internationaal mee te sturen welke richting het onderzoek, en daarmee het beleid, opgaat. Meedoen in de internationale onderzoeksprogramma's is daarom een noodzaak. Om deze reden is Nederland nauw betrokken geweest bij het effectenwerk onder de CLRTAP. In een recent uitgebracht rapport (Sanders et al. 2004b) zijn de uitkomsten hiervan beschreven.

Het volgen van effecten en milieudruk is een kwestie van lange adem en kost veel geld. De Nederlandse inbreng in verschillende internationale onderzoek programma's is daardoor de laatste jaren afgenomen, of zelfs volledig gestopt. Er zijn echter voorstellen gedaan om de banden met de International Cooperative Programmes (ICP's) opnieuw aan te halen. Dit kan onder andere door koppeling van de veranderingen in flora die waargenomen zijn in nationale meetnetten aan de verandering in de milieudruk. Hiermee wordt een betere aansluiting verkregen met de monitoring op Europese schaal, want deze koppeling staat ook binnen de ICP's centraal. Met zo'n koppeling wordt daarom een tweeledig doel gediend: de beleidsrelevantie van de nationale meetnetten neemt toe, en bovendien kan de relatie tussen biodiversiteit en milieudruk in internationaal kader worden ingebracht.

Biologische meetnetten in relatie tot milieukwaliteit hebben meestal een tweeledig doel: enerzijds het schatten van milieukwaliteit op grond van biologische parameters, anderzijds het schatten van het biologisch effect van milieukwaliteit. Omdat directe meting van milieukwaliteit lastig is, en omdat biologische metingen vaak toch al plaatsvinden om andere redenen, wordt vaak geprobeerd milieukwaliteit af te leiden uit beschikbare biologische data. Anderzijds hebben inspanningen om de milieukwaliteit te verbeteren -naast een verbetering van menselijke gezondheid- meestal een verbetering van de biodiversiteit als achterliggend doel. Er bestaat daarom ook behoefte om te monitoren of dergelijke inspanningen inderdaad het gewenste effect hebben.

Vaak spelen deze twee doelstellingen enigszins door elkaar. Een fundamenteel probleem is dat de biologische respons op abiotische omstandigheden meestal onvoldoende is gekwantificeerd, juist omdat directe meting van milieukwaliteit lastig is. Er wordt daarom veel gewerkt met indicatiewaarden, waarvoor een aantal systemen beschikbaar zijn. Omdat deze indicatiewaarden meestal gebaseerd zijn op expertkennis, dreigt hier het gevaar van cirkelredenering (Wamelink et al. 2002). Voor een goed onderbouwd milieubeleid is het noodzakelijk om zowel de milieukwaliteit zelf, als het biologisch effect daarvan, te kennen. En dat is alleen mogelijk wanneer biologische metingen worden gecombineerd met metingen aan het abiotisch milieu. Doel van deze studie is (1) nagaan in hoeverre bestaande nationale en internationale meetnetten aan bovenstaande voorwaarden voldoen, en (2) nagaan welke aanpassingen in nationale meetnetten nodig zijn om te komen tot een betere aansluiting met de internationale meetnetten. Met deze aanpassingen kan Nederland weer een voortrekkersrol vervullen op het gebied van biotische monitoring van milieukwaliteit.

2 Meetnetten

Op Europese schaal worden de belangrijkste meetnetten gedragen door de 'Working Group on Effects' (WGE) onder de CLRTAP. Onder de WGE vallen een aantal 'International Co-operative Programmes' (ICP's), waarvan ICP-Forest, in samenwerking met de Europese Commissie, twee grote meetnetten beheert, het zogenaamde 'level-I' en level-II'. Level-I is een meetnet op een regelmatig raster van 16 km, waarin voornamelijk gekeken wordt naar indicatoren voor bosvitaliteit. Level-II kent geen regelmatig raster, maar wel is getracht per land de variatie in bostypen zo goed mogelijk te representeren. In dit laatste meetnet wordt een groot aantal biotische en abiotische kenmerken opgenomen, enkele resultaten worden hieronder kort samengevat.

In Nederland zijn op nationale schaal thans of in het recente verleden drie landsdekkende vegetatiemeetnetten operationeel:

- het Meetnet Vitaliteit en Verdroging
- het Meetnet Functievervulling en diens voorganger de Vierde Bosstatistiek
- het Landelijk Meetnet Flora.

Deze meetnetten zullen hieronder eveneens kort worden besproken, met een indicatie van hun resultaten en hun inpasbaarheid in de internationale meetnetten. Alle bovengenoemde meetnetten kennen (nog) slechts korte tijdreeksen. Als voorbeeld van wat mogelijk is in een meetnet met lange tijdreeksen wordt daarom ook het vegetatiemeetnet van de provincie Zuid-Holland besproken, en hiervan in het bijzonder de relatie tussen vegetatie en ozon.

2.1 ICP-Forest Level-II

Opzet

Het ICP-Forest level-II meetnet is gestart in 1994, en omvat 860 meetpunten in bos, verdeeld over 30 landen (De Vries et al. 2002a). Op deze meetpunten wordt in principe jaarlijks tot vijfjaarlijks opgenomen: vitaliteit van de bomen, boomgroei, bladchemie, bodemchemische variabelen en vegetatie. Op een deel van de punten wordt continu (dagelijks tot twee wekelijks) de meteorologie, depositie middels doorval en bodemvochtsamenstelling opgenomen. Tabel 1 geeft het aantal meetpunten per land, Tabel 2 geeft per variabele de frequentie en de aantallen meetpunten waar deze worden opgenomen. Op een subset van ca. 360 plots was in 2000 zowel vegetatie als bodemchemische variabelen als depositie gemeten. Van de resultaten op deze plots tot 1999 is een uitvoerige analyse beschikbaar (De Vries et al. 2002a).

Tabel 1 Aantallen plots per land in het ICP-Forest level-II meetnet (peildatum: eind 1999).

EU countries		Non-EU countries	
Austria	20	Bulgaria	3
Azores	4	Belarus	81
Denmark	17	Switzerland	16
Finland	31	Czech Republic	14
Flanders	12	Estonia	6
France	100	Croatia	7
Germany	91	Hungary	15
Greece	4	Lithuania	9
Ireland	15	Latvia	2
Italy	27	Norway	19
Luxembourg	2	Poland	150
Netherlands	14	Romania	13
Portugal	9	Russia	12
Spain	53	Slovenia	3
Sweden	100	Slovak Republic	9
UK	20	Total non-EU	359
Wallonia	9		
Total EU	528	Overall total	887

Tabel 2 Aantallen plots van het ICP-Forest level-II meetnet waar specifieke waarnemingen worden gedaan.

Type opname	interval	totaal aantal plots		aantal plots waarvoor data beschikbaar zijn	
		EU	non-EU	EU	non-EU
vitaliteit	jaarlijks	522	359	515	258
bodemchemie	10 jaar	519	359	496	214
bladchemie	2 jaar	522	353	515	238
groei	5 jaar	521	359	511	255
vegetatie	5 jaar	500	248	481	213
depositie	continu	274	239	306	222
meteo	continu	162	44	160	29
chemie bodemvocht	continu	199	43	214	33

Het aantal plots kan momenteel anders zijn dan in deze tabellen is aangegeven; in Nederland is in 2005 op slechts vijf van de oorspronkelijke 14 plots de vegetatie opgenomen, en vanaf 2006 op geen enkele meer (monitoring van de depositie vindt nog wel op een aantal plots plaats). Maar tegelijk sluiten nieuwe landen zich bij het meetnet aan (onder andere Slovenië, Turkije).

Resultaten: vegetatie

Figuur 1 geeft een ordinatiediagram gebaseerd op de 360 plots waarvoor tot 1999 gegevens van zowel vegetatie als abiotische condities beschikbaar waren. Tabel 3 is een samenvatting van de multivariate regressieanalyse die op deze data is uitgevoerd. Figuur 1 is gemaakt met zogenaamde 'Detrended Correspondence Analysis' (DCA). Deze techniek tracht de variatie in hoeveelheid per soort per opname (die varieert in n dimensies, n = totaal aantal soorten over alle meetpunten) weer te geven in minder dan n dimensies, met een minimum verlies aan informatie. In de praktijk blijkt dat

het meestal lukt de ecologisch relevante variatie weer te geven in twee tot vier dimensies (in de praktijk van de ordinatie meestal 'assen' genaamd). Dit is mogelijk omdat de soorten onderling (hetzij positief, hetzij negatief) gecorreleerd zijn.

Er blijken vier belangrijke richtingen van variatie in de bosvegetatie over Europa te zijn, die bepaald worden door de volgende gradiënten (De Vries et al. 2002a):

- arme versus rijke bodem
- laagland versus montaan
- naaldbos versus loofbos
- atlantisch versus continentaal

Het blijkt dat de bosvegetatie in hoge mate wordt bepaald door de 'traditionele' factoren zoals bodem, klimaat, boomsoort, en hoogteligging. Het effect van depositie op de vegetatie is weliswaar net significant, maar klein in vergelijking met de andere factoren. Hierbij moet echter wel bedacht worden dat deze resultaten gebaseerd zijn op een analyse van eenmalige waarnemingen in de tijd, en dat bij gebruik van tijdreeksen het effect van depositie mogelijk sterker naar voren komt.

Tabel 3 Samenvatting van de relatie tussen vegetatie en omgevingsvariabelen in de ICP-Forest level-II data tot 1999.

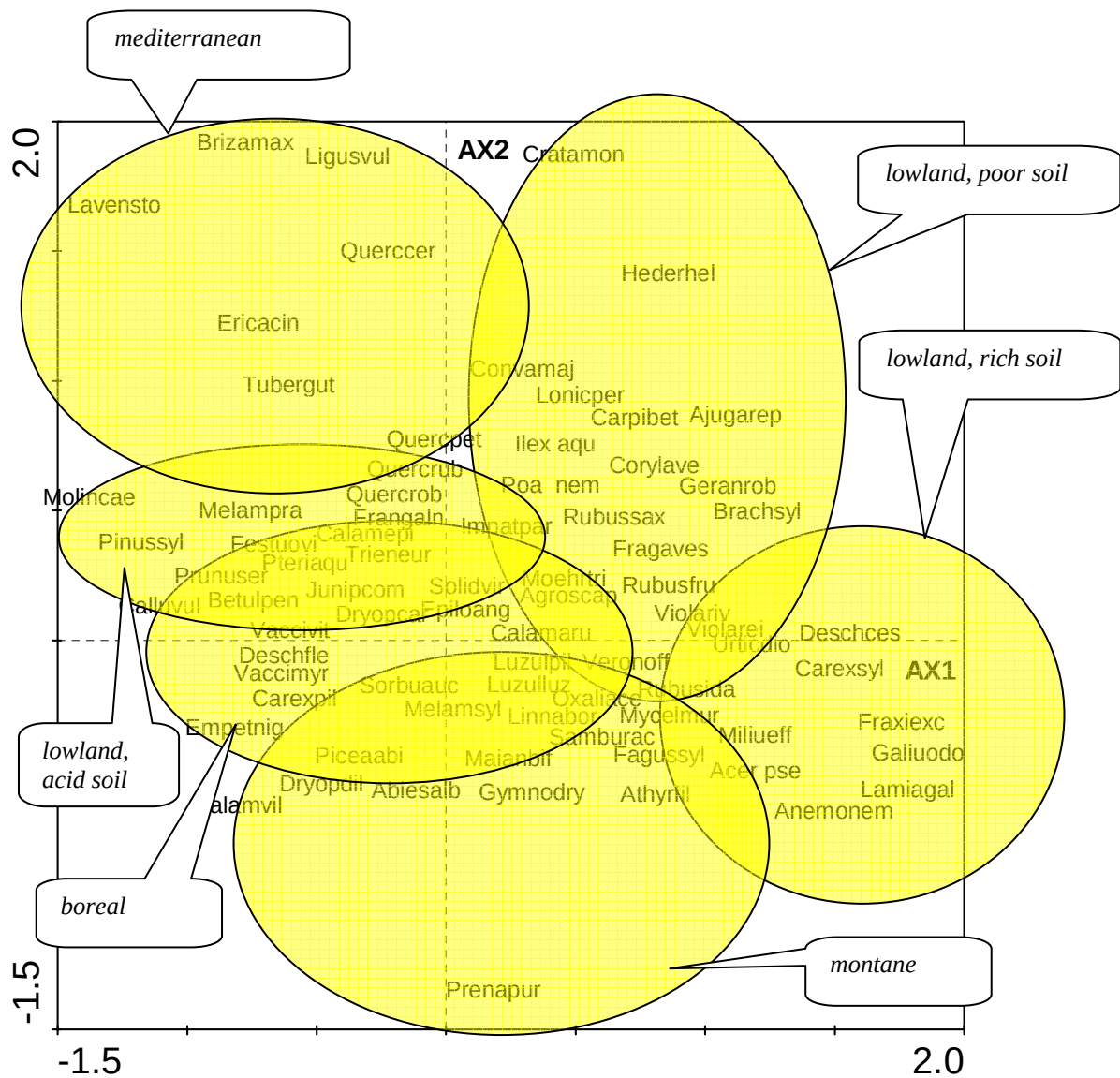
variabele groep	totaal percentage verklaarde variantie
bodem	5.8%
klimaat ¹⁾	4.9%
boomsoort	3.1%
bulk depositie	0.6%
SOM	14.5%

¹⁾ incl. temperatuur, hoogteligging, neerslag

2.2 Meetnet Vitaliteit en Verdroging

Voorgeschiedenis

In de jaren '80 van de vorige eeuw bestond grote zorg over achteruitgang van de vitaliteit van het Nederlandse bos, die werd toegeschreven aan atmosferische depositie. In het 'Additioneel Programma Verzuringsonderzoek' is op grote schaal onderzoek verricht naar deze relatie (Heij & Schneider 1991). Omdat dit onderzoek zich concentreerde op een klein aantal locaties en slechts één boomsoort (Douglas) werd besloten om daarnaast verkennend onderzoek te doen naar de relaties tussen vitaliteit, bodem en depositie op een groot aantal locaties met verschillende boomsoorten. Hiertoe werden aanvankelijk 150 opstanden van zandige, kalkloze gronden geselecteerd, met hoofdboomsoorten grove den, Corsicaanse den, fijnspar, Douglas, larix, eik en beuk (Leeters et al. 1994). In deze opstanden werden, naast metingen van de blad/naaldbezetting en -verkleuring, in de periode 1990 - 1992 gehalten bepaald van nutriënten, basische en zure kationen, en zware metalen.



Figuur 1 DCA ordinatiediagram van de vegetatie in de 360 plots van ICP-Forest level-II waarvoor in 1999 gegevens van zowel vegetatie als bodem en depositie beschikbaar waren. Weergegeven zijn de eerste twee assen, waarvan de horizontale vooral de gradiënt van arme (links) naar rijke bodem (rechts) representeert; en de verticale as de gradiënt van laagland (boven) naar montaan (onder). DCA plots hebben een afstand interpretatie: hoe dichter twee soorten bij elkaar staan, hoe sterker ze zijn gecorreleerd; als twee soorten vlak bij elkaar staan komen ze vaak samen voor, als ze in tegenoverliggende hoeken van het diagram staan sluiten ze elkaar uit. Verklaring van de afgekorte soortnamen: Abiesalb, *Abies alba*; Acer pse, *Acer pseudoplatanus*; Agrosca, *Agrostis capillaris*; Ajugarep, *Ajuga reptans*; Anemonem, *Anemone nemorosa*; Athyrfil, *Athyrium filix-femina*; Betulpen, *Betula pendula*; Brachsyl, *Brachypodium sylvaticum*; Brizamax, *Briza maxima*; Calamaru, *Calamagrostis arundinacea*; Calamepi, *Calamagrostis epigejos*; Calamvil, *Calamagrostis villosa*; Calluvul, *Calluna vulgaris*; Carexpil, *Carex pilulifera*; Carexsyl, *Carex sylvatica*; Carpibet, *Carpinus betulus*; Convamaj, *Convallaria majalis*; Corylave, *Corylus avellana*; Cratamon, *Crataegus monogyna*; Deschces, *Deschampsia cespitosa*; Deschfle, *Deschampsia flexuosa*; Dryopcar, *Dryopteris carthusiana*; Dryopdil, *Dryopteris dilatata*; Empetnig, *Empetrum nigrum*; Epiloang, *Epilobium angustifolium*; Ericacin, *Erica cinerea*; Fagussyl, *Fagus sylvatica*; Festuovi, *Festuca ovina*; Fragaves, *Fragaria vesca*; Frangaln, *Frangula alnus*; Fraxiexc, *Fraxinus excelsior*; Galiuodo, *Galium odoratum*; Geranrob, *Geranium robertianum*; Gymnodry, *Gymnocarpium dryopteris*; Hederhel, *Hedera helix*; Ilex aqu, *Ilex aquifolium*; Impatpar, *Impatiens parviflora*; Junipcom, *Juniperus communis*; Lamiagal, *Lamiastrum galeobdolon*; Lavensto, *Lavandula stoechas*; Ligusvul, *Ligustrum vulgare*; Linnabor, *Linnaea borealis*; Lonicper, *Lonicera perichlymenum*; Luzulluz, *Luzula luzuloides*; Luzulpil, *Luzula pilosa*; Maianbif, *Maianthemum bifolium*; Melamptra, *Melampyrum pratense*; Melamsyl, *Melampyrum sylvaticum*; Miliueff, *Milium effusum*; Moehtri, *Moebringia trinervia*; Molincae, *Molinia caerulea*; Mycelmur, *Mycelis muralis*; Oxaliace, *Oxalis acetosella*; Piceaabi, *Picea abies*; Pinussyl, *Pinus sylvestris*; Poa nem, *Poa nemoralis*; Prenapur, *Prenanthes purpurea*; Prunuser, *Prunus serotina*; Pteriaqu, *Pteridium aquilinum*; Quercer, *Quercus cerris*; Quercpet, *Quercus petraea*; Quercrob, *Quercus robur*; Quercrub, *Quercus rubra*; Rubusfru, *Rubus fruticosus*; Rubusida, *Rubus idaeus*; Rubussax, *Rubus saxatilis*; Samburac, *Sambucus racemosa*; Solidvir, *Solidago virgaurea*; Sorbuauc, *Sorbus aucuparia*; Trieneur, *Trientalis europaea*; Tubergut, *Tuberaria guttata*; Urticdio, *Urtica dioica*; Vaccimyr, *Vaccinium myrtillus*; Vaccivit, *Vaccinium vitis-idaea*; Veronoff, *Veronica officinalis*; Violarei, *Viola reichenbachiana*; Violariv, *Viola riviniana*.

Dit werd gedaan in bladeren en naalden (Hendriks et al. 1994), in de bodem (zowel de vaste als de vloeibare [bodemvocht] fase, van zowel strooisel als minerale bodem) (De Vries & Leeters 2001), en bovendien in een deel van de opstanden ook in grondwater (De Vries & Jansen 1994). Op basis hiervan zijn (i) relaties gelegd tussen de blad/naaldbezetting en bodemchemische en atmosferische variabelen (Hendriks et al. 1994), (ii) invoer-uitvoer budgetten geschat (De Vries & Jansen 1994) en (iii) nationale schattingen gemaakt van de bodemchemische toestand in Nederland (Leeters et al. 1994). Later is besloten de ontwikkeling van de vitaliteit in de tijd in relatie tot de chemie van plant en bodem te volgen op een groter aantal opstanden. Hiertoe werden 128 uit de 150 opstanden geselecteerd en aangevuld tot 200, onder andere met opstanden van kalkhoudende bodems. Dit werd het Meetnet Vitaliteit en Verdroging (Hilgen 1995). In deze 200 opstanden zijn in 1995 alle bepalingen uit de periode 1990 - 1992 herhaald (Leeters & De Vries 2001). Inmiddels begon de aandacht van het beleid te verschuiven van vitaliteit naar biodiversiteit. Daarom werd besloten in dit meetnet ook aandacht te besteden aan de soortensamenstelling van de bosvegetatie. In 1996 werden in de 200 opstanden vegetatieopnamen gemaakt (Van Dobben et al. 1997). Uiteindelijk zijn de waarnemingen in dit meetnet slechts eenmaal herhaald (voor de bodem in 1999 en voor de vegetatie in 2000). Het meetnet is na 2000 gestopt. Een samenvatting van de resultaten uit deze meetnetten is gegeven in de Vries et al (2002b) en recent in de Vries (2007), samen met soortgelijke resultaten uit het Europese Level II meetnet.

Resultaten: vegetatieopname in 1995

De resultaten van de vegetatieopnamen in 1995 zijn met het programma TWINSPAN (Hill 1979) verwerkt tot een geordende tabel. Het resultaat daarvan is schematisch weergegeven in figuur 2. 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 *Ceratocarpus claviculata*. Cluster 5 bevat donkere, soortenarme eiken- en beukenopstanden. 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* (Van Dobben et al. 1997).

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 (bij voorbeeld 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.

Tabel 4 Relatie tussen vegetatie in het Meetnet Vitaliteit en Verdroging, en gemeten of geschatte omgevingsvariabelen.

factor	% verklaarde variantie
boomsoort	16%
bodemchemie	9%
depositie	3%
grondwaterstand	2%
totaal	30%

Evenals in het ICP-Forest level-II meetnet blijkt ook op nationale schaal het op deze wijze gemeten effect van depositie op de bosvegetatie beperkt te zijn. Maar ook hier is het mogelijk dat bij analyse van tijdreeksen een sterker effect naar voren komt.

Resultaten: veranderingen tussen 1995 en 2000

Er zijn 196 plots waarin op beide data opnamen gemaakt zijn. De opnamen zijn op twee manieren vergeleken:

- per soort: gekeken is naar de verandering in procentuele bedekking;
- per opname: gekeken is naar de verandering in ongewogen gemiddelde Ellenberg en Wamelink indicatiegetallen (zonder minimum op het aantal soorten met een bekende indicatiewaarde). De indicatiegetallen van Ellenberg (1991) zijn gebaseerd op expertkennis, die van Wamelink (2007) op metingen.

In beide gevallen is de significantie getoetst met een gepaarde Student's T-toets (dit is een methode om te berekenen hoe groot de kans is dat het verschil tussen twee data sets uitsluitend door toeval tot stand komt; als deze kans P kleiner is dan 5% wordt het verschil 'significant' genoemd en dat is het geval als de testgrootheid T groter is dan ca. 2 in absolute zin). Voor details wordt verwezen naar Kemmers et al. (2007).

Voor geen enkele soort blijkt het verschil in abundantie tussen beide jaren significant te zijn; er zijn zelfs vrijwel geen soorten waarvoor Student's T in absolute waarde groter dan 1 is! Ook is er geen patroon te ontdekken in de toe- en afgenomen soorten; zowel nitrofiële als nitrofobe soorten zijn afgenomen. Bij de toegenomen soorten zitten vooral grassen en bomen, maar bij voorbeeld ook nitrofiële soorten als *Rubus idaeus* en nitrofobe soorten al *Vaccinium myrtillus*.

Tabel 5 geeft het resultaat voor de indicatiewaarden. Ook hier is geen enkel verschil significant. Opvallend is dat het gemiddelde aantal soorten is toegenomen met ruim vier. Die toename werd ook in eerder studies over veranderingen in bosvegetatie gevonden (Van Dobben et al. 1994). Ook de Simpson index en de

natuurbehoudswaarde namen toe, zij het niet-significant. De Wamelink indicatiewaarden hebben een veel hogere T dan de Ellenbergwaarden (maar nog lang niet significant). Het is op grond van deze resultaten niet te zeggen of de periode te kort was (in relatie tot de ruimtelijke variabiliteit) om uitspraken te kunnen doen over de veranderingen, of dat er werkelijk geen (trendmatige) veranderingen optreden. Dit was slechts mogelijk geweest als er langere tijdreeksen beschikbaar waren, maar zoals reeds opgemerkt is dit meetnet thans niet meer operationeel.

Tabel 5 Verschil in indicatorwaarden (2000 min 1995). Ellenberg's (1991) indicatorwaarden zijn gebaseerd op expertkennis, Wamelink's (2007) indicatorwaarden zijn gebaseerd op metingen. De natuurbehoudswaarde is een indicator voor de aanwezigheid van zeldzame of achteruitgaande soorten (de criteria van de Rode Lijst, zie Wamelink et al. [2003] en Sanders et al. [2004a]). Simpson's D is een veel gebruikte diversiteitsmaat, te interpreteren als de kans dat twee willekeurig uit de gemeenschap getrokken individuen tot verschillende soorten behoren.

indicator	tabel	verschil	T
licht	Ellenberg	0.005	0.01
temperatuur	Ellenberg	-0.021	-0.07
continentaliteit	Ellenberg	0.008	0.03
vocht	Ellenberg	0.070	0.26
zuur	Ellenberg	0.007	0.02
vocht	Wamelink	-1.371	-0.40
zuur	Wamelink	0.033	0.20
nutriënten	Ellenberg	0.065	0.17
natuurbehoudswaarde		0.201	0.20
aantal soorten		4.175	0.74
Simpson's D		0.027	0.26

2.3 Meetnet Functievervulling

Voorgeschiedenis

Bosstatistieken zijn in Nederland van oudsher een onderdeel van de landbouwstatistiek die periodiek wordt uitgevoerd. De eerste drie bosstatistieken omvatten zowel bos als natuurterreinen. De Vierde Bosstatistiek (1980-1983) beperkte zich tot bos. Tegen 2000 had de Vierde Bosstatistiek zoveel van haar actualiteit verloren dat behoefte ontstond aan een actualisatie. Hiertoe werd in 1999 het Meetnet Functievervulling bos (MFV Bos) ontworpen. Het MFV Bos is een multifunctioneel bossenmeetnet, dat 3622 steekproefpunten omvat. In de jaren 2001-2005 werden die punten bosbouwkundig en vegetatiekundig opgenomen. Het is op dit moment nog niet zeker of er ook een heropname zal plaatsvinden.

Methode

Als belangrijkste functies van het bos worden in het MFV beschouwd: recreatie, natuur, economie, milieu en landschap. Het meetnet levert kwantitatieve informatie over het functioneren van het bos met behulp van indicatoren voor deze functies. Deze indicatoren zijn:

- voor recreatie: de openstelling en bereikbaarheid, en de aanwezigheid van geluid en afval;
- voor natuur: de plantensoortensamenstelling, de verjonging, de bosstructuur en de voorraad dood hout;
- voor economie: de houtproductie, het assortiment bomen, de houtvoorraad en de stamkwaliteit;
- voor milieu: de biomassa en de koolstofvoorraad;
- voor landschap: de grootte van boscomplexen.

In het MFV wordt de bodem slechts gekarakteriseerd als grondsoort, in zeven klassen: arm zand, rijk zand, kalkrijk zand, kalkloze klei, kalkrijke klei, loess, veen. Bodemchemische bepalingen zijn niet gedaan, en er zijn ook geen schattingen van natheid gemaakt. Een belangrijk kenmerk van het MFV bos is de ruimtelijke verdeling van de steekproefpunten, namelijk als een realisatie van een ongelijnd systematische steekproef van het Nederlandse bos (Dirkse & Daamen 2000; De Gruijter 2000), met een dichtheid van 1 punt per 100 ha. Dit maakt het mogelijk zuivere schattingen te doen van het oppervlakte bos met bepaalde kenmerken, met een bekende betrouwbaarheid. Bij de gebruikte dichtheid heeft bij voorbeeld het geschatte oppervlakte bos voor de bosrijkste provincies een betrouwbaarheid van plus of min 10%. Nadeel van deze methode is wel dat zeldzame situaties (bij voorbeeld weinig voorkomende bostypen) in het algemeen gemist zullen worden.

Resultaten

Het resultaat van het MFV (Dirkse et al. 2007) heeft vooral een beschrijvend karakter. Tabel 6 geeft een voorbeeld. Omdat er van de nu opgenomen punten geen eerdere opnamen zijn kunnen veranderingen in de tijd slechts bij benadering worden vastgesteld, namelijk door vergelijking met de eerdere bosstatistieken. In vergelijking met de vierde bosstatistiek is het aantal soorten vaatplanten toegenomen, van ca. 12 tot ca. 14 per 300 m². Verder nam het aandeel eiken-beukenbos sterk toe ten koste van het aandeel eiken-berken-dennenbos (Tabel 7).

Tabel 6 De algemeenste soorten in de ondergroei van het Nederlandse bos (voorkomend in meer dan 10% van het bosareaal).

soort	ha	% van totaal oppervlakte bos	onzekerheid (%)
<i>Deschampsia flexuosa</i>	1559	52.6	4
<i>Rubus fruticosus</i> agg.	1515	51.1	4
<i>Dryopteris dilatata</i>	1314	44.3	4
<i>Dryopteris carthusiana</i>	1176	39.7	5
<i>Molinia caerulea</i>	1041	35.1	5
<i>Agrostis capillaris</i>	813	27.4	6
<i>Ceratophyllum claviculata</i>	724	24.4	7
<i>Urtica dioica</i>	700	23.6	7
<i>Vaccinium myrtillus</i>	649	21.9	7
<i>Holcus lanatus</i>	582	19.6	8
<i>Calluna vulgaris</i>	530	17.9	8
<i>Lonicera periclymenum</i>	466	15.7	9
<i>Carex pilulifera</i>	451	15.2	9
<i>Galeopsis tetrahit</i>	413	13.9	9
<i>Rumex acetosella</i>	377	12.7	10
<i>Poa trivialis</i>	367	12.4	10
<i>Galium aparine</i>	367	12.4	10
<i>Holcus mollis</i>	327	11	11
<i>Galium saxatile</i>	318	10.7	11
<i>Juncus effusus</i>	317	10.7	11
<i>Sambucus nigra</i>	311	10.5	11

Tabel 7 Verandering in aandeel van vier bostypen in het Nederlandse bos tussen 1984 en 2005.

Bostype (kenmerkende soort)	aandeel (%) in 2001- 2005	aandeel (%) in 1984- 1985
Arme bossen (Bochtige smele):		
Eiken-Berken-Dennenbos	33	46
Eiken-Beukenbos	47	37
Rijke bossen (Grote brandnetel):		
Essen-Iepen-Wilgenbos	8	8
Essen-Iepenbos	11	9

2.4 Landelijk Meetnet Flora

Doel en opzet

Het Landelijk Meetnet Flora (LMF) is een netwerk van meetpunten ('permanente kwadraten', pq's) waarvan de vegetatie gemonitord wordt. Hierin worden alleen hogere planten meegenomen (incl. varens, wolfsklauwen en paardestaarten), mossen en korstmossen worden slechts incidenteel opgenomen. Er worden in principe ook

geen abiotische variabelen gemeten. Het meetnet dekt alle provincies behalve Limburg. Doel van het meetnet is tweeledig:

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

Het meetnet bestaat voor ca. 25% uit pq's die al eerder door provincies werden opgenomen, voor de rest uit nieuw uitgezette pq's. Om schattingen te kunnen maken van zowel regionale kwaliteitsaspecten als landelijke milieuaspecten, is een stratificatie gemaakt over (1) de fysisch-geografische regio's, (2) de milieukwaliteit (depositie van zuur en van stikstof, en de verwachte verandering daarin), en (3) de begroeiingstypen (loofbos, naaldbos, heide, grasland, moeras, duin; op het moment van opzetten van het meetnet). Het meetnet is zo opgezet dat uitspraken mogelijk zijn voor elk van bovengenoemde drie indelingscriteria, maar niet op alle interactie niveaus. Zo zijn uitspraken over effecten van milieukwaliteit binnen FGR's alleen mogelijk voor de FGR's die een redelijk grote oppervlakte innemen (hogere zandgrond en heuvelland). Volgens de oorspronkelijk opzet zijn er 10585 pq's (Van der Peijl et al. 2000).

Abiotische gegevens

Zoals reeds vermeld worden standaard alleen vegetatieopnamen gemaakt. Om toch uitspraken te kunnen doen over de rol van abiotische variabelen zijn in 2005 op 116 pq's bodemonsters genomen en geanalyseerd op pH, macronutriënten, basische en zure kationen, en kationuitwisselingscapaciteit (CEC), in de organische en de minerale laag. In 2006 zijn mineralisatiemetingen gedaan door middel van veld incubatie van bodemonsters. Verder zijn gegevens met betrekking tot luchtkwaliteit (ozon en depositie van stikstof) verkregen van het LML (Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit). Van de bemonstering uit 2006 zijn de resultaten op dit moment nog niet beschikbaar, maar van die in 2005 wel. Hiervan wordt hieronder kort verslag uitgebracht.

Resultaten: relatie tussen de soorten onderling

Figuur 2 toont het resultaat van een ordinatie met DCA (zie 2.1). Tabel 8 geeft de correlatie tussen de DCA assen en de Ellenberg en Wamelink indicatiewaarden. De eerste as wordt vooral bepaald door de zuurgraad: rechts in de plot staan de soorten van heiden en bossen van zure grond, links de soorten van rijkere graslanden (incl. duinen en kalkgrasland), en watervegetatie. De tweede as is vooral een nat - droog as, met onder waterplanten, en boven soorten van droog grasland. De derde as representeert vooral de gradiënt van bos naar lage vegetatie, en de vierde as scheidt kweldervegetatie van de overige vegetatie.

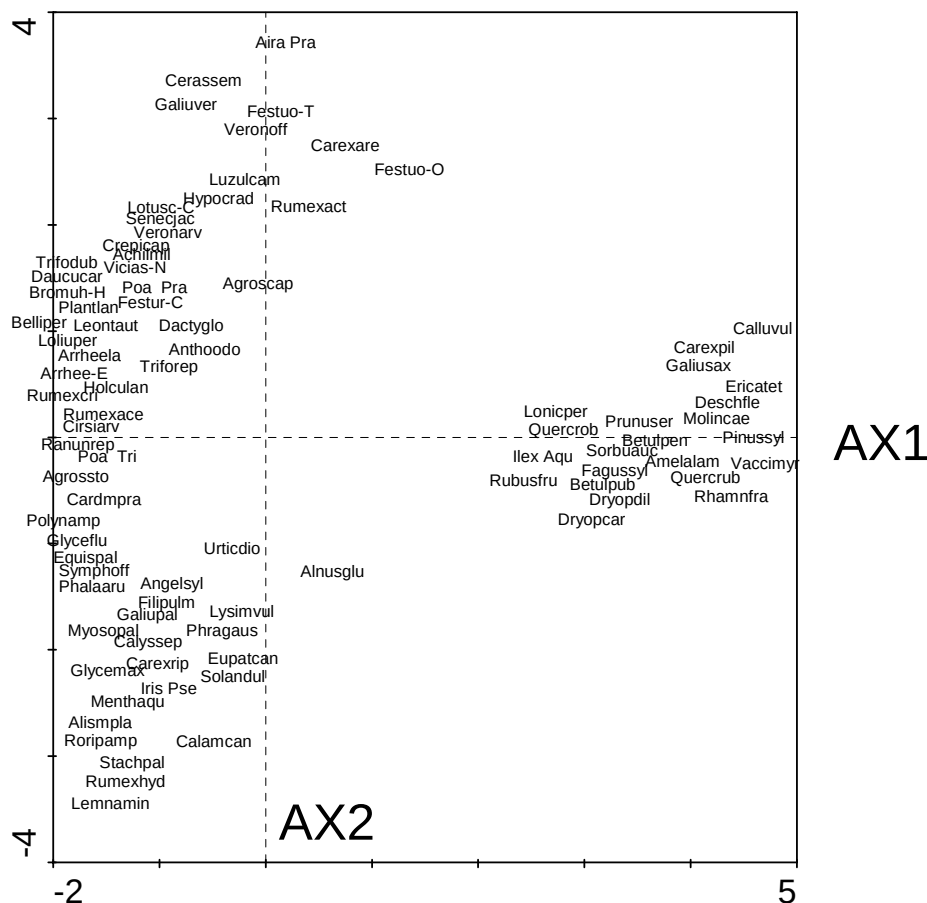
Tabel 8 Relatie tussen DCA assen en indicatiewaarden in het LMF (als Pearson correlatie coëfficiënt, -1 = perfect negatief gecorreleerd, +1=perfect positief gecorreleerd, waarden groter dan 0.5 in absolute zijn -betgeen duidt op een redelijk sterke correlatie- zijn vet weergegeven).

	Ellenberg	DCA as	AX1	AX2	AX3	AX4
		licht	-0.43	0.16	0.36	0.05
		vocht	-0.20	-0.85	0.34	0.02
		zuur	-0.74	-0.35	-0.40	0.03
		nutr	-0.61	-0.40	-0.52	0.02
Wa mel ink		vocht	0.38	0.36	-0.67	-0.02
		zuur	-0.93	-0.03	-0.08	0.05

De ordening van de soorten in Figuur 2 komt sterk overeen met de ideeën die traditioneel bestaan in de plantensociologie, met pH en natheid als sterk bepalende factoren. Lastig is alleen dat voedselrijkdom op alle assen een rol speelt; de gradiënt van voedselarm naar voedselrijk valt (deels) samen met de gradiënt van zuur (voedselarm) naar neutraal (voedselrijk). Verder zijn extreem droge vegetaties vrijwel altijd voedselarm (in het diagram: hoge waarden op de tweede as), hoewel natte vegetaties zowel voedselarm als voedselrijk kunnen zijn, maar die scheiding vindt plaats langs de derde as (voedselarm: hoge waarden) en valt daar dan weer deels samen met de gradiënt van bos naar open vegetatie. Deze interpretatie wordt bevestigd door de analyse van de indicatiewaarden in Tabel 8. Dit maakt het lastig een eventueel effect depositie aan dit diagram af te lezen. Men dient zich hierbij te realiseren dat deze gradiënten vooral zijn afgeleid uit de ecologische preferenties van de soorten, en dat die weer grotendeels zijn gebaseerd op expert-kennis, met name de indicatiegetallen van Ellenberg.

Resultaten: veranderingen tussen de eerste en de laatste opname

Er zijn 672 soorten die tenminste eenmaal in tenminste 5 pq's zijn gevonden. Maar ook hier zijn er vrijwel geen significante veranderingen. Alleen *Rumex obtusifolius* is significant toegenomen. *Pinus nigra* var. *nigra* en *Populus gileadensis* zijn sterk toegenomen (hoewel niet significant), maar dat kan ook wel liggen aan nomenclatorische en/of determinatie problemen (*Pinus nigra* en *Populus nigra* zijn sterk afgenomen). Er is op het eerste gezicht ook geen duidelijk ecologisch patroon te bekennen in de mate van toe- of afname van de soorten.



Figuur 3 DCA ordinatiediagram (eerste twee assen) op basis van de laatste of enige opname van elk PQ in het LMF. Verklaring van de afgekorte soortnamen: Achilmil, *Achillea millefolium*; Agroschap, *Agrostis capillaris*; Agrossto, *Agrostis stolonifera*; Aira Pra, *Aira praecox*; Alismpla, *Alisma plantago-aquatica*; Alliuvn, *Allium vineale*; Alnusglu, *Alnus glutinosa*; Amelalam, *Amelanchier lamarkii*; Angelsyl, *Angelica sylvestris*; Anthoodo, *Anthoxanthum odoratum*; Arrhee-E, *Arrhenatherum elatius* subsp. *elatius*; Arrheela, *Arrhenatherum elatius*; Arum Mac, *Arum maculatum*; Atrippro, *Atriplex prostrata*; Avenupub, *Avenula pubescens*; Belliper, *Bellis perennis*; Betulpen, *Betula pendula*; Betulpub, *Betula pubescens*; Bromuh-H, *Bromus hordeaceus* subsp. *hordeaceus*; Calamcan, *Calamagrostis canescens*; Calamepi, *Calamagrostis epigejos*; Calluvul, *Calluna vulgaris*; Calthp-P, *Caltha palustris* subsp. *palustris*; Calyssep, *Calystegia sepium*; Cardmpira, *Cardamine pratensis*; Carexare, *Carex arenaria*; Carexpil, *Carex pilulifera*; Carexrip, *Carex riparia*; Cerassem, *Cerastium semidecandrum*; Cirsiarv, *Cirsium arvense*; Cochldan, *Cochlearia danica*; Crepicap, *Crepis capillaris*; Cynogoff, *Cynoglossum officinale*; Dactyglo, *Dactylis glomerata*; Daucucar, *Daucus carota*; Deschfle, *Deschampsia flexuosa*; Dryopcar, *Dryopteris carthusiana*; Dryopdil, *Dryopteris dilatata*; Elymuath, *Elymus athericus*; Elymurep, *Elymus repens*; Equispal, *Equisetum palustre*; Ericatet, *Erica tetralix*; Erodic-C, *Erodium cicutarium* subsp. *cuticularium*; Eupatcan, *Eupatorium cannabinum*; Euphrstr, *Euphrasia stricta*; Fagussyl, *Fagus sylvatica*; Festuo-O, *Festuca ovina* subsp. *ovina*; Festuo-T, *Festuca ovina* subsp. *tenuifolia*; Festupra, *Festuca pratensis*; Festur-C, *Festuca rubra* subsp. *commutata*; Filipulm, *Filipendula ulmaria*; Fraxiexc, *Fraxinus excelsior*; Galiumol, *Galium mollugo*; Galiupal, *Galium palustre*; Galiusax, *Galium saxatile*; Galiuver, *Galium verum*; Glyceflu, *Glyceria fluitans*; Glycemax, *Glyceria maxima*; Hederhel, *Hedera helix*; Hierapil, *Hieracium pilosella*; Hieraumb, *Hieracium umbellatum*; Holculan, *Holcus lanatus*; Hypocrad, *Hypochaeris radicata*; Ilex Aqu, *Ilex aquifolium*; Iris Pse, *Iris pseudacorus*; Koelemac, *Koeleria macrantha*; Lemnamn, *Lemna minor*; Leontaut, *Leontodon autumnalis*; Leucavul, *Leucanthemum vulgare*; Loliuper, *Lolium perenne*; Lonicper, *Lonicera periclymenum*; Lotusc-C, *Lotus corniculatus* subsp. *corniculatus*; Luzulcam, *Luzula campestris*; Lysimvul, *Lysimachia vulgaris*; Lythrsal, *Lythrum salicaria*; Mediclup, *Medicago lupulina*; Menthaqu, *Mentha aquatica*; Miliueff, *Milium effusum*; Molincae, *Molinia caerulea*; Myosopal, *Myosotis palustris*; Phalaaru, *Phalaris arundinacea*; Phleuare, *Phleum arenarium*; Phragaus, *Phragmites australis*; Picrihie, *Picris hieracioides*; Pinussyl, *Pinus sylvestris*; Plantlan, *Plantago lanceolata*; Poa Pra, *Poa pratensis*; Poa Tri, *Poa trivialis*; Polygvul, *Polygala vulgaris*; Polynamp, *Polygonum amphibium*; Primuela, *Primula elatior*; Prunuser, *Prunus serotina*; Pteriaqu, *Pteridium aquilinum*; Quercrob, *Quercus robur*; Quercrub, *Quercus rubra*; Ranunrep, *Ranunculus repens*; Rhamnfra, *Rhamnus frangula*; Roripamp, *Rorippa amphibia*; Rosa Pim, *Rosa pimpinellifolia*; Rubuscae, *Rubus caesius*; Rubusfru, *Rubus fruticosus*; Rumexace, *Rumex acetosa*; Rumexact, *Rumex acetosella*; Rumexcri, *Rumex crispus*; Rumexhyd, *Rumex hydrolapathum*; Rumexsan, *Rumex sanguineus*; Senecjac, *Senecio jacobaea*; Silennut, *Silene nutans*; Solandul, *Solanum dulcamara*; Sorbuauc, *Sorbus aucuparia*; Stachpal, *Stachys palustris*; Symphoff, *Symphytum officinale*; Taraxlae, *Taraxacum laevigatum*; Trifodub, *Trifolium dubium*; Trifopra, *Trifolium pratense*; Triforep, *Trifolium repens*; Urticdio, *Urtica dioica*; Vaccimyr, *Vaccinium myrtillus*; Veronarf, *Veronica arvensis*; Veronoff, *Veronica officinalis*; Vicialat, *Vicia lathyroides*; Vicias-N, *Vicia sativa* subsp. *nigra*.

Tabel 9 geeft het resultaat van de analyse op de 'verschuiving' in het DCA plot en de verandering in indicatiewaarden tussen de eerste en de laatste opname per pq. Geen enkele verandering blijkt significant te zijn. De veranderingen wijzen op een tendens tot verzuring (positief verschil op AX1, negatief voor Wamelink zuurgraad), en tot verdroging (negatief verschil voor Ellenberg vocht, positief voor Wamelink vocht), maar verschuiving langs de DCA assen is enigszins tegenstrijdig: negatief voor AX2 wijst op vernatting maar negatief voor AX3 wijst op verdroging. De verschuiving langs AX3 heeft de hoogste T-waarde (hoewel nog lang niet significant), dit wijst op 'verbossing' (hetgeen wordt bevestigd door de dalende tendens van Ellenberg licht), maar kan ook op verdroging wijzen.

Bij de interpretatie van bovenstaand moet wel bedacht worden dat de pq-reeksen verschillende startdata hebben, en verschillende intervallen tussen de eerste en de laatste opname. Met geen van beiden is in deze analyse rekening gehouden. Verder is het mogelijk dat als de analyse wordt uitgevoerd op subsets (bij voorbeeld bepaalde FGR's of milieustrata) er wel significante verschillen worden gevonden. Momenteel wordt getracht het interval tussen twee opnamen te standaardiseren op vier jaar.

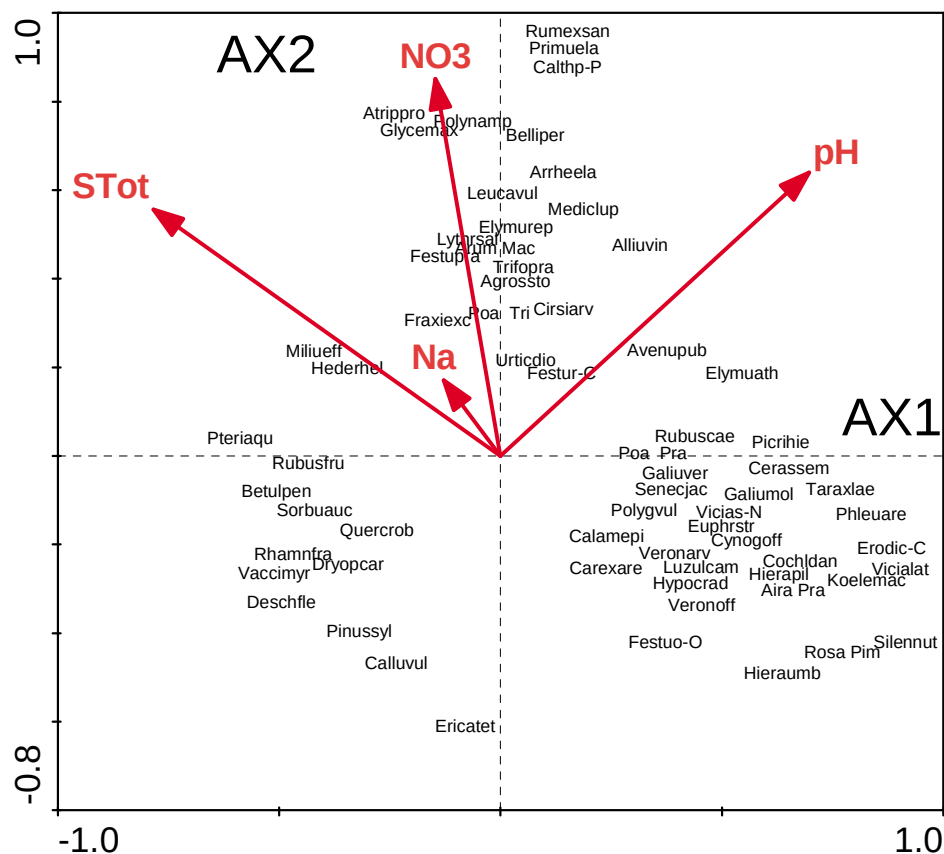
Tabel 9: Verandering in DCA Ellenberg en Wamelink indicatiewaarden .

tabel	indicator	aantal	gemiddelde	gemiddeld verschil	T waarde
DCA assen	AX1	3943	0.696	0.041	0.123
	AX2	3943	-0.083	-0.043	-0.125
	AX3	3943	0.146	-0.101	-0.228
	AX4	3943	0.187	-0.073	-0.017
Ellenberg	licht	3850	6.741	-0.033	-0.129
	temperatuur	2945	5.207	0.007	0.030
	vocht	3414	6.392	-0.021	-0.048
	zuurgraad	3413	4.814	0.006	0.012
	nutrienten	3661	4.942	-0.002	-0.005
Wamelink	vocht	3717	44.329	0.232	0.055
	zuurgraad	3868	5.521	-0.024	-0.145
bio div ind	NBW	3858	10.595	-0.004	-0.004
	Nspec	3943	16.968	0.247	0.050

Resultaten: relatie tussen soortensamenstelling en bodem- en atmosferische chemie

Figuur 4 is het ordinatiediagram van een CCA model dat is afgeleid met behulp van voorwaartse selectie van variabelen, met de beperking dat deze variabelen geen onderlinge correlatie (Pearson's R) mogen hebben die in absolute zin groter is dan 0.5. CCA is een vorm van DCA waarbij de assen zodanig getrokken worden dat het effect van externe variabelen ('verklarende' variabelen) zo goed mogelijk zichtbaar wordt, en waarbij ook hun significantie berekend kan worden. Bovengenoemde selectie van de meest significante variabelen leidt tot een eenvoudig model, met als verklarende variabelen het zwavelgehalte, de pH, en het Na-gehalte van de

De atmosferische variabelen N-depositie en AOT40 (indicator voor het biologisch effect van ozon) hebben ook een zeer significant effect maar vermoed wordt dat het hier gaat om schijn correlaties (voor details zie van Dobben et al. 2007). Dit is met name het geval omdat de afzonderlijke soorten die sterk met N-depositie resp. met AOT40 zijn gecorreleerd, geen soorten blijken te zijn met een hoge Ellenberg indicator voor nutriënten resp. een hoge gevoeligheid voor ozon (zie 2.5). Waarschijnlijk worden de correlaties tussen vegetatie en N-depositie resp. AOT40 slechts veroorzaakt door het grootschalige Oost-West patroon dat deze beide variabelen hebben, en dat samenvalt met een grootschalig Oost-West patroon in de vegetatie (met name het verschil tussen de duinen en de rest van Nederland).

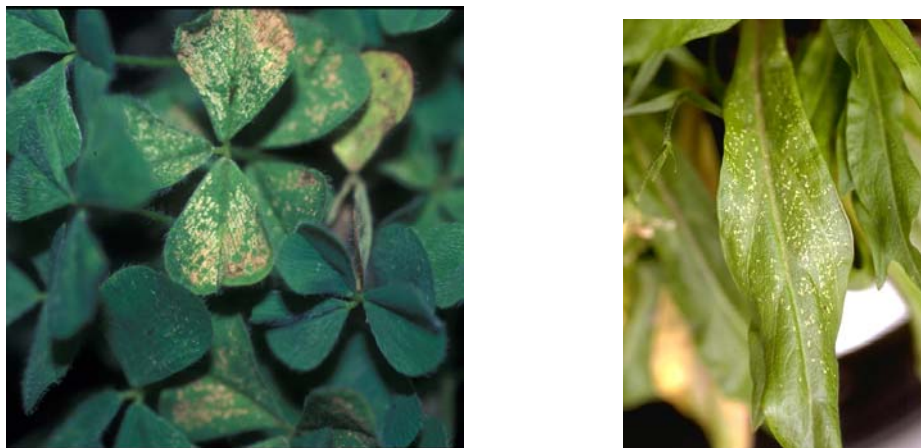


Alterra-rapport 1628

2.5 Vegetatiemeetnet Zuid-Holland in relatie tot ozon

Ozon schade aan plant in relatie tot biodiversiteit

Uit onderzoek naar effecten van ozon op landbouwgewassen is gebleken dat bladbeschadiging (zie Figuur 5) en groei- en opbrengstreductie relevante parameters zijn voor effecten van ozon op gewassen.



Figuur 5 Ozonbeschadiging op Trifolium subterraneum (Onderaardse klaver) links, en op Lychnis flos-cuculi (Echte koekoeksbloem) rechts.

Voor natuurlijke plantensoorten echter, is bladbeschadiging van minder belang voor het in stand houden van de soort in een vegetatie, maar het zijn vooral effecten op concurrentiekracht (meerjarigen) en reproductie (eenjarigen) die van belang zijn. Daarom worden concurrentiekracht en reproductie gezien als de belangrijkste parameters die bepalend zijn voor de biodiversiteit in een vegetatie.

Aangezien er duidelijk effecten beschreven zijn van ozon op biomassaproductie van landbouwgewassen en er geen aanwijzingen zijn dat soorten uit natuurlijke vegetaties anders reageren dan landbouwgewassen, is het aannemelijk dat ozonbelasting veranderingen teweeg kan brengen in de vegetatie. Als voorbeeld nemen soorten van het geslacht klaver (*Trifolium*) hierbij een interessante positie in omdat ze als landbouwgewas worden toegepast en ook in het wild voorkomen. Veldonderzoek met *Trifolium* soorten (Tonneijck et al. 2002) heeft aangegeven dat de ozonconcentraties in Nederland waarschijnlijk hoog genoeg zijn om negatieve effecten te veroorzaken op de groei van gevoelige soorten uit natuurlijke vegetaties.

Ozon concentratie metingen op individuele meetpunten

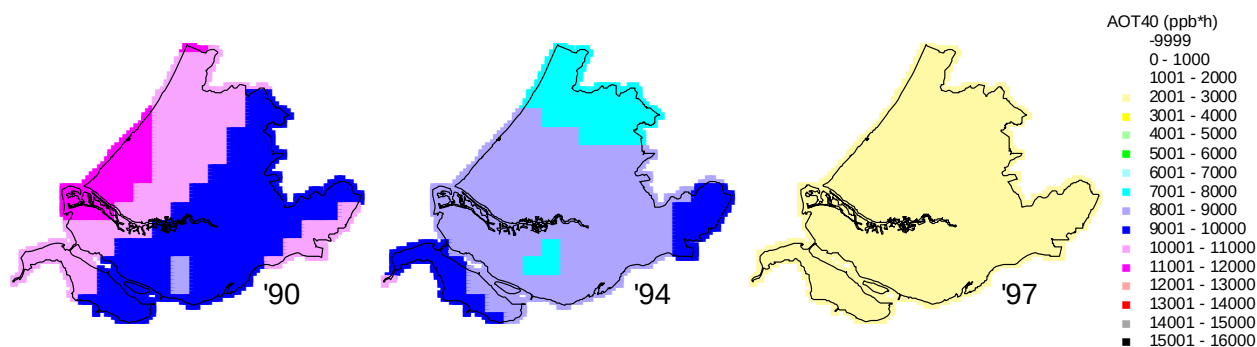
In de provincie Zuid-Holland ligt een aantal meetstations van het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit. Van deze stations zijn meetgegevens van ozonconcentraties beschikbaar voor de maanden mei, juni en juli, voor ieder jaar van 1987 tot en met 2000. Uit continue metingen worden gemiddelde ozonconcentraties voor elke uur tussen 9 en 17 uur berekend, en uit deze 8 uren gemiddelden worden vervolgens daggemiddelden berekend. De meetgegevens zijn vervolgens geïnterpoleerd over

Zuid-Holland en weergegeven op een 5 x 5 km grid zodat een 'ozon deken' wordt verkregen voor de afzonderlijke jaren.

AOT40

Binnen de wetenschappelijke wereld is er met betrekking tot effecten van ozon in de CLRTAP overeenstemming bereikt over de blootstellingindex voor ozon. De drempelwaarde voor ozon effecten op planten is gesteld op 40 ppb, en alleen die concentraties boven 40 ppb worden in beschouwing genomen. Dit wordt een AOT40 genoemd. Een AOT40 (accumulated exposure over a threshold of 40 ppb) is een sommatie van de positieve verschillen tussen uurgemiddelde ozonconcentraties en de drempelwaarde van 40 ppb voor een bepaalde periode. De eenheid van een AOT40 is ppb.h. Voor Noordwest Europa wordt de AOT40 berekend voor de maanden mei, juni en juli.

In 1999 zijn op een workshop van de CLRTAP in Gerensee, Zwitserland voorstellen gedaan over de kritische niveaus voor ozon voor landbouwgewassen, natuurlijke vegetatie en bomen (Fuhrer & Achermann 1999). Het voorgestelde kritische niveau (AOT40) voor natuurlijke vegetaties, berekend over de uren met daglicht gedurende een groeiseizoen van 3 maanden voor eenjarige soorten, is 3000 ppb.h. De parameter hiervoor met de meest ecologische relevantie is zaadproductie. De parameter en het kritische niveau voor ozon voor annuëlen zijn dus gelijk aan die voor landbouwgewassen (tarwe). Het voorgestelde, maar nog niet geratificeerde kritische niveau voor ozon voor meerjarigen is 7000 ppb.h, berekend gedurende een groeiseizoen van 6 maanden. Hiervoor zijn spruit- en wortelbiomassa de meest relevante parameters. In deze studie werd een keus gemaakt voor een driemaands groeiseizoen om vergelijkingen met effecten op gewassen mogelijk te maken.



Figuur 6 AOT40 waarden in Zuid-Holland in drie jaren. Let op de geringe ruimtelijke en grote temporale variatie.

Figuur 6 geeft de AOT40 in Zuid-Holland voor deze zomermaanden in intervallen van 1000 ppb.h. Dit geeft een indruk van de ruimtelijke en temporele variatie in ozon concentratie. De ruimtelijke variatie blijkt klein te zijn. In driekwart van de jaren tussen 1987 en 2000 zijn er maar twee klassen van ozon in Zuid-Holland te zien, wat wil zeggen dat de ruimtelijke variatie niet groter is dan 2000 ppb.h. De variatie in de

tijd daarentegen is groter, variërend van maximaal 11000 ppb.h in 1990 tot minder dan 2000 ppb.h in 1997.

Vegetatieopnamen en biodiversiteit

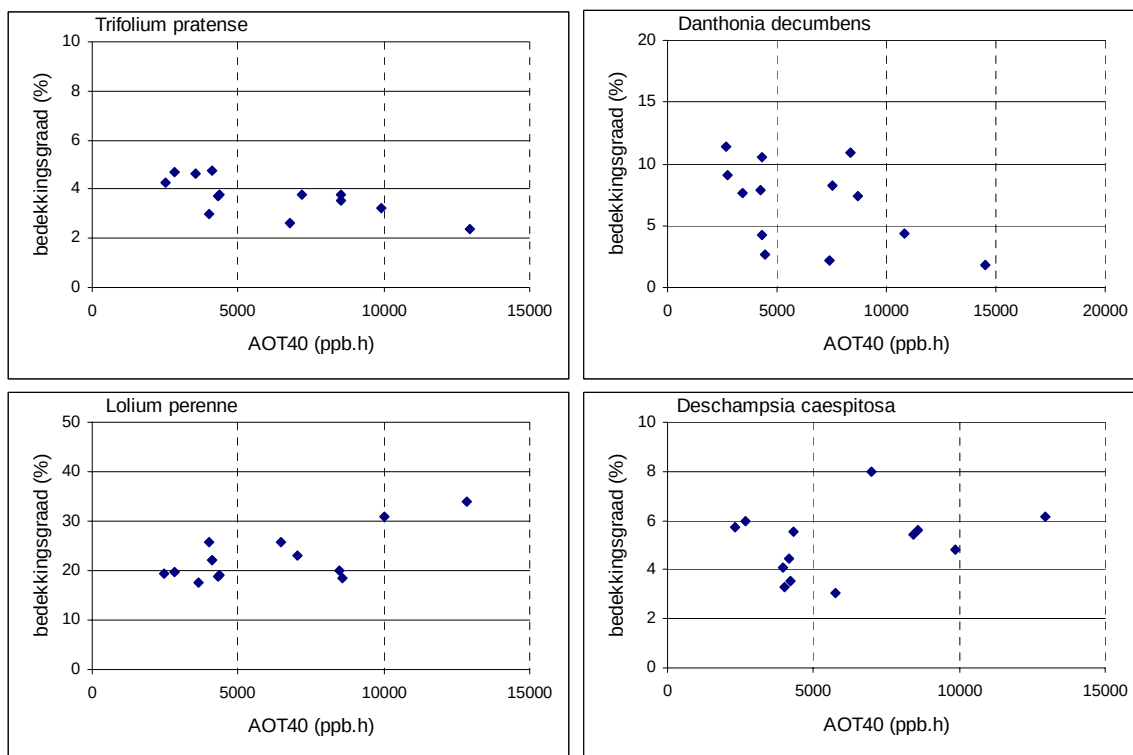
Er is gebruik gemaakt van de gegevens uit het provinciale florameetnet van de provincie Zuid-Holland voor de jaren 1987 tot en met 2000. Dit meetnet maakt thans (deels) deel uit van het LMF. De veranderingen in het voorkomen en de bedekkingsgraad van individuele soorten in dit meetnet werden geanalyseerd in relatie tot de blootstelling aan ozon. Er is een selectie gemaakt van de soorten die op basis van een ozon-database (Dueck, ongepubliceerde data gebaseerd op begassingsonderzoek) getypeerd konden worden als gevoelig dan wel ongevoelig voor ozon. De database bevat in totaal 32 000 opnames. Iedere locatie werd gekoppeld aan de AOT40 behorende bij de 5x5 km gridcel waarin de locatie zich bevond.

Veranderingen in de bedekkingsgraad, een langzaam proces, wordt gezien als één van de chronische effecten zijn van ozon (Dueck et al. 2002). De veranderingen in bedekking werden daarom gecorreleerd met de AOT40 waarden van hetzelfde jaar en de twee voorafgaande jaren. De correlatie met de AOT40 van één jaar voor de vegetatieopname gaf de beste fit. Het effect van ozon op de bedekkingsgraad blijkt dus een jaar na de blootstelling het sterkst tot uiting te komen. Deze waarneming wordt ondersteund door de literatuur waarin effecten van ozon op planten pas veel later zichtbaar worden, zogenaamde carry-over effecten.

Middels lineaire regressie werd de verandering in bedekkingsgraad per soort per locatie gecorreleerd aan de blootstelling aan ozon op die locatie in het jaar daarvoor. Het aantal opnamen per soort varieerde van enkele honderden tot meer dan 10 000. De regressie analyses zijn gebaseerd op alle individuele combinaties van procentuele bedekking van een soort en de AOT40. In Figuur 7 zijn als voorbeeld de gemiddelde AOT40 en de gemiddelde bedekking van enkele soorten per meetjaar weergegeven. De punten geven de gemiddelde bedekking over alle pq's met die soort voor de jaren 1987 tot 2000 uitgezet tegen de AOT40 van het voorafgaande jaar.

Effect van ozon op de biodiversiteit

De op grond van bovengenoemde regressie verwachte procentuele verandering in bedekkingsgraad werd berekend voor een toename van de AOT40 van 2000 naar 10 000 ppb.h. Enkele voorbeelden van de grafieken en statistieken voor geanalyseerde soorten zijn weergegeven in Figuur 7 en Tabel 10. Tabel 11 vat de resultaten samen voor alle soorten waarvan de gevoeligheid in begassing-experimenten is vastgesteld (Dueck et al. 2002).



Figuur 7 Voorbeelden van de relatie tussen bedekkingsgraad en AOT40 waarden in het voorafgaande jaar. Boven: *Trifolium pratense* en *Danthonia decumbens* (afname met toenemende ozon). Onder: *Lolium perenne* en *Deschampsia caespitosa* (toename met toenemende ozon).

Tabel 10 Effecten van blootstelling aan ozon op de soorten in Figuur 7. Het ozon effect wordt weergegeven als de verwachte verandering in bedekkingsgraad bij een toename van de AOT van 2000 naar 10 000 ppb.h.

Soort	Aantal opnamen	Verwachte verandering (%) in gemiddelde bedekking	Significantie
Achteruitgang			
<i>Trifolium pratense</i>	3323	-25.8	P<0.001
<i>Danthonia decumbens</i>	326	-37.3	P=0.064
Vooruitgang			
<i>Deschampsia caespitosa</i>	931	+11.3	P=0.335
<i>Lolium perenne</i>	9780	+49.3	P<0.001

Tabel 11: Effect van ozon op enkele soorten van natuurlijke vegetatie. Gevoeligheid: O=ongevoelig, G=gevoelig (in experimenten); Verwachte verandering: verwachte procentuele verandering in bedekking bij een toename van de ozon belasting van 2000 naar 10 000 ppb.h.

Soort	Gevoeligheid	regressie-coëfficiënt	Significantie (P-waarde)		Verwachte verandering (%)	Aantal opnames
<i>Bromus sterilis</i>	O	-0.00033	0.077	*	-42.5	374
<i>Danthonia decumbens</i>	O	-0.00044	0.064	*	-37.3	326
<i>Briza media</i>	G	-0.00017	0.108		-36.2	150
<i>Eriophorum angustifolium</i>	O	-0.00031	0.161		-29.7	369
<i>Trifolium pratense</i>	G	-0.00014	0.001	**	-25.8	3323
<i>Phleum pratense</i>	G	-0.00007	0.001	**	-16.3	3646
<i>Centaurea jacea</i>	G	-0.00007	0.284		-15.1	851
<i>Alopecurus pratensis</i>	O	-0.00011	0.014	**	-13.6	5571
<i>Phalaris arundinacea</i>	O	-0.00009	0.026	**	-10.8	6678
<i>Agrostis capillaris</i>	G	-0.00011	0.162		-10.0	3301
<i>Leucanthemum vulgare</i>	G	-0.00004	0.777		-10.0	284
<i>Taraxacum officinale</i>	G	-0.00003	0.011	**	-9.2	11088
<i>Trifolium repens</i>	G	-0.00007	0.041	**	-8.9	9780
<i>Festuca ovina</i>	G	-0.00019	0.544		-8.4	701
<i>Rumex obtusifolius</i>	G	-0.00002	0.505		-6.2	2679
<i>Rumex acetosa</i>	O	-0.00002	0.212		-5.4	7308
<i>Dactylis glomerata</i>	G	-0.00002	0.728		-1.8	5680
<i>Lychnis flos-cuculi</i>	G	0.00000	0.858		-1.3	2068
<i>Cirsium arvense</i>	O	-0.00004	0.896		-1.0	4823
<i>Ranunculus acris</i>	G	-0.00003	0.832		-1.0	6197
<i>Lathyrus species</i>	G	0.00000	0.931		-0.9	870
<i>Cynosurus cristatus</i>	O	-0.00005	0.668		-0.6	678
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	O	0.00002	0.709		2.4	3644
<i>Holcus lanatus</i>	G	0.00007	0.186		4.2	11589
<i>Vicia sativa</i>	G	0.00001	0.663		4.7	911
<i>Festuca pratensis</i>	G	0.00002	0.511		5.1	1933
<i>Plantago lanceolata</i>	G	0.00003	0.468		6.0	4070
<i>Hypochaeris radicata</i>	O	0.00002	0.701		6.9	917
<i>Trisetum flavescens</i>	O	0.00005	0.775		7.1	304
<i>Molinia caerulea</i>	O	0.00044	0.527		10.0	282
<i>Urtica dioica</i>	G	0.00007	0.231		11.1	4811
<i>Deschampsia caespitosa</i>	O	0.00007	0.335		11.9	931
<i>Festuca rubra</i>	G	0.00051	$2.6 \cdot 10^{-12}$	**	37.8	7162
<i>Hypericum perforatum</i>	O	0.00009	0.237		40.8	122
<i>Daucus carota</i>	O	0.00011	0.051		42.2	516
<i>Lolium perenne</i>	O	0.00110	$2.6 \cdot 10^{-33}$	**	49.3	9780
<i>Chenopodium album</i>	O	0.00015	0.124		72.5	273

Van de vier voorbeelden hierboven, zijn er 2 waarvan de bedekkingsgraad een negatieve correlatie vertoont met AOT40. Dit betekent dat met toenemende blootstelling aan ozon in het jaar voorafgaande aan de vegetatieopnames, de bedekkingsgraad afneemt. Tot de groep soorten die achteruitgaat met toenemende ozon belasting behoren de algemeen voorkomende soorten witte en rode klaver en paardenbloem. Ook een aantal grassen behoren tot deze groep, waaronder het

zeldzame tandjesgras (*Danthonia decumbens*). Tandjesgras is een soort die voorkomt op schrale gronden in vegetatietypen met een lage concurrentiekracht (stress-tolerators).

Er zijn ook twee voorbeelden van soorten die een positieve correlatie met ozon (AOT40) vertonen. Dit suggereert dat de bedekking van deze soorten toeneemt met toenemende ozon belasting in het jaar daarvoor. De berekende toename in populatie grootte voor *Lolium perenne* (Engels raaigras) met toenemend ozon niveau komt overeen met bevindingen uit experimenten waarin is aangetoond dat *L. perenne* goed gedijt in ozon en zelfs zich aan kan passen aan hogere ozonconcentraties in de lucht. Een andere verklaring voor een positieve respons zou een verminderde concurrentiedruk in vegetaties kunnen zijn van ozongevoelige soorten bij hoge ozon niveaus.

Evaluatie van de methode

Voor de toepassing van deze methodiek is het nodig dat er in 2 opeenvolgende jaren vegetatieopnames zijn om veranderingen in bedekkingsgraad aan te tonen. De soorten zijn gekozen aan de hand van de bevindingen van experimenten samengevat in de eerder genoemde ozon-gevoeligheidsdatabase en hoeven daarom niet representatief te zijn voor de Nederlandse flora.

Het gebied waarbinnen het hier beschreven onderzoek is uitgevoerd, beslaat slechts een deel van Nederland en het oppervlak is zeer gering in relatie tot dat van Europa. Desalniettemin zijn voor wat betreft het niveau van bladbeschadiging ieder jaar aanzienlijke verschillen tussen de locaties waargenomen. Het ruimtelijk patroon bleek hierbij zeer consistent te zijn.

Bij de evaluatie van het effect van ozon op gewassen en (semi-)natuurlijke vegetaties zal met aspecten van ruimtelijke schaal rekening moeten worden gehouden. De gegevens rechtvaardigen de conclusie dat de ruimtelijke schaal voor evaluaties van het effect van ozon op vegetaties klein moet zijn.

3 Evaluatie

3.1 Relatie tussen vegetatie en atmosferische chemie

Hoewel op grond van observationeel onderzoek met grote stelligheid een effect van atmosferische depositie op natuurlijke vegetatie wordt geclaimd (voor een overzicht zie bij voorbeeld Achermann & Bobbink 2003) blijkt het niet eenvoudig deze relatie aan te tonen op grond van een statistische analyse van eenmalige metingen aan vegetatie en bodem- en atmosferische chemie. In zowel het LMF als in level-II blijkt de vegetatie vooral bepaald te worden door 'traditionele' factoren als bodemvruchtbaarheid, klimaat en bostype, en blijkt de atmosferische chemie nauwelijks bij te dragen aan de verklaring van de variatie in de vegetatie. Omdat deze beide meetnetten nog maar relatief kort bestaan is het nog niet te zeggen in hoeverre met herhaalde metingen wel een effect van atmosferische chemie aantoonbaar is. De resultaten van het Zuid-Hollandse meetnet voor ozon laten zien dat langere tijdreeksen inderdaad meer licht kunnen werpen op de effecten van atmosferische chemie, en wellicht ook op werkingsmechanismen.

3.2 Relatie tussen vegetatie en bodemchemie

In de meetnetten waarin bodemchemische bepalingen zijn gedaan blijkt een sterk verband tussen vegetatie en bodemchemie. De pH van de bodem blijkt hierbij een sterk bepalende factor te zijn. Na pH is de bodemvruchtbaarheid van groot belang, maar de meetnetten leveren geen eenduidige chemische indicator voor dit kenmerk. Op grond van theoretische overwegingen zou de mineralisatie van N en P een factor moeten zijn die voor de vegetatie sterk bepalend is, maar directe meting hiervan is lastig (voor N) tot vrijwel onuitvoerbaar (voor P). De meeste bodemchemische bepalingen vergen het nemen van een monster in het veld en analyse in het lab, maar voor mineralisatie komen hier nog een aantal extra stappen bij: incubatie van een extra monster (meestal in het veld), en hernieuwd veldbezoek om het geïncubeerde monster op te halen. Voor een enigszins betrouwbare schatting dient deze procedure een aantal malen herhaald te worden, en dit brengt hoge kosten met zich mee. Andere chemische indicatoren zoals extraheerbaar NO_3 en NH_4 , verschillende P-fracties, C/N ratio, CEC, etc. kunnen wel een deel van de variantie in de vegetatie verklaren maar nooit veel. Bovendien leveren de verschillende meetnetten (en ook eenmalige studies) geen eenduidige 'beste' indicator voor bodemvruchtbaarheid. Een extra probleem is dat de bodemchemische variabelen veelal een sterke onderlinge correlatie hebben, waardoor de feitelijke oorzakelijke variabele niet met zekerheid is vast te stellen op grond van statistische analyses. In studies waarin de chemie van organische en minerale laag apart zijn bekeken blijkt wel consequent dat de organische laag het meest bepalend is voor de vegetatie.

Omdat de feitelijke oorzakelijke bodemchemische variabele(n) achter de verschillen tussen 'rijke' en 'arme' vegetatie niet eenduidig zijn vast te stellen, is het ook niet met

zekerheid aan te geven langs welke weg het effect van depositie op vegetatie tot stand komt. Het lijkt er op dat het veel gehanteerde model: N depositie => toename van NO_3 in bodemvocht (eventueel na nitrificatie van NH_4) => toename groei van concurrentiekrachtige soorten, te simpel is. In elk geval gaat dit model voorbij aan het feit dat de groei zowel door N, door P als door K, als door combinaties, gelimiteerd kan worden.

Een extra probleem in het LMF is dat er geen indicator voor beschikbaarheid van vocht wordt opgenomen. Daarom kunnen gemakkelijk schijn correlaties gevonden worden, namelijk wanneer een bodemchemische variabele gecorreleerd is met de vochttoestand van de bodem. In de huidige analyse is getracht dit te voorkomen door het opnemen van een van de vegetatie afgeleide vochtindicator, maar duidelijk is dat een directe schatting de voorkeur verdient.

Voor pH, waar de relatie tussen bodem en vegetatie zeer sterk is, en waarvoor ook veel meer incidentele waarnemingen beschikbaar zijn dan voor de overige bodemchemische variabelen, is het overigens wel gelukt om responsiekrommen per soort af te leiden die een zeer goede voorspellende kracht hebben (vergelijk bij voorbeeld tabel 8). Deze relatie is echter grotendeels gebaseerd op incidentele waarnemingen en slechts voor een klein deel op waarnemingen in meetnetten (Sanders et al. 2000, Wamelink et al. 2007). De huidige uitdaging is om dergelijke responsies ook voor bodemvruchtbaarheid af te leiden.

3.3 Wat kan Nederland van Europa leren?

Op het eerste gezicht is de Nederlandse inspanning mager in vergelijking met hetgeen in level-II gebeurt. Momenteel doet Nederland zelfs niets meer voor level-II. Waar level-II een uitgebreide abiotische bemonstering kent, beperken de momenteel in Nederland operationele meetnetten zich vrijwel uitsluitend tot biotische waarnemingen. In het LMF worden feitelijk alleen vegetatieopnamen gemaakt, met (eenmalige) bodemchemische waarnemingen op ca. 1.5% van de meetpunten, terwijl het MFV niets aan bodemchemie doet. Het Meetnet Vitaliteit en Verdroging kende wel een zeer uitvoerige bodemchemische bemonstering maar werd gestopt voordat er tijdreeksen van een interessante lengte waren verkregen.

Inmiddels zijn er van de meeste level-II plots herhalingsopnamen van de vegetatie, met intervallen van 5-10 jaar. Level-II heeft daarmee een combinatie van biotische en abiotische waarnemingen op enkele honderden punten en in een tijdreeks van ca. 10 jaar. Geen van de Nederlandse meetnetten beschikt thans over een dergelijke data set. Daarom ligt het voor de hand om alvorens beslissingen te nemen over uitbreiding van Nederlandse meetnetten met abiotische waarnemingen eerst een heranalyse te doen van level-II met deze nieuwe data.

3.4 Wat kan Europa van Nederland leren?

Ondanks de beperkte abiotische bemonstering hebben de thans operationele Nederlandse meetnetten wel de potentie om een belangrijke aanvulling op level-II te leveren. Een sterk punt van MFV is de goede statistische opzet, die onbevooroordeelde oppervlakteschattingen mogelijk maakt. Het LMF heeft de goede ruimtelijke dekking als sterk punt, zeker wanneer besloten zou worden om Limburg weer in het meetnet op te nemen. De zeer grote puntendichtheid -ook buiten bos- van het LMF is waarschijnlijk uniek in Europa; LMF heeft ca. 3500 meetpunten in bos en ca. 7000 buiten bos. Level-II richt zich uitsluitend op bos terwijl er internationaal thans brede consensus is over het optreden van effecten van atmosferische depositie in lage vegetatie (zie bij voorbeeld Achermann & Bobbink 2003 voor een overzicht). In elk geval in Nederland, en wellicht ook in grote delen van Europa, bevindt het grootste deel van de botanische biodiversiteit zich buiten bos! Op dit punt zou Nederland dus een voortrekkersrol kunnen vervullen. Gedacht zou kunnen worden aan het uitbreiden van ICP-Vegetation met waarnemingen aan vegetatie, bodem en atmosferische chemie. Dit gebeurt momenteel alleen in relatie tot ozon. De methode om effecten van ozon vast te stellen zoals die gebruikt is in het Zuid-Hollandse meetnet is veelbelovend, en zou ook op Europese schaal kunnen worden toegepast in het kader van ICP-Vegetation.

3.5 Aanpassingen in Nederlandse meetnetten

Zowel het Meetnet Vitaliteit en Verdroging als het LMF tonen aan dat een interval van ca. 5 jaar te kort is om veranderingen aan te tonen. Bij een eerder herhalingsonderzoek op een deel van de meetpunten van de Vierde Bosstatistiek over een periode van ca. 10 jaar bleken wel significante veranderingen op te treden (Van Dobben et al. 1994). Gezien dit feit en de resultaten van het Zuid-Hollandse meetnet lijkt momenteel de beste strategie om (1) bestaande tijdreeksen te verlengen, en tegelijkertijd (2) op (een deel van) de meetpunten bodemchemische bemonstering te doen; bij voorbeeld met intervallen van 4 jaar voor vegetatie en 10 jaar voor bodemchemie. Overigens vraagt iedere toepassing om zijn eigen meetfrequentie; zo kon in het Zuid-Hollandse meetnet het effect van ozon alleen worden vastgesteld omdat de vegetatie jaarlijks werd opgenomen.

Wanneer besloten wordt een meetnet uit te breiden met (bodem)chemische waarnemingen ligt het het meest voor de hand dit te doen met LMF. Dit meetnet heeft de grootste puntendichtheid, zodat de vrijheid in keuze van monsterpunten daar maximaal is. Tegelijkertijd dekt dit meetnet de grootste verscheidenheid aan vegetatietypen, ook buiten bos. Een overweging voor het MFV kan nog zijn dat hierbinnen de standaardisatie veel groter is dan binnen het LMF. De kern van het LMF zijn de provinciale pq-meetnetten die elk hun eigen methode hebben, bij voorbeeld met betrekking tot proefvlakgrootte, opnameschaal en opnametijdstip; hoewel er binnen het LMF wel gewerkt wordt aan het verbeteren van de standaardisatie. Het MFV kent een strikte standaardisatie in opnamemethodiek en is in dat opzicht vergelijkbaar met level-II. Verder is een voordeel van MFV dat het

(evenals level-II) de cryptogamen opneemt die vaak goede indicatoren voor milieukwaliteit zijn. In het LMF gebeurt dit niet consequent en kunnen de cryptogamen daarom niet in de analyse worden meegenomen. De voordelen van LMF boven MFV zijn echter groter dan de nadelen en slechts indien er reden is om te komen tot een oppervlakteschatting van chemische (of andere abiotische) kenmerken zou het MFV overwogen kunnen worden, maar momenteel is hiervoor geen voor de hand liggende reden.

3.6 Koolstofvastlegging

In de loop van de tijd is in bosmeetnetten de aandacht verschoven van houtproductie naar vitaliteit en vervolgens naar biodiversiteit. Voor de hand ligt dat in de toekomst de aandacht verder zal verschuiven naar koolstofvastlegging. In Nederland vindt in het MFV reeds schatting van de koolstofvastlegging plaats. Door de statistische opzet is dit meetnet bij uitstek toegerust om hiervan schattingen op landelijke schaal te maken, en de ervaring in dit meetnet kan in internationaal verband ingebracht worden. Daarnaast kunnen de level-I plots (die op een regelmatig grid liggen) gebruikt worden om op Europese schaal te komen tot een schatting van koolstofvastlegging. Een voorbeeld van het gebruik van deze plots voor een dergelijke schatting, maar dan gebaseerd op het gedrag van stikstof en de relatie tussen koolstof en stikstof (o.a. middels de C/N ratio in de bodem die op de level I plots word gemeten) is gegeven in de Vries et al (2006).

3.7 Aanbevelingen voor toekomstige inspanning

1. Tracht de meest evidente lacunes op te vullen. Dit zijn: (1) de LMF punten in Limburg; (2) de cryptogamen in LMF; en (3) de Nederlandse bijdrage aan level-II.
2. Her-analyseer de Europese level-II plots met de thans beschikbare data (het verschil tussen eerste vegetatie-opnamen van voor 1999 en de herhaalde opnamen tot 2005) alvorens beslissingen te nemen over aanpassing of uitbreiding van de Nederlandse meetnetten.
3. Her-analyseer de LMF data wanneer er voldoende herhalingsopnamen zijn (op de iets langere termijn bij voorbeeld 2009).
4. Maak afspraken om ook op termijn de continuïteit van de bestaande meetnetten LMF en MFV te waarborgen; zowel wat betreft de biotische als de abiotische bemonstering.
5. Breid de bodemchemische bemonstering uit; in elk geval in het LMF, tot bij voorbeeld 10% van alle opnamepunten; laat details afhangen van de uitkomsten van de analyse onder 2.
6. Neem gelijktijdig met een bodemchemische bemonstering ook een indicator op voor beschikbaarheid van vocht; desnoods afgeleid uit het bodemprofiel.
7. Profileer het MFV als standaard methode om nationaal en internationaal te komen tot oppervlakteschattingen; bij voorbeeld van koolstofvastlegging.
8. Wijs in internationaal verband op het belang van een biodiversiteitsmeetnet buiten bos; met het LMF als voorbeeld.

Literatuur

- Achermann, B., Bobbink, R. 2003. Empirical critical loads for nitrogen: expert workshop Berne 11-13 november 2002. Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape, Environmental Documentation 164. 327 p.
- De Gruijter, J.J. 2000. Sampling for spatial inventory and monitoring of natural resources. Alterra-rapport 070. 89 p.
- De Vries, W., Jansen, P.C. 1994. Effects of acid deposition on 150 forest stands in the Netherlands. 3. Input output budgets for sulphur, nitrogen, base cations and aluminium. Report Winand Staring Centre 69.3. 60 p.
- De Vries, W., Leeters, E.E.J.M. 2001. The chemical composition of humus layer, mineral soil and soil solution of 150 forest stands in the Netherlands in 1995. Alterra Report 424.1. 112 p.
- De Vries, W., Reinds, G.J., van Dobben, H., de Zwart, D., Aamlid, D., Neville, P., Posch, M., Auee, J., Voogd, J.C.H., Vel, E.M. 2002a. Intensive monitoring of forest ecosystems in Europe. Technical Rapport FIMCI . 177 p.
- De Vries, W., Erisman, J.W., Van Pul, A., Duyzer, J., Boumans, L.J.M., Leeters, E.E.J.M., Roelofs, J., van Hinsberg, A. 2002b. Effecten van emissie beleid voor verzuring op depositie en de kwaliteit van bodem en grondwater. Arena 6, Het dossier: 82-85.
- De Vries, W., Reinds, G.J., Gundersen, P., Sterba, H. 2006. Impacts of nitrogen deposition on carbon sequestration by forests in Europe. *Global Change Biology* 12: 1151-1173.
- De Vries, W.. 2007. Verzuring: oorzaken, effecten, kritische belastingen en monitoring van de gevolgen van ingezet beleid. In leidraad Bodembescherming, deel 5300 Verzuring: 1-80
- Dirkse, G.M., Daamen, W.P. 2000. Pilot Meetnet Functievervulling bos, natuur en landschap. Alterra-rapport 097.
- Dirkse, G.M., Daamen, W.P., Schoonderwoerd, H., Japink, M., van Jole, M., van Moorsel, R., Schnitger, P., Stouthamer, W. J., Vocks, M. 2007. Meetnet Functievervulling bos 2001-2005: Vijfde Nederlandse Bosstatistiek. Rapport Ministerie LNV Directie Kennis.
- Dueck, Th.A., van Dijk, C.J., de Visser, W., Tonneijck, A.E.G., van der Werf, A. 2002. Ozon en semi-natuurlijke vegetaties in de provincie Zuid-Holland. Nota PRI 209. 76 p.
- Ellenberg, H. 1991. Zeigerwerte der Gefäszpflanzen (ohne Rubus). *Scripta Geobotanica* 18:9-166.
- Fuhrer, J., Achermann, B., (eds.). 1999. Critical levels for ozone - Level II. Environmental Documentation 115, Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL), Bern. 333 pp.
- Heij, G.J., Schneider, T. 1991. Acidification research in The Netherlands: final report of the Dutch Priority Programme on acidification. 771 p.
- Hendriks, C.M.A., de Vries, W., van den Burg, J. 1994. Effects of acid deposition on 150 forest stands in the Netherlands. 2. Relationships between forest vitality

- and the chemical composition of foliage, humus layer, mineral soil and soil solution. Report Winand Staring Centre 69.2. 55 p.
- Hilgen, P.R. 1995. De vitaliteit van bossen in Nederland in 1995. Rapport IKC-N: Verslag Meetnet Vitaliteit 1. 56 p.
- Hill, M O. 1979. TWINSPAN - A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes. Report Cornell University, Ithaca N Y. 90 p.
- Kemmers, R., van Dobben, H.F., Wamelink, G.W.W, A. 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.
- Leeters, E.E.J.M., Hartholt, J.G., de Vries, W., Boumans, L.J.M. 1994. Effects of acid deposition on 150 forest stands in The Netherlands: assessment of the chemical compositions of foliage, soil, soil solution and groundwater on a national scale. Report Winand Staring Centre 69.4. 156 p.
- Sanders, M.E., van Dobben, H.F., Raterman, B.W., Kros, J., Hendriks, C.M.A. 2000. Op weg naar een kennissysteem natuurgerichte randvoorwaarden. Rapport Alterra 148. 83 p.
- Sanders, M.E., Slim, P.A., van Dobben, H.F., Wegman, R.M.A., Schouwenberg, E.P.A.G. 2004a. Effecten van eilandvarianten in de Noordzee op de ecologie van strand en duin. Alterra Rapport 1092. 100 p.
- Sanders, K., W. de Vries, L. van Bree, J.P. Hettelingh, A. van Hinsberg, C.J. Hollander, A.E.G. Tonneijck, M.L.H. van Veen, R Wortelboer en D. de Zwart. 2004b. Nationale effectenmonitoring en -modellering i.k.v. CLRTAP. Den Haag : Ministerie van VROM, 2004 (Rapport 10-12-2004), 32 p.
- Tonneijck A.E.G., Van Dijk C.J., 2002. Injury and growth response of subterranean clover to ambient ozone as assessed by using ethylenediurea (EDU): Three years of plant monitoring at four sites in the Netherlands. *Environmental and Experimental Botany* 48:33-41.
- Van de Peijl, M.J., Gremmen, N.J.M., van Tongeren, O.F.R., de Heer, M. 2000. Ontwerp Landelijk Meetnet Flora - Milieu & Natuurkwaliteit (LMF - M&N). RIVM rapport 718101001. 76 p.
- Van Dobben, H F, Vocks, M J M R, Jansen, E, Dirkse, G M. 1994. Veranderingen in de ondergroei van het Nederlandse dennenbos over de periode 1985-1993. IBN Rapport 085. 37 p.
- Van Dobben, H.F., Vocks, M.J.M.R., Bouwma, I.M., Wamelink, G.W.W., Joosten, V. 1997. Eerste opname van de ondergroei in het Meetnet Bosvitaliteit. Rapport IBN 321. 29 p.
- Wamelink, G W W, Joosten, V, van Dobben, H F, Berendse, F. 2002. Validity of ellenberg indicator values judged from physico-chemical field measurements. *Journal of Vegetation Science* 13:269-278.
- Wamelink, G W W, Ter Braak, C J F, Van Dobben, H F. 2003. Changes in large-scale patterns of plant biodiversity predicted from environmental economic scenarios. *Landscape Ecology* 18:513-527.
- Wamelink, G.W.W., Goedhart, P.W., Frissel, J.Y., Wegman, R.M.A., Slim, P.A., van Dobben, H.F. 2007. Response curves for plant species and vegetation types. Alterra rapport 1489. 20 p.