

**Vegetatie, groeiplaats en boniteit in Nederlandse  
naaldhoutbossen**

*Verlagen van Landbouwkundige Onderzoeken 800*

J. F. Bannink, H. N. Leijs en I. S. Zonneveld

*Stichting voor Bodemkartering, Wageningen*

# Vegetatie, groeiplaats en boniteit in Nederlandse naaldhoutbossen

With a summary

Vegetation, habitat and site class in Dutch conifer forests

*De  
Ploeg  
E. v.*



*Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie*

*Wageningen - 1973*

## Abstract

BANNINK, J. F., H. N. LEIJES & I. S. ZONNEVELD (1973) Vegetatie, groeiplaats en boniteit in Nederlandse naaldhoutbossen (Vegetation, habitat and site class in Dutch conifer forests) Versl. landbouwk. Onderz. (Agric. Res. Rep.) 800, ISBN 90 220 0474 0, (viii + 183 p., 5 tbs., 19 figs, 97 refs, 7 appendices, Eng. and Du. summaries.

Also: Bodemkundige Studies nr 9.

Report on the investigations in Dutch conifer forest on (1) the classification and mapping of vegetation according to groups of ecologically related plant species in the undergrowth, (2) the connections between the ensuing vegetation units (separated for light and dark forests) and the soil, (3) the fitting of these units into the existing phytosociological classification systems, and (4) their application in drawing up site classes for *Pinus sylvestris*.

ISBN 90 220 0474 0

Deze publikatie verschijnt tevens als: Mededelingen van de Stichting voor Bodemkartering, Bodemkundige Studies nr 9.

© Centrum voor landbouwpublicaties en landbouwdocumentatie, Wageningen, 1973.

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

No part of this book may be reproduced or published in any form by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publishers.

## Voorwoord

Het doel van het onderzoek was een basis te leggen voor het karakteriseren van de groeiplaats in aangeplante en min of meer regelmatig onderhouden oudere Nederlandse naaldbossen aan de hand van hun ondergroei en een eenvoudig uit te voeren bodemonderzoek.

Daarvoor was het nodig van een groot aantal proefperken het bos, de vegetatie en de bodem te beschrijven en te classificeren, het verband na te gaan tussen ondergroei en milieu, en tenslotte uit te zoeken of, en zo ja in welke mate, de boomgroei verband houdt met de gevonden verschillen in bodem en vegetatie (groeiplaats-bonitering dus). Het onderzoek is verre van volledig. De verwerking van het floristische opname-materiaal zou zeker nog intensiever kunnen zijn geweest door het toepassen van betere statistische methoden. Meer chemisch en fysisch bodemonderzoek zou ongetwijfeld op vele punten verhelderend hebben gewerkt. Dit neemt echter niet weg, dat ons inziens duidelijk een eerste stap kon worden gezet op de weg naar een alzijdige oecologische classificatie van de Nederlandse naaldhoutbossen.

De classificatie mondde voor de Grove den reeds uit in een voorlopige boniteits-tabel. Ongetwijfeld zal deze ook van belang zijn voor de practicus. Met het oog daarop is in de tekst veelvuldig gebruik gemaakt van Nederlandse plantennamen en is op verscheidene punten wat dieper ingegaan op de achtergronden dan voor een zuiver wetenschappelijke behandeling van de stof noodzakelijk zou zijn geweest. De vele foto's van de vegetatietypen hebben hetzelfde doel.

Tenslotte is in de Engelse samenvatting getracht, mede door verwijzing naar de tabellen en figuren, een vrij gedetailleerd overzicht te geven van de uitkomsten van het onderzoek, zodat de kennisname daarvan niet tot het Nederlandse taalgebied beperkt zou blijven.

Het onderzoek stond onder leiding van Dr. Ir. I. S. Zonneveld<sup>1</sup>. Het basismateriaal werd tussen 1955 en 1965 verzameld door de beide andere auteurs<sup>2</sup>. Zij verzorgden ook het leeuwedeel van de uitwerking van de gegevens, waarna eerstgenoemde in 1966 de tekst opstelde, echter in zo nauwe samenwerking met de anderen dat de auteurs gezamenlijk verantwoordelijk geacht moeten worden voor de gehele inhoud. Na 1966 verschenen literatuur is niet meer in beschouwing genomen. De foto's werden gemaakt door de heren H. N. Leys en C. Th. van der Schouw, van Stiboka.

1. Huidig adres: Internationaal Instituut voor Luchtkartering en Aardwetenschap (ITC), Enschede.  
2. Huidige adressen: J. F. Bannink Ing., Stichting voor Bodemkartering (Stiboka), Wageningen.  
H. N. Leys, Rijksinstituut voor Natuurbeheer (RIN), Leersum.

Zonder medewerking van velen zou het omvangrijke werk nooit tot een goed einde zijn gebracht. Zeer gewaardeerde steun werd ondervonden van de Stichting Bosbouwproefstation 'De Dorschkamp' te Wageningen, van ambtenaren van het Staatsbosbeheer en van vele particuliere bouseigenaren en beheerders. Daarnaast is veel te danken aan medewerkers van de afdeling Bosbouw van de Stichting voor Bodemkartering (Stiboka), speciaal aan Ir. K. R. baron van Lynden en de heren A. W. Waenink en T. Vis. Ir. C. P. van Goor en Ir. J. F. Wolterson van het Bosbouwproefstation hebben zich verdienstelijk gemaakt met het kritisch doorlezen van het manuscript. Ir. C. P. van Goor en Ir. H. Hol gaven toestemming enkele gegevens van het onderzoek naar het produktieniveau van de Douglas op te nemen. Een speciaal woord van dank richten we gaarne aan de tekenaars en typisten van Stiboka voor de uitwerking van het vaak niet eenvoudige teken- en tikwerk en aan de redakteuren J. J. Jantzen (Stiboka) en Dr. Ir. E. Meijer Drees voor hun assistentie bij de verkorting en bewerking van de tekst.

# 1 Principes en methoden

## 1.1 Inleiding

Als belangrijkste hulpwetenschap bij het onderzoek is de vegetatiekunde gebruikt. Deze gaat uit van de totaliteit van het plantendeck en bestudeert de enkele plant of soort slechts vanuit dit geheel. Dit houdt in, dat niet gesproken wordt over indicatorplanten maar over plantengezelschappen die indicaties opleveren voor het milieu als geheel.

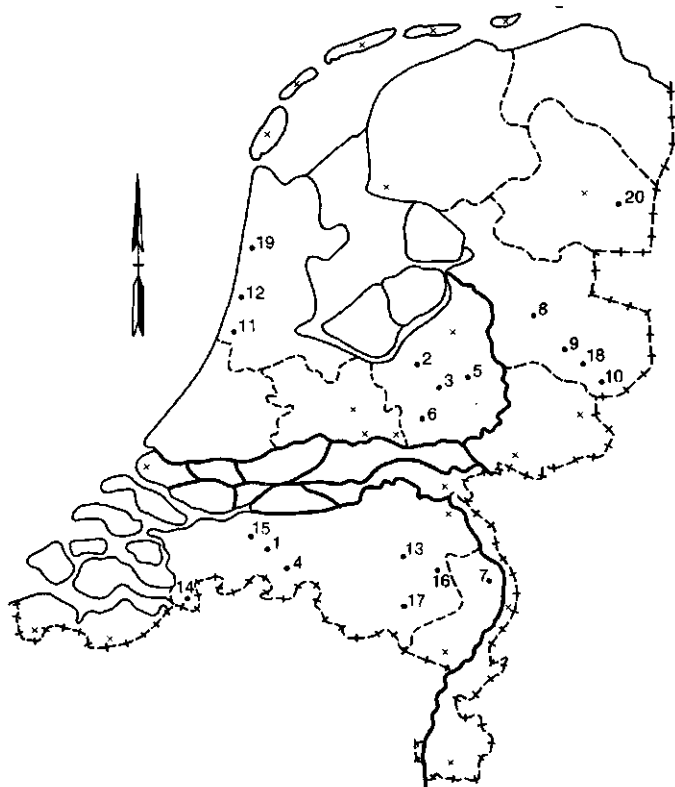
Het verschil tussen de indicatieve waarde van aparte soorten en gezelschappen berust op de omstandigheid dat het gedrag van een soort (of taxon van lagere rang) mede afhankelijk is van het gezelschap waarin hij voorkomt, dus niet alleen reageert op de 'dode' chemische en fysische eigenschappen van zijn omgeving. Daarom geeft een vegetatie-eenheid in het algemeen betrouwbaarder indicaties over het milieu in zijn totaliteit dan een afzonderlijke soort.

## 1.2 Classificatie van vegetatie-eenheden

Bij de classificatie van de vegetatie-eenheden zijn de bij vegetatiekundig onderzoek gebruikelijke methoden gevolgd. Het is hier niet de plaats diep in te gaan op de problematiek daarvan: de lezer moge hiervoor worden verwezen naar Ellenberg (1956), Kuoch (1957b), Braun-Blanquet (1951) e.a.

Alleen dient hier duidelijk gesteld te worden dat voor iedere classificatie onderscheid gemaakt moet worden tussen: leidraden en kenmerken. Leidraden kan men vrij willekeurig kiezen, afhankelijk van het doel dat men zich stelt. Kenmerken echter moeten eigenschappen zijn van het te classificeren materiaal, in dit geval van de vegetatie zelf, en dus niet van de grond of de behandeling van het bos, of wat dan ook. Bij de hieronder te bespreken oecologische groepen hebben leidraden (oecologisch in dit geval) van meet af aan een belangrijke rol gespeeld. Bij de zuiver sociologische groeperingen komt de leidraad weer aan de orde, namelijk zodra het gaat om het vaststellen van de hiërarchie van de vegetatie-eenheden in het systeem. Vindt men dat bepaalde verschillen, bijvoorbeeld als gevolg van het klimaat, tot uiting moeten komen, dan kan men dit in de classificatie aanbrengen; maar even goed kan men een andere rangschikking kiezen, al naar behoefte en naar het speciaal doel van de classificatie. Men werkt zuiver pragmatisch. Als leidraad voor de typen is in ons systeem bewust datgene gekozen waaraan de praktijk van de bosbouw het meeste houvast heeft: de eutrofie van de bodem. Alle overige oecologische factoren (planten-geografische, hydrolo-

Fig. 1. Gebieden in Nederland waar de ondergroei van dennenbossen nauwkeurig werd opgenomen (●) of globaal gekarakteriseerd (x).

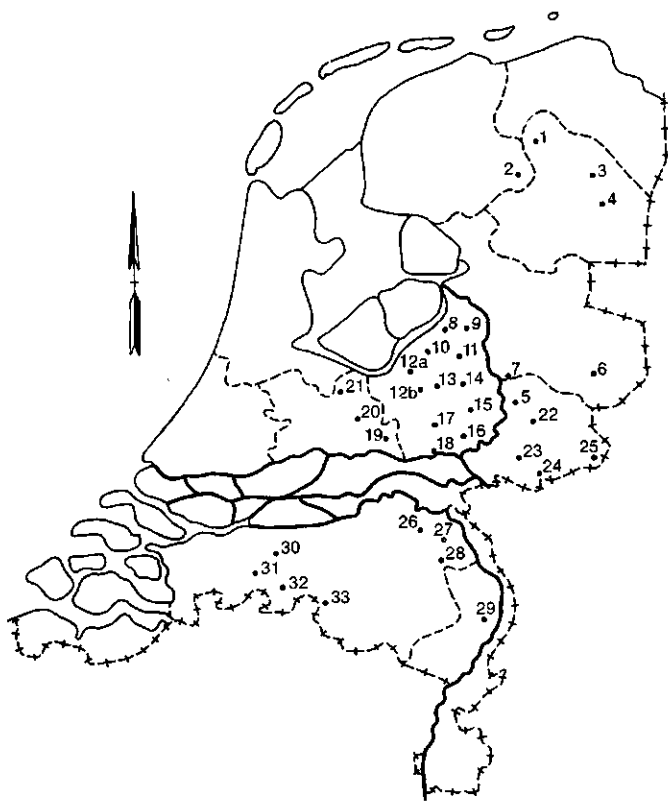


Nr. van het gebied No. of area	Aantal waarnemingen Number of observations
1 Mastbos bij Breda	67
2 Speulderbos bij Putten	49
3 Dennenbossen bij Kootwijk	149
4 Dennenbos bij Chaam	37
5 Dennenbos bij Hoenderlo en Ugchelen	92
6 Landgoed Wekeromse zand bij Ede	2
7 Lollebeekgebied tussen IJsselstein en Wanssum	18
8 Dennenbos bij Raalte (Schoonheeten)	1
9 Herikerberg tussen Markelo en Goor	13
10 Assinkbos ten ZW. van Haaksbergen	8
11 Duinbossen bij Overveen (Haarlem)	6
12 Duinbossen bij Castricum	19
13 Dennenbossen bij Erp	81
14 Dennenbossen bij Ossendrecht	20
15 Liesbos bij Breda	18
16 Dennenbossen 'De Stippelberg' bij de Rips	99
17 Dennenbossen bij Heeze	59
18 Wegdammerbos 'Weldam' bij Goor	14
19 Bergen en Schoorl	10
20 Exlo en Odoorn	10

Fig. 1. Areas in The Netherlands where the undergrowth of Pine forests was surveyed accurately (●) or roughly characterized (x).



Fig. 2. Gebieden in Nederland waar de ondergroei van Douglasbossen en enkele andere sparrenbossen werd opgenomen, in totaal ca. 450 opnamen.



- |             |                     |               |
|-------------|---------------------|---------------|
| 1 Norg      | 12b Voorthuizen     | 23 Doetinchem |
| 2 Appelscha | 13 Kootwijk         | 24 Dinxperlo  |
| 3 Gasselte  | 14 Hoog Soeren      | 25 Kotten     |
| 4 Schoonlo  | 15 Apeldoorn (e.o.) | 26 Nisteirode |
| 5 Lochem    | 16 Arnhem           | 27 Rijkevoort |
| 6 Goor      | 17 Wekerom          | 28 Oploo      |
| 7 Gorsseel  | 18 Heelsum          | 29 Horst      |
| 8 Nunspeet  | 19 Amerongen        | 30 Oosterhout |
| 9 Heerde    | 20 Zeist            | 31 Breda      |
| 10 Leuvenum | 21 Baarn            | 32 Chaam      |
| 11 Gortel   | 22 Ruurlo           | 33 Esbeek     |

Fig. 2. Areas in The Netherlands where the undergrowth of Douglas forest and a number of spruce forests were surveyed (about 450 plots).

gische), ook als deze zeer grote verschillen in vegetatie te voorschijn roepen, zijn als varianten weergegeven waartussen geen hiërarchisch verschil bestaat, zodat een vegetatie dus tot meer dan één variant tegelijk kan behoren. Onze typen zijn dus principieel lineair, de varianten multidimensionaal. Ook ontwikkelingsfasen, maar minder gedetailleerd dan bij Meisel-Jahn (zie hoofdstuk 2), zijn in de vorm van varianten in het systeem vertegenwoordigd. Onderscheidingen die de mate van eutrofie betreffen zijn bij ons wat meer gedetailleerd.

Als hoofdindeling is gekozen de structuur van de vegetatie met inbegrip van de opstand. Dit leidde tot het onderscheiden van wat hier genoemd zijn 'formaties', namelijk:

- (L) De 'Lichte' naaldhoutbossen: opstanden met een kroonsluiting die vrij veel licht doorlaat, veelal van *Grove* den, en verder van *Larix*, Oostenrijkse en Corsicaanse den en andere *Pinus*-soorten.
- (D) De 'Donkere' naaldhoutbossen: opstanden met weinig lichtdoorlatende kronen, zoals Douglas, Fijnspar, Zilverden en diverse andere *Picea*- en *Abies*-soorten en sommige andere coniferen.

Het oecologische verschil tussen deze formaties berust echter niet alleen op de hoeveelheid licht die tot de ondergroei doordringt en die binnen elke formatie bovendien kan variëren, maar ook op de strooiselvertering en alles wat daarmee samenhangt (zie hoofdstukken 5 en 6).

Het voornaamste criterium voor het onderscheiden van gezelschappen binnen iedere formatie is: de *combinatie* van *plantesoorten* (met inbegrip van lagere taxa). Daarbij is eveneens aandacht geschonken aan de hoeveelheid (bedekking, massa, frequentie) en de vitaliteit.

De meest objectieve methode om deze gezelschappen te beschrijven is het verzamelen van soortenlijsten van een zeer groot aantal terreintjes (opnamen) uit het gehele te bestuderen gebied. De terreintjes moeten binnen fysiografisch en fysiognomisch homogene gebieden liggen en volgens toeval verdeeld zijn. De wiskundige verwerking daarvan zal dan moeten leiden tot het vaststellen van groepen van soorten waarvan het optreden sterk positief is gecorreleerd (die dus in de regel samen voorkomen), van groepen waarvan het voorkomen juist sterk negatief is gecorreleerd (die dus zelden samen voorkomen), en allerlei overgangen. Voorbeelden van een dergelijke aanpak zijn te vinden bij De Vries (1954) voor graslandvegetaties, terwijl Bannink, Leijs en Zonneveld deze methode hebben toegepast bij akkeronkruidvegetaties. De literatuur hierover neemt dagelijks toe. Voorbeelden van statistisch onderzoek die grote aantallen opnamen en soorten omvatten zijn echter nog schaars. Bovendien kan aan de eis van een volkomen toevallige keuze van de opnameplaatsen in de praktijk nooit geheel voldaan worden. Verder is deze methode uiterst tijdrovend en daardoor kostbaar, terwijl het rekening houden met bedekking, frequentie enz. zeer moeilijk is bij dit soort statistisch onderzoek. De winst aan objectiviteit door het gebruik van deze methode kan teniet worden gedaan door de onnauwkeurigheid van de opname van het basismateriaal, dat van nature nu eenmaal uiterst complex en daardoor moeilijk in exacte cijfers uit te drukken is.

Een eenvoudige vergelijkende methode, in het bijzonder door Braun-Blanquet ge-propageerd en op grote schaal door diens leerlingen gedurende de laatste halve eeuw toegepast, is de tabellenmethode (Ellenberg, 1956). Hierbij wordt de verwantschap in soortencombinatie tussen soortenlijsten zichtbaar gemaakt door in tabellen vele opnamen naast elkaar te zetten. Door verschuivingen in de volgorde der soorten en der opnamen worden dan groepen van soorten gevormd. Meestal gaat men hierbij uit van een ruwe tabel waarin de opnamen naar de fysiognomie van de vegetatie of naar een bekende milieufactor (klimaat, landschapseenheid, grondwater, cultuurvorm, enz.) zijn gerangschikt. Een groot voordeel daarvan is dat elke veldwaarneming als eenheid blijft gehandhaafd. De oorzaak van een eventueel afwijkend gedrag is dus op te spo-

Vegetatietypen Vegetation types	A1	A2	H1 - A2	H1	R1 - H2	H2(m)	H2(m)	H2	R1	Hd - Rd	R2	Nieuwe indeling Present classification
<i>Cladonia div. spec.</i>	—											Korstmossorten
<i>Cladonia lenzia</i>	—											Rendiermossort
<i>Cladonia sylvatica</i> var. <i>mitis</i>	—											id.
<i>Polytrichum piliferum</i>	—											Ruig haarmos
<i>Cladonia sylvatica</i> var. <i>sylvatica</i>	—											Rendiermossort
<i>Cladonia uncialis</i>	—	—	—									id.
<i>Ptilidium ciliare</i>	—	—	—									Gewoon franjemos
<i>Dicranum spurium</i>	—	—	—									Zandgaffeltand
<i>Lactarius rufus</i>	—	—	—									Rossige melkzwam
<i>Cladonia impeka</i>	—	—	—									Rendiermossort
<i>Russula paludosa</i>	—	—	—									Appelrussula
<i>Pohlia nutans</i>	—	—	—									Peermos
<i>Dicranum polysetum</i> (D. <i>ruppaum</i> )	—	—	—									Gerimpeld gaffeltandmos
<i>Hypnum cepressiforme</i>	—	—	—									Klauwlijesmos
<i>Dicranum scoparium</i>	—	—	—									Gewoon gaffeltandmos
<i>Calluna vulgaris</i>	—	—	—									Struikheide
<i>Pleurozium schreberi</i>	—	—	—									Bronsmos
<i>Sieglingia decumbens</i>	—	—	—									Tand-esgras
<i>Betula pubescens</i>	—	—	—									Zachte berk
<i>Lactarius cf. camphoratus</i>	—	—	—									Kruidige melkzwam
<i>Polytrichum formosum</i>	—	—	—									Frasi haarmos
<i>Rhizus serotina</i>	—	—	—									Amerikaans vogelkers
<i>Deschampsia flexuosa</i>	—	—	—									Bachtige smale
<i>Carex arenaria</i>	—	—	—									Zandzegge
<i>Festuca rubra</i>	—	—	—									Rood zwenkgras
<i>Frangula alnus</i>	—	—	—									Vuilboom (Sporkhout)
<i>Sorbus aucuparia</i>	—	—	—									Lijsterbes
<i>Festuca ovina</i>	—	—	—									Schapegras
<i>Russula ochroleuca</i>	—	—	—									Gele gladrandrussula
<i>Cantharellus aurantiacus</i>	—	—	—									Valse hanekeam (doorterswam)
<i>Pseudoscleropodium purum</i>	—	—	—									Groot laddermos
<i>Carex pilulifera</i>	—	—	—									Pilzegge
<i>Agrostis tenuis</i>	—	—	—									Gewoon struisgras
<i>Dryopteris spinulosa</i>	—	—	—									Smalle stekeivaren
<i>Vaccinium myrtillus</i>	—	—	—									Gewone bosbes
<i>Dryopteris austriaca</i>	—	—	—									Brede stekeivaren
<i>Epipedium angustifolium</i>	—	—	—									Wilgeroosje
<i>Rumex acetosella</i>	—	—	—									Schapezuring
<i>Lonicera periclymenum</i>	—	—	—									Kamperfoelie
<i>Rubus fruticosus</i>	—	—	—									Braam

<b>Aanwezigheid</b> Presence	<b>Bedekkingsgraad</b> Abundance
— soms occasional	zeer spaarzaam very rare
— — niet steeds occasional	zeer spaarzaam very rare
— soms occasional	gering low
— — niet steeds occasional	gering low
— — — steeds inherent	wisselend varying
— — — — steeds inherent	> 5%

Fig. 3. Schematisch overzicht van het voorkomen van de belangrijkste plantesoorten in de dennenbosgemeenschappen op stuifzandgronden bij Kootwijk. De vegetatietypen worden beschreven in 4.2. (Bedekkingsgraad: abundantie/bedekking).

Fig. 3. Diagram of the most important plants, mosses and fungi in the pine-forest communities on blown sand soils near Kootwijk. See for explanation of the codes of the vegetation types 4.2. (Abundance: abundance/cover).

ren. Bovendien kan eenvoudig met gemeten of geschatte bedekking, frequentie en andere analytische gegevens rekening gehouden worden.

Tussenvormen tussen de tabellenmethode en de puur statistische correlatieberekening zijn gegeven door Guinochet (1955) en ook door Bannink, Leijs en Zonneveld (in voorbereiding) uitgewerkt. Bij grote aantallen opnamen kan het gebruik van ponskaarten de procedure vergemakkelijken. De praktijk leert, dat een honderd opnamen ongeveer het maximum vormt dat in een tabel is te verwerken; met behulp van ponskaarten kan men verder gaan, hoewel dit het beoordelen van iedere opname op zichzelf bemoeilijkt.

In deze studie is de tabellenmethode gebruikt in combinatie met een ponskaartenstelsel. Ruim 750 opnamen uit *Pinus*- en *Larix*-bossen en ongeveer 300 uit Douglas- en Sparrenbossen zijn daarbij verwerkt. Bovendien werden van ruim 700 plekken bodembeschrijvingen gemaakt en bij ruim 600 opnamen de boomhoogten gemeten, in de Douglas- en Sparrenbossen op vrijwel alle plekken. De oppervlakte van de plekken was meestal 100 m<sup>2</sup>, wat in het algemeen nog juist groot genoeg bleek te zijn. Buiten een plek waargenomen soorten werden ook genoteerd.

Het aantal opnamen was te groot om het basismateriaal te publiceren. Een voorbeeld in geschematiseerde vorm geeft figuur 3. De oorspronkelijke analytische cijfers (bedekking, abundantie, presentie) zijn in lengte en dikte van de lijnen uitgedrukt. Daar slechts opnamen uit een beperkt gebied (Kootwijker zand) in de figuur zijn verenigd, zijn niet alle vegetatie-eenheden die in deze publikatie zijn gebruikt erin opgenomen. Daarentegen komen er enkele meer gedetailleerde onderverdelingen in voor die in het algemene overzicht (zie hoofdstuk 5) ontbreken, omdat ze slechts voor plaatselijk gebruik in dat gebied van belang waren<sup>1</sup>.

### 1.3 Bepaling van de sociologische groepen

Figuur 3 laat zien dat verscheidene soorten een gelijke of verwante positie innemen: hun optreden is duidelijk positief gecorreleerd; men spreekt hier van 'sociologische groepen'. De verst uiteenstaande groepen tonen daarentegen een negatieve correlatie.

Dergelijke sociologische groepen (of soortencombinaties) kunnen dus dienen ter karakterisering van vegetatie-eenheden: in plaats van met combinaties van enkele soorten kan men nu de eenheden typeren door combinaties van sociologische groepen.

De resultaten van een dergelijke tabellarische verwerking, in combinatie met randponskaartenonderzoek maakten het mogelijk, alle niet al te schaars in de onderzochte opstanden voorkomende taxa in sociologische groepen onder te brengen (zie hoofdstuk 3). Vooral bij de eerste aanloop speelde vergelijking van de beschreven vegetatietypen met in de literatuur vermelde eenheden, een belangrijke rol (hoofdstuk 2). In hoofdstuk 4 zijn de resulterende vegetatie-eenheden beschreven.

1. Onder R1 is ook de variant R1(m) opgenomen die vrijwel met R1 overeenkomt, maar op de vegetatiekaart (figuur 6a) afzonderlijk is onderscheiden op het voorkomen van *Sieglingia decumbens* en *Betula pubescens*.

## 1.4 Bepaling van de oecologische groepen

Zoals gezegd kan voor een eerste rangschikking een gemeten milieufactor als leidraad gebruikt worden. Wanneer deze sterk domineert, een hoofdfactor is (of wat meestal het geval is: een dominerend factorencomplex), dan zijn, zonder verder statistisch correlatie-onderzoek tussen de soorten onderling, naast de volgorde, ook de oecologische plantengroepen bepaald. Bij Zonneveld (1960) zijn duidelijke voorbeelden hiervan te vinden. Ook door frequentie-onderzoek kan voor iedere soort de samenhang met milieufactoren worden gemeten (zie Bannink, Leijs en Zonneveld, in voorbereiding).

Eveneens kan men, nadat men de sociologische groepen heeft vastgelegd, de vegetatie-eenheden binnen iedere nauwverwante groep verder rangschikken naar een milieugradiënt zoals grondwaterstand, kaligehalte van de grond, e.d. Indien verschillen in de soortencombinatie dan parallel lopen met zo'n gradiënt, kan men in de tabel groepen onderscheiden van soorten die op deze verschillen reageren. Tüxen beschrijft deze methode als de 'Koinzidenz Methode'; daarbij 'ijkt' men de vegetatie op die bepaalde milieufactor. Een dergelijke ijking moet binnen een beperkte, nauw verwante groep van vegetatietypen worden uitgevoerd, waarbinnen dus het complex van milieufactoren ook nauw verwant is: één bepaalde milieufactor kan namelijk een verschillend effect hebben naarmate andere factoren mede in het spel zijn (men denke b.v. aan ionenantagonisme, nevenwerking, interacties, e.d.).

Daar het samengaan van een bepaalde vegetatie met bepaalde gemeten chemische of fysische grootheden niet beslist causaal bepaald hoeft te zijn, gebruikt Tüxen voorzichtigheidshalve het begrip 'Koinzidenz'. Van geval tot geval dient men uit te maken in hoeverre uit de coïncidentie tot causale correlatie besloten mag worden.

In navolging van Ellenberg (1956) zijn de volgens deze methoden gevonden groepen oecologische groepen te noemen. Het verschil tussen oecologische en sociologische groepen komt dus uitsluitend voort uit de wijze van benadering: de eerste worden vastgesteld door correlatie-onderzoek tussen planten en milieu, de laatste door statistisch correlatie-onderzoek uitsluitend tussen de planten onderling.

Het valt niet moeilijk in te zien, dat bij een volmaakte analyse en synthese oecologische groepen en sociologische groepen uiteindelijk identiek moeten zijn. Inderdaad geven Bannink, Leijs en Zonneveld (in voorbereiding) daarvan voorbeelden. De groepen, zoals door ons opgesteld, noemen we dan ook socio-oecologische groepen.

In de praktijk blijkt dat bij de meeste auteurs het vaststellen van groepen berust op gelijktijdige toepassing van beide principes, waarbij nu eens het ene dan weer het andere overheerst. Het is gebleken, dat men met een zuiver oecologische ijking nooit tot een volledige classificatie kan komen.

De moderne automatische rekenmethoden bieden de mogelijkheid tot correlatie-onderzoek tussen milieu en soortencombinaties; helaas was hiervoor echter geen tijd en geld meer beschikbaar. (Het onderzoek werd afgesloten in 1966).

## 1.5 Socio-oecologische reeksen

Een belangrijk verschijnsel bij de tabellenmethode verdient nog aandacht. De rangschikking van de vegetatietypen naar de soortencombinatie is ondubbelzinnig. Zowel de tabellen- als de ponskaartenmethode heeft onthuld dat er een 'door de natuur gegeven' rangschikking bestaat. In het gegeven voorbeeld is er duidelijk slechts één volgorde in de vegetatie-eenheden mogelijk, in andere gevallen kunnen er 'aftakkingen' bestaan. Maar ook dan kan men de eenheden niet willekeurig door elkaar zetten. In figuur 3 verschillen de uiteinden duidelijk, maar de tussenliggende plantengemeenschappen vormen een reeks van geleidelijke overgangen.

Voor zulke tabellarisch gevonden reeksen moet worden verondersteld dat ze worden bepaald door milieufactoren, dat ze dus niet alleen sociologische maar ook oecologische reeksen zijn. Nog zonder de oorzaak van het verschil in vegetatie vast te stellen dwingt het reekskarakter al tot de conclusie, dat deze factoren verlopen als één of meer gradiënten. Dat wil zeggen: mocht het lukken de bepalende factoren voor de uitersten op te sporen, dan mogen ze in het tussenliggende gebied geïnterpoleerd worden. In hoofdstuk 5 zal veelvuldig van deze mogelijkheid gebruik worden gemaakt.

## 1.6 Methoden van oecologische inventarisatie en onderzoek

In dit hoofdstuk is gezegd, dat het doel van het onderzoek was een instrument te verschaffen voor een oecologische inventarisatie (het bepalen van de boniteit) van naaldhoutbossen. Dat instrument is de classificatie van de ondergroei van het bos. De ontwikkelde methode leert hoe men dat instrument moet 'aflezen', op iedere plaats waarvan men iets wil weten. Dit kan een onderdeel van een perceel zijn. Ook kan men kaarten maken waarop vlaksgewijze 'aflezing' mogelijk is.

Het instrument moet geïjkt worden. Dat wil zeggen: men moet de aflezing vergelijken met de resultaten van andere betrouwbaar gebleken meetmethoden. IJken veronderstelt dus het aanwezig zijn van zulke andere betrouwbare methoden.

Men kan bij het meten onderscheid maken tussen directe en indirecte methoden. De groeiplaats (het milieu) omvat een complex van factoren, ieder in principe fysisch, chemisch en biochemisch te beschrijven. Men kan dus proberen het groeiplaatscomplex met behulp van fysische en chemische methoden uiteen te rafelen. Er doen zich daarbij echter twee moeilijkheden voor:

- a. De factoren werken niet ieder op zichzelf, maar beïnvloeden elkaar onderling in een uiterst complex, geïntegreerd geheel. De oecologische en landbouwscheikundige literatuur geven daarvan vele voorbeelden, waarop hier niet behoeft te worden ingegaan.
- b. De werking van de afzonderlijke factoren is vaak uiterst moeilijk te meten, onder meer omdat ze vaak wisselend zijn met de tijd en de plaats. Men denke daarbij aan klimaatparameters, aan de complexiteit van een uit lagen en structurelementen opgebouwd bodemprofiel, aan schommelingen van de grondwaterstand en het verloop van de vochtverdeling in de grond, aan de invloed van de macro- en microfauna in de

grond en er boven.

Wat de chemische aspecten betreft: de opneembaarheid van voedingsstoffen uit de bodem is een probleem, dat in de landbouwscheikunde nog lang niet bevredigend is opgelost. In de meeste gevallen is het een hachelijke zaak aan de hand van bodemanalysen conclusies te trekken over beschikbaarheid van de voedingsstoffen voor de verschillende plantesoorten op een proefplek.

De praktijk leert dan ook dat men zich, mede om de onder a en b genoemde redenen, bedienen moet van indirecte methoden<sup>1</sup>. Hiermee meet men dus een totaal effect van het complex van milieufactoren. Duidelijke voorbeelden hiervan zijn het houtvolume, de groeisnelheid of de hoogte van de bomen per leeftijdsklasse als uitdrukking voor de groeiplaatsboniteit. Ook kan men een enkelvoudige factor op indirecte wijze trachten te benaderen. Bijvoorbeeld: uit de gleyverschijnselen in de bodem is het grondwaterregime af te leiden, iets dat in principe meetbaar (ijkbaar) is.

Het probleem van de in het begin van deze paragraaf genoemde ijking treedt dus op bij het vergelijken van een indicatie van het milieu, gegeven door de vegetatie, met indicaties, gegeven via andere instrumenten, die evenmin direct meten. Hoe moeilijk het is directe waarnemingsmethoden te ontwikkelen blijkt in hoofdstuk 5; een werkelijk causale benadering kan met de beschikbare hulpmiddelen misleidend zijn.

Naast chemische analyses, fysische metingen en meer kwalitatieve beschrijvingen verdient een bijzondere onderzoeksmethode de aandacht: kartering. De kaartbeelden van onderdelen van het landschap (bodem, vegetatie, enz.) bevatten een grote hoeveelheid informatie over het milieu, niet zozeer door de in de kaartlegenda gegeven beschrijvingen als wel door het kaartpatroon, het figuratieve samenvallen van eenheden van verschillende typen kaarten.

Een bodemkundige met karteringservaring kan, zonder de legenda van een bodemkaart in extenso te lezen, al uit de configuratie een indruk krijgen van de aard van de gronden. Voorbeelden, voor niet-bodemkundigen ook duidelijk, zijn riviersedimenten, berglandschappen, semi-aride omstandigheden, enz. Een horizontaal verbreidingspatroon van bodem-eenheden (en mutatis mutandis ook van vegetatie-eenheden) geeft informatie van andere aard, maar een die niet minder belangrijk is dan het verticale patroon (het bodemprofiel) en de bodemanalyse. Karteren is een onderzoeksmethode, die tevens kan dienen als overdrachtsmiddel naar de gebruiker.

Is de kaart op zich zelf al een belangrijk hulpmiddel bij onderzoek, het vergelijken van verschillende kaarten geeft er een nieuwe dimensie aan. Zoals men het uiterlijk van een plant kan vergelijken met de chemische analysecijfers van de bodem onder deze plant om daaruit conclusies te trekken over eventuele causale verbanden, zo kan men ook bodem- en vegetatiekaarten met elkaar vergelijken om te komen tot een beter begrip van de op beide kaarten onderscheiden eenheden en om verbanden tussen beide indelingen op te sporen.

1. De toepassing van de bemestingsleer is in hoofdzaak nog empirisch, doordat het factorencomplex een sterk geïntegreerd karakter heeft dat voorlopig alleen 'finaal' (in zijn algehele uitwerking) benaderd kan worden. Het effect moet op bemestingsproefvelden vastgesteld en gecontroleerd worden.

## 1.7 Methoden voor het vergelijkend bestuderen van kaartbeelden

Men kan kaartbeelden op twee manieren vergelijken :

- a. aan de hand van de kaartpatronen, waartoe de kaarten zo gekleurd moeten worden, dat b.v. de bodemkaart en de vegetatiekaart zoveel mogelijk op elkaar lijken (de resultaten van manier b zijn daarvoor een goede richtlijn);
- b. door berekening van de mate van samenvallen van de verschillende bodem- en vegetatie-eenheden.

Voor een exacte vergelijking wordt over de kaarten een puntenraster gelegd met een dichtheid afhankelijk van kaartpatroon en gewenste nauwkeurigheid (één punt per  $\text{cm}^2$  kaart is goed bruikbaar). Genoteerd wordt dan welk percentage van de punten die binnen één vegetatie-eenheid vallen, binnen de diverse bodemeenheden voorkomen en omgekeerd. Deze methode kan ook worden toegepast, wanneer men beschikt over een groot aantal opnamen van proefvlakken, waar bodem en vegetatie (en opstand) gelijktijdig zijn opgenomen.

Figuren of tabellen waarin de mate van voorkomen van de vegetatietypen per bodemeenheid is aangegeven, zullen in het vervolg 'vegetatiespectra' worden genoemd. Deze komen, telkens voor één bodemeenheid, tot stand door in tabel 1 in horizontale richting te tellen hoeveel van het totaal aantal waarnemingen op deze bodemeenheid ( $n_1$  enz.) door elk vegetatietype ( $V_1$  enz.) wordt ingenomen. Op analoge wijze zijn vertikaal in de kolommen de bodemspectra, d.w.z. de verdelingen van de vegetatietypen, over de bodemeenheden ( $B_1$  enz.) af te lezen.

Wil men in plaats van over aantallen over procenten beschikken, dan zijn er twee mogelijkheden. Men kan het aantal waarnemingen òf per regel ( $n_1$  enz.) of per kolom ( $N_1$  enz.) telkens op 100 stellen. Met de gegevens van tabel 1 (1) is beide geschied, waardoor de tabellen 1(2) en 1(3) zijn verkregen. Uiteraard is de som van de percentages in de niet-gekozen richting dan niet gelijk aan 100 (tenzij bij toeval).

Zet men vervolgens de bodemeenheden in horizontale en de vegetatietypen in verticale richting uit dan verkrijgt men de bodemspectra in de vorm zoals deze in bijlage III zijn opgenomen.

In wezen bevatten al deze tabellen dezelfde informatie, alleen de rangschikking van de gegevens is verschillend. Welke methode gebruikt is, valt onmiddellijk te zien in grafiek of tabel uit de richting binnen de tabel waarin de som van de cijfers van ieder spectrum afzonderlijk 100 is.

Binnen de spectra werd de volgorde der eenheden zo gekozen dat een gradiënt optreedt. Een vegetatiespectrum moet dus altijd via een sociologische reeks of, indien bekend, een oecologische reeks worden gerangschikt, een bodemspectrum via in de bodem bekende of veronderstelde oecologische gradiënten.

Omgekeerd kan, als resultaat van deze vergelijkingsmethode, de voorstellingswijze door spectra oecologische reeksen aanduiden. Het 'ijken' van de bodem en vegetatie op elkaar met behulp van deze spectra zal aan de orde komen o.a. in 5.3 en 5.7.

Als vegetatietypen en bodemeenheden volledig samenvallen ontstaat geen spectrum. Dit komt zelden voor. Een overzicht van de mogelijkheden geeft figuur 4.



Tabel 1. Voorbeelden van verdelingen van combinaties van vegetatietypen (V) en bodemeenheden (B).

Bodemeenheden	(1) Aantallen waarnemingen				Procentuele verdeling van de aantallen waarnemingen										
					(2) vegetatiespectra				(3) bodemspectra						
	V1	V2	V3	V4	tot.	V1	V2	V3	V4	tot.	V1	V2	V3	V4	tot.
B1	150	50	0	0	n1	75	25	0	0	100	50	25	0	0	75
B2	120	60	20	0	n2	60	30	10	0	100	40	30	20	0	90
B3	30	70	30	20	n3	20	47	20	13	100	10	35	30	40	115
B4	0	20	50	30	n4	0	20	50	30	100	0	10	50	60	120
totaal	N1	N2	N3	N4		155	122	80	43		100	100	100	100	100
Soil units	(1) Number of observations					(2) vegetation spectra					(3) soil spectra				
	Percent distribution of observations					Percent distribution of number of observations									

Table 1. Examples of distributions of combinations of vegetation types (V) and soil units (B).

Fig. 4. Voorbeelden van afwijkingen tussen bodem- en vegetatiekaart als gevolg van *Technische karteringsfouten*:

a. oriëntatiefouten

b. verkeerde beoordeling van de in het veld aangetroffen bodem- of vegetatie-eenheid

*Classificatieverschillen*:

c. arbitraire begrenzing van de bodem- of vegetatie-eenheden

*Reële verschillen*:

d. 'analoge' bodems (volgens Pallman), bodemkundig duidelijk verschillend maar voor de vegetatie blijkbaar gelijkwaardig

e. ongeclassificeerde bodemverschillen, moeilijk meetbaar of slechts matig gecorreleerd met andere wel meetbare eigenschappen, maar duidelijk zichtbaar aan de vegetatie

f. buiten de bodem gelegen milieufactoren, zoals die in het klimaat, of ontstaan door menselijke invloeden, die de vegetatie wel veranderen maar de bodem niet (vergelijk b).

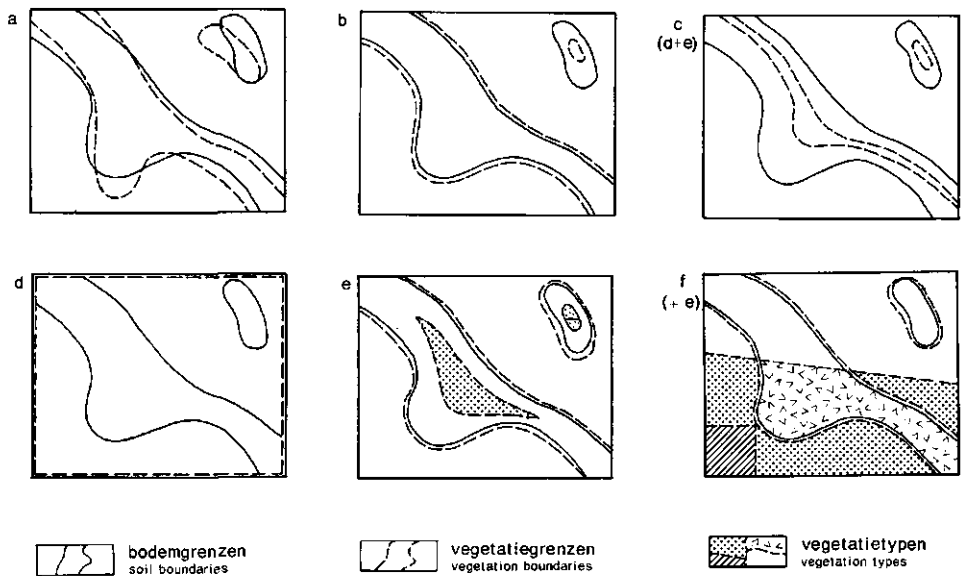


Fig. 4. Examples of differences between soil or vegetation caused by *Technical errors in surveying*:

a. faulty determination of location

b. faulty determination of the soil unit or vegetation type in the field

*Differences in classification*:

c. arbitrariness of delimitations between recognized soil or vegetation units

*Genuine differences*

d. 'analogue' soils (cf. Pallman), different soil units but obviously ecologically identical for the vegetation

e. unclassified difference in the soil, evident in the vegetation but as yet unknown or not sufficiently apprehendable to warrant recognition of separate soil units

f. non-pedological ecological factors, e.g. in the climate, or due to the influence of man.

Uit het kaartbeeld kan, in niet te gecompliceerde gevallen, met meer of minder grote waarschijnlijkheid worden opgemaakt tot welke van de bovengenoemde rubrieken de oorzaak van de afwijking behoort. Figuur 4 geeft hiervan een aantal voorbeelden.

## 2 Classificatie van de vegetatie in kunstmatige dennenbossen in de literatuur

De classificatie van de vegetatie in kunstmatige dennenbossen kan vergeleken worden met die van natuurlijke bossen. Over de laatste hebben de Oostduitse Scamoni (1960) en Passarge (1962) en de Pool Matuszkiewics (1962) geschreven. Het systeem van de laatste, dat alle natuurlijke Midden- en Noordepartse *Pinus*-bossen omvat, leende zich het beste voor zo'n vergelijking. Het bleek, dat onze armste bossen redelijk overeen komen met de meest westelijke *Pineta* (het *Leucobryo Pinetum*), maar bij de rijkere bossen was het moeilijker verwantschap vast te stellen. Sommige auteurs behandelen kunstmatige, aangeplante bossen in een apart systeem van 'Forstgesellschaften' (Cultuurbosgezelschappen).

In het volgende zullen de verschillende classificaties landsgewijze worden besproken.

*Nederland* Hier zijn, voor zover was na te gaan, de eerste onderzoeken naar de vegetatie van naaldhoutbossen gedaan door toenmalige studenten aan de Landbouwhogeschool in Wageningen rond de jaren 1935–1940. De resultaten zijn echter nooit gepubliceerd en slechts in niet of moeilijk toegankelijke scripties vastgelegd (zie ook Westhoff, 1958; voor karteringen: Westhoff, 1954). Het gaat hier o.a. om een studiekartering van Vlieger op het landgoed Oranje Nassauoord bij Renkum en een onderzoek van H. Kuipéri naar de ontwikkeling van de vegetatie onder invloed van de betrekkelijk recent aangeplante dennenbossen in de Kootwijkse zandverstuivingen.

De eerste Nederlandse publikatie waarin naaldbosvegetaties zijn beschreven is van Westhoff & Westhoff-de Joncheere (1942) in verband met een onderzoek naar verspreiding en nestoecologie van mieren, die echter niet bedoeld was als basis voor een synsystematiek.

De eerste vegetatiekaart waarop groeitypen van dennenbos zijn weergegeven is van Westhoff (1957) voor het landgoed Middachten. Daarbij worden acht eenheden onderscheiden en summier beschreven die ongeveer met ons vegetatietype H1 en de volgende varianten ervan: de *Vaccinium-myrtillus* variant, de *Leucobryum glaucum* variant, de vochtvarianten met *Erica tetralix*, met *Molinia caerulea* en veel *Polytrichum commune*, de vocht-plus-*Vaccinium-myrtillus* variant en een *Deschampsia flexuosa* variant. In navolging van Tüxen spreekt Westhoff van cultuurbosgezelschappen ('Forstgesellschaften') ter onderscheiding van de natuurbosgezelschappen ('Waldgesellschaften'). Hij beschouwt alle onderscheiden eenheden als behorend tot één associatie in het algemene Europese systeem van de school van Braun-Blanquet, het *Querceto roboris-Betuletum* (= *Quercu-Betuletum* van Doing, 1963).

De schrijver veronderstelt dat de cultuurbosvegetaties minder scherp op het milieu

reageren dan de natuurlijke (ze zouden een bredere oecologische amplitudo hebben). Ander oecologisch onderzoek dan een globale vergelijking met de bodemkaart is niet gedaan; evenmin was boniteitsstudie in het onderzoek betrokken.

Een in synsystematisch opzicht interessante publikatie is die van Westhoff, Mörzer-Bruyns & Segal (1959). In dit artikel vergelijkt men de ondergroei van dennenaanplantingen langs de Nederlandse kust met die van de natuurlijke *Pinus*-bossen in Schotland. Daarbij wordt erop gewezen dat er een zekere verwantschap tussen beide bestaat. Het kunstmatig aangeplante naaldhout schept milieuvorwaarden voor enkele soorten, die vóór deze aanplant in Nederland geheel of nagenoeg geheel ontbraken: *Goodyera repens*, *Linnaea borealis*, *Lycopodium annotinum*, *Listera cordata*, *Plagiothecium undulatum*, *Ptilium crista-castrensis*. Westhoff stelt dat de dennenbossen, b.v. die op het kalkarme waddeneiland Terschelling, bezig zijn zich te ontwikkelen in de richting van een goed gedefinieerde associatie, behorend tot een van de verbonden van de natuurlijke dennenbossen (*Piceion septentrionale*).

In het systeem van Doing (1963), worden oude dennenbossen met een dergelijke soortcombinatie beschouwd als behorend tot een 'menschlich bedingte Waldassociation', die dan synsystematisch tot het *Vaccinio-Piceion* gerekend zou kunnen worden. Dit verbond zou volgens Nederlandse opvattingen (zie Doing, 1963; Westhoff 1958), samen met de armere loofbosvegetaties, tot de klasse *Querco-Piceetea* moeten worden gerekend wat dan een bevestiging zou zijn van de Nederlandse (trouwens ook Oostduitse) opvatting dat de vegetatie van de arme loofbossen zeer nauw verwant is met de naaldbosvegetatie. Het is interessant dat iets soortgelijks te zien is bij de akkeronkruidvegetaties, waarbij een min of meer kunstmatig milieu een van nature ontbrekende natuurlijke associatie kan 'aantrekken'. In analogie met het begrip neofyt, zou hier van een *neo-associatie* gesproken kunnen worden.

Stapelveld (1956, zie ook 1955) maakte een studie van de bodemvegetatie van *Larix*-bossen in Drenthe in verband met de chemische en fysische bodemgesteldheid en de boniteit van de opstanden. Hij onderscheidt drie hoofdeenheden (*Corydalis-Larix*-, *Festuca-Larix*- en *Dicranum-Larix*-type) die weer in droogte- en vochtvarianten worden gesplitst. Deze indeling past geheel in de onze. Ook de correlatie tussen vegetatietype en boniteit in afhankelijkheid van de vochtigheid van de bodem is volledig in overeenstemming met wat wij voor *Pinus* hebben gevonden. Hetzelfde geldt voor de correlatie tussen vegetatie en eutrofie. Op grond van de publikatie van Stapelveld, en aangevuld met eigen ervaring, mag dan ook geconstateerd worden dat zowel de onderverdeling van de ondergroei als de indicatorische waarde ten aanzien van het milieu voor *Pinus*- en *Larix*-ondergroei nagenoeg gelijk is.

Van het overige vegetatieonderzoek in naalddhoutaanplantingen dient Van der Werf (1962) genoemd te worden. Hij beschreef de successie in dennenbosondergroei op de Sijsselt bij Ede. Verder bestaan er ongepubliceerde groeiplaatsonderzoekingen van Burger in Douglasbossen bij Putten, van Koops over de vegetatiekartering van de Oostereng, van Van der Werf, over vegetatiekartering op de Hoge Veluwe en onderzoekingen van Van Goor en zijn medewerkers aan het Bosbouwproefstation te Wageningen.

Ten slotte belichten, soms in gedetailleerde vorm, soms meer globaal, de publicaties van Zonneveld & Leijs (1961, 1963), van Leijs (1964, 1965), van Zonneveld & Leijs (Speulde, in voorbereiding), van Zonneveld (1961, 1966), van Bannink & van Lynden (in voorbereiding) en een aantal interne rapporten van de schrijvers enige facetten van het bovenstaande.

*België* De wijze waarop aldaar de naaldbosvegetatie wordt bestudeerd en gekarteerd blijkt uit de publikaties van Traets (1959, 1960) en van Rogister (1955). Naast de resultaten van een vegetatiekartering geven ze een interessante analyse van de vegetatie en de veranderingen die daarin optreden bij bebossing, bij de verschillende groeifasen van de opstand, bij kaalkap etc. Beide auteurs denken de (kunstmatige) naaldbosopstand weg en vergelijken de vegetatie met de, als natuurlijk beschouwde, synsystematische eenheden volgens het systeem Braun-Blanquet. De naaldbosvegetaties behoren dan ten dele bij heide en stuifzand-associaties (*Corynephorum*, *Callunetum*, e.d.), ten dele bij kaalkap-associaties (*Epilobietum* e.d.) en ten dele bij loofbos-associaties (b.v. het *Querc(et)-oBetuletum*). Op de kaarten van Traets zijn de naaldbossen slechts herkenbaar aan een ondergeschikt symbool ('bijzondere onderscheiding'). De kaartkleur en het symbool van de hoofdlegenda geven de stuifzand-, heide- of loofbosassociatie aan, waarin de dennen als vreemde elementen geacht worden aanwezig te zijn.

Voor een vruchtbare, enigermate gedetailleerde studie van de correlatie met milieufactoren, die voor de praktijk van de bosbouw belangrijk zijn, lijkt deze benadering minder geschikt. Voor een globale landschapsstudie (zoals de kaarten van Traets, die deel uitmaken van de systematische vegetatiekartering van België) kan deze methode enige voordelen bieden. De door ons gevolgde werkwijze, die aansluit bij die van Westhoff, Stapelveld, Van Goor, en de hieronder te bespreken Duitse onderzoekers, verdient meer aanbeveling. Dat de Belgen tot hun methode zijn gekomen is echter te begrijpen: ze kregen de opdracht een systematische kartering voor het gehele land uit te voeren op een moment dat veel van de systematische problemen nog niet opgelost waren. In dit licht gezien is de door hen gekozen werkwijze zeer redelijk.

*Duitsland* Reeds vóór 1960 hebben in Duitsland onderzoekers zich bezig gehouden met de ondergroei van dennenbos. De 'Bundesanstalt für Vegetationskartierung' onder leiding van Tüxen ontwikkelde voor de naaldbossen een speciaal systeem los van dat voor de als natuurlijk beschouwde bossen. Tüxen & Ellenberg (zie Meisel-Jahn, 1955, en Tüxen, 1950) voerden het begrip 'Forstgesellschaft' in voor de vegetatie die, als tegenhanger van de natuurlijke 'Waldgesellschaften', voorkomt onder kunstmatige naaldbossen. Hieronder vallen ook de dennenbossen die in West-Duitsland, evenals in Nederland, over grote oppervlakten zijn aangeplant, op plaatsen waar de Grove den zich spontaan niet zou vestigen of althans niet handhaven.

De ideeën van verschillende onderzoekers (zie o.a. Buchwald, 1951; Jahn, 1952; Seibert, 1953) werden door Meisel-Jahn (1955) tot een algemeen systeem voor West-Duitsland uitgewerkt dat in principe ook in ons land toegepast zou kunnen worden

daar het Nederlandse deel van de Noordwest-Europese laagvlakte slechts weinig verschilt van het Duitse. Weliswaar is ons klimaat meer atlantisch getint, maar de belangrijkste diagnostische soorten waarop het systeem van Meisel-Jahn is gebouwd komen ook hier voor en wijken hoogstwaarschijnlijk weinig af in hun reactie op de bodemgesteldheid.

Het uitgangspunt van de indeling van Meisel-Jahn is de plantengemeenschap die aanwezig was vóór het dennenbos werd aangeplant (de 'Vorgesellschaft'). Zo verenigt Meisel-Jahn alle *Pinus*-bossen die uit heidebebossing ontstaan zijn (en geacht worden daarvan de sporen te tonen in de huidige vegetatie) tot een hoofdgroep: de '*Dicranum-Hypnum*-Kiefernforsten'. Alle op oorspronkelijke loofbosstandplaatsen aangeplante *Pinus*-bossen zouden kenmerken dragen van de andere hoofdgroep: de '*Dryopteris-Hypnum*-Kiefernforsten'. Alle op stuifzand aangelegde bossen worden tot de '*Cladonia*-Kiefernforsten' gerekend. Samen vormen deze drie hoofdgroepen de '*Hypnum*-Kiefernforsten', tegenover de '*Oxalis*- en *Lysimachia*-Kiefernforsten' op zeer rijke gronden.

De tekst van haar publikatie bevat verder vele zeer waardevolle feiten en beschouwingen over de oecologische indicatiewaarde van de eenheden. Daarbij blijkt o.a. dat door bepaalde maatregelen de invloed van de toestand van vóór de bebossing kan vervagen. Dat deze toestand desondanks toch als genetische leidraad is gehandhaafd, geeft iets gewrongens aan het systeem.

De overzichtelijkheid van dit systeem wordt sterk geschaad door de veelheid van hiërarchische trappen en andere onderscheidingen, zoals hogere en lagere groepen van 'Gesellschaften', 'Untergesellschaften', 'Ausbildungen', 'Formen' en 'Phasen', die alle 'rein' of niet 'rein' kunnen zijn. Ongetwijfeld zijn ze alle goed doordacht en berusten ze op gedegen feitenmateriaal. Toch maakt het geheel een te theoretische indruk. Maar zelfs al zou alles perfect zijn, dan nog eist het systeem te veel van de praktische bosbouwer.

Daar komt nog bij, dat het voor de in Nederland zo belangrijke stuifzanden minder juist is (althans: de oecologische conclusies zijn hier onduidelijk). Verder komen de atlantische en noordelijke invloeden, die in Nederland merkbaar zijn, niet tot uiting; ze zijn in het sterk hiërarchisch ingerichte systeem bovendien moeilijk in te passen.

Het belangrijkste bezwaar geldt echter de hoofdleidraad: de indeling is gebaseerd op de voorgeschiedenis van de bebossing. Het is dan ook voornamelijk op dit punt dat ons systeem afwijkt van het Duitse. Bovendien bevat ons systeem slechts twee essentiële hiërarchische categorieën: typen en varianten, tegenover de vele van het Duitse systeem.

Dit alles neemt niet weg, dat het systeem van Meisel-Jahn van zeer groot nut is geweest bij de opbouw van ons systeem; vele eenheden bleken uitstekend vergelijkbaar.

De publikaties van de Oostduitse onderzoekers Scamoni (1960), Passarge (1962), Kopp (1956), Grosser (1964) en Passarge & Hoffman (1964) zijn eveneens van belang voor ons onderwerp, hoewel men voorzichtig moet zijn met het maken van vergelijkingen. Oost-Duitsland heeft namelijk een meer continentaal klimaat dan Nederland en er komen dan ook natuurlijke *Pinus*-bossen voor. De Oostduitse auteurs onder-

scheiden 'Forstgesellschaften' in de bovenvermelde zin. Verder werken ze met sociologische soortengroepen die weliswaar gedeeltelijk afwijken van de onze (door verschillen in klimaat en door de opzet van het systeem), maar die toch ook hebben bijgedragen tot de typering van onze eenheden.

Passarge bepleit bij het opnemen van de 'Forstgesellschaften' (voor zover ze betrekking hebben op *Pinus*-bossen) in het systeem van de natuurlijke bosgezelschappen het gebruik van de term 'Pseudo-Pineta'. Zo rekent hij *Cladonia*-rijke en *Dicranum-Hypnum*-bossen (eenheden nauw verwant aan onze A- en H-typen, zie hoofdstuk 4) tot het verbond van de natuurlijke *Pinus*-bossen (*Pinion sylvestris*). Eenheden die vergelijkbaar zijn met onze natte varianten van de A- en H-typen voegt hij echter als *Sphagno-Pseudo-Pinetum* bij het *Betulion pubescentis* (*Sphagno-Betuletalia*). De rijkere eenheden worden ondergebracht bij vergelijkbare hogere loofboseenheden.

Tüxen en zijn medewerkers hebben bestreden dat 'Forstgesellschaften' opgenomen kunnen worden in een systeem. Ze zouden geen kensoorten hebben, niet stabiel zijn, e.d. Wij zijn het met Passarge eens dat deze argumenten geen steek houden. Toch zijn er bezwaren. Hoe moet men bijvoorbeeld *Larix*-bossen en diverse donkere bossen zoals die van Douglas, *Picea* etc. aanduiden? De aanduiding *Pseudo-Pinetum* is hier verwarrend, hoewel de samenstelling van de ondergroei, zeker in de lichtere opstanden nauw verwant is met die in de *Pineta*.

Het probleem van het opnemen van de 'Forstgesellschaften' in het systeem van de natuurlijke bosgezelschappen (zie hoofdstuk 4), waarmee de synsystematiek o.a. in Duitsland, worstelt, is voor ons niet van groot belang, na de keuze van de mate van eutrofie als leidraad.

Het aangeven van de verwantschappen tussen onze vegetatietypen en bestaande natuurlijke systemen leverde weinig moeilijkheden op. Daaruit blijkt dat de zienswijze van Passarge zinvol zou kunnen zijn. Passarge geeft voorts, evenals Seibert (1953) in West-Duitsland, waardevolle cijfers omtrent de correlatie tussen boniteit en vegetatie. Deze sluiten aan bij onze bevindingen (zie hoofdstuk 5 en 6).

*Overig relevant onderzoek* In het voorgaande zijn alleen publikaties besproken, waarin aangeplante naaldbossen aan de orde kwamen. Verschillende andere onderzoekingen op het gebied van het verband tussen bos, bodem en vegetatie die van belang zijn voor ons onderwerp, zullen in de verdere tekst worden genoemd.

Eén waardevolle beschouwing, uit 1957, over groeiplaatsbonitering gebaseerd op bodem en vegetatie, die geheel bij onze gedachtengang aansluit, dient echter hier te worden genoemd. Ze is van de hand van de Zwitser Kuoch, (zie ook Scamoni, 1960; Kopp, 1956). Zijn hoofdgedachte, die ook aan onze publikatie ten grondslag ligt, is de noodzaak de verworvenheden van de bodemkunde en bodemkartering te combineren met die van vegetatiekunde en vegetatiekartering.

Tot dusver zijn voornamelijk de *Pinus*-bossen behandeld. Ook voor sparrenbossen en andere 'donkere' bossen kunnen Cultuurbosgezelschappen worden onderscheiden. Van een vergelijking van de donkere bosformatie met natuurlijke sparrenbossen is afgezien omdat de laatste in een klimaat voorkomen, dat zeer van het onze verschilt.



### 3 De socio-oecologische groepen

#### 3.1 Inleiding

Nagenoeg alle plantesoorten die in de coniferen-bossen bij ons onderzoek werden aangetroffen, konden op de in hoofdstuk 1 beschreven wijze ondergebracht worden in de hieronder te vermelden sociologische groepen.

Daarbij dient echter te worden opgemerkt, dat deze plaatsing voor sommige groepen (de groepen L15, L16, L20 en L21) nog een voorlopig karakter draagt, daar hij slechts berust op 25 opnamen in de duinen bij Overveen en Castricum, aangevuld met algemene indrukken opgedaan in dennenbossen op kalkrijke zanden en andere rijke gronden. Ook in de andere groepen zal zeker op den duur nog wel iets verschoven of onderverdeeld kunnen worden zodra meer gegevens en ervaring beschikbaar komen. Van wezenlijke betekenis kan dat echter niet zijn, daar de indeling op meer dan 700 opnamen berust en bovendien in diverse detailkarteringen is getoetst.

Bij de opstelling van de groepen is verder gebruik gemaakt van de indeling die Doing (1962, 1963) heeft opgesteld voor de Nederlandse loofbossen.

Bij elke groep is, voor zover mogelijk, in algemene termen iets meegedeeld over het vermoedelijke verband met milieufactoren zoals klimaat, bodem, hydrologie (mesologische oecologie). De wijze waarop dit verband werd vastgesteld is onder 5.3 en 5.7 vermeld (zie ook 1.7). De sociologische groepen in formatie L (de 'Lichte' opstanden), hebben dus ook een zekere waarde als oecologische groep. De groepen in formatie D (de 'Donkere' opstanden) kwamen op dezelfde manier tot stand, maar dank zij het produktieniveau-onderzoek voor Douglas (Van Goor, 1966) zijn hier meer gegevens bekend over de chemische bodemeigenschappen. Hiervan is tevens gebruik gemaakt bij de indeling, zodat er duidelijk sprake is van socio-oecologische groepen.

Met nadruk zij erop gewezen dat de mesologisch-oecologische gegevens bij de groepen D1 tot D11 betrekking hebben op gegevens verkregen *binnen* Douglas-bossen. Buiten dat bos is er een kans op verschuiving in gedrag van de planten. Vergelijk o.a. de groepen in de formaties L en D.

### 3.2 De sociologische groepen in lichte opstanden, vnl. van *Pinus* en *Larix* (formatie L)

**Groep L1** (*Cladonia*-groep): planten van extreem oligotrofe en/of droge, uiterst humusarme standplaatsen

a. overal voorkomend (\* = struikvormig korstmos, zgn. 'Rendiermos'):

*Cladonia impexa\**, *sylvatica* var. *sylvatica\** en var. *mitis\**, *foliacea*, *furcata\**, *macilenta*, *gracilis*, *floerkeana*, *coccifera* var. *pleurota*, *crispata\**, *squamosa\**, *tenuis\**, *uncialis\**; *Polytrichum piliferum*; *Dicranum spurium*; *Ptilium ciliare*; *Polytrichum juniperinum*; *Barbilophozia barbata*; *Cornicularia aculeata*.

b. op relatief humeuze gronden:

*Calluna vulgaris*; *Juniperus communis*.<sup>1</sup>

**Groep L2** (*Hypnum*-groep): planten betrekkelijk indifferent t.o.v. standplaats, maar dominant op oligotrofe tot matig mesotrofe gronden

*Hypnum cupressiforme*; *Dicranum scoparium*; *Dicranum polysetum*<sup>2</sup>; *Leucobryum glaucum*; *Pholia nutans*; *Campylopus flexuosus*; *Pleurozium schreberi*; *Lophocolea bidentata*; *Lophocolea heterophylla*; *Polytrichum formosum*<sup>2</sup>; *Plagiothecium undulatum*; *Plagiothecium laetum*; *Dicranella heteromalla*; *Ceratodon purpureus*; *Aulacomnium androgynum*; *Rhytidiadelphus loreus*.

**Groep L3** (*Vaccinium-Deschampsia*-groep): planten dominant in 'oudere' opstanden (resp. generaties) op oligotrofe tot mesotrofe standplaatsen

*Vaccinium myrtillus*; *Deschampsia flexuosa* (alleen dominant op meer mesotrofe gronden).

**Groep L4** (*Rumex-Festuca*-groep): planten van oligotrofe tot mesotrofe, overwegend droge tot zeer droge standplaatsen

a. overal voorkomend:

*Rumex acetosella*; *Festuca rubra*; *Luzula campestris*; *Agrostis canina* var. *arida* (ssp. *montana*); *Anthoxanthum odoratum*; *Carex pilulifera*; *Amelanchier laevis*; *Genista pilosa*; *Genista anglica*; *Festuca ovina*.

b. op nauwelijks geconsolideerd stuifzand en in bos, met gereduceerde vitaliteit of alleen vegetatief:

*Carex arenaria*; *Corynephorus canescens*; *Spergula vernalis*.

1. De plaatsing van deze soort in groep L1 is nog twijfelachtig; buiten het bos komt hij ook op rijkere gronden voor. Concurrentie (licht) kan de beperking tot de armste (open) typen bewerkstelligen.

2. Duidelijk optimum in vegetatietypen A2 en H1.

**Groep L5 (Sorbus-Prunus-groep):** planten van mesotrofe standplaatsen maar tevens op betrekkelijk oligotrofe en eutrofe gronden

*Sorbus aucuparia; Agrostis tenuis; Prunus serotina; Betula verrucosa; Quercus spec. div.*

**Groep L6 (Galium hercynicum-groep):** planten van duidelijk mesotrofe standplaatsen met brede amplitudo

a. overal voorkomend:

*Galium hercynicum (saxatile); Castanea sativa; Populus tremula.*

b. op oudere bos-standplaatsen:

*Maianthemum bifolium; Pteridium aquilinum.*

**Groep L7 (Dryopteris-groep):** planten van mesotrofe en matig eutrofe standplaatsen met nauwe amplitudo

*Dryopteris austriaca; Dryopteris spinulosa.*

**Groep L8 (Rubus 'fruticosus'-groep):** planten van mesotrofe tot eutrofe standplaatsen met brede amplitudo

*Rubus 'fruticosus'<sup>1</sup>; Pseudoscleropodium purum; Epilobium angustifolium; Holcus lanatus; Viola canina; Senecio sylvaticus; Veronica officinalis.*

**Groep L9 (Lonicera periclymenum-groep):** planten van mesotrofe tot eutrofe standplaatsen met optimale vochtvoorziening

*Lonicera periclymenum*

**Groep L10 (Holcus mollis-groep):** planten van mesotrofe (aan de rijke kant) en eutrofe standplaatsen

a. overal voorkomend:

*Holcus mollis; Corydalis claviculata; Hieracium umbellatum; Epipactis helleborine; Eurhynchium praelongum; Ilex aquifolium.*

b. alleen in oude bossen:

*Teucrium scorodonia*

1. Kortheidshalve voor *Rubus* sectie *Morifera* excl. ondersectie *Trivialis*.

**Groep L11** (*Rubus idaeus*-groep): planten van mesotrofe (aan de rijke kant) tot eutrofe standplaatsen met zeer gunstige vochthuishouding

*Rubus idaeus*; *Pyrola rotundifolia*; *Polypodium vulgare*; *Prunus avium*.

**Groep L12** (*Oxalis-Dryopteris filix-mas*-groep): planten van betrekkelijk eutrofe standplaatsen; de mossen kunnen lokaal (vooral op vers omgeweelde aarde) op meer mesotrofe gronden optreden

*Oxalis acetosella*; *Galeopsis tetrahit*; *Mnium hornum*; *Moehringia trinervia*; *Polygonatum multiflorum*; *Dryopteris filix-mas*; *Acer pseudoplatanus*; *Corylus avellana*; *Crataegus monogyna*; *Crataegus oxyacantha*; *Anemone nemorosa*; *Epilobium montanum*; *Stellaria holostea*; *Taxus baccata*; *Fragaria vesca*; *Atrichum undulatum*; *Solidago virgaurea*; *Luzula pilosa*; *Scrophularia nodosa*; *Viola riviniana*; *Hedera helix*; *Convallaria majalis*.

**Groep L13** (*Stellaria media*-groep): planten van eutrofe of anderszins (o.a. als gevolg van snel mineraliserende humus) steeds voedselrijke ruderaal plaatsen

*Stellaria media*; *Polygonum persicaria*; *Poa trivialis*; *Sonchus asper*; *Alopecurus pratensis*; *Rumex acetosa*; *Taraxacum 'officinale' s.l.*; *Cerastium holosteoides*; *Poa pratensis*; *Veronica serpyllifolia*; *Prunella vulgaris*; *Ranunculus acris*; *Senecio vulgaris*; *Brachythecium rutabulum*.

**Groep L14<sup>1</sup>** (*Urtica dioica*-groep): planten van extreem ruderaal gronden

a. overal voorkomend:

*Urtica dioica*; *Galium aparine*; *Cirsium arvense*; *Lamium album*; *Arctium lappa*; *Aegopodium podagraria*.

b. alleen op droge standplaatsen:

*Sambucus nigra*; *Solanum dulcamara*; *Humulus lupulus*.

**Groep L15<sup>1</sup>** (*Rubus caesius*-*Geranium robertianum*-groep): planten van diverse, zeer eutrofe (o.a. stikstofrijke), ruderaal en vochtige standplaatsen

*Rubus caesius*; *Geranium robertianum*; *Geum urbanum*; *Heracleum sphondylium*; *Melandrium rubrum*; *Anthriscus sylvestris*; *Equisetum hiemale*; *Ranunculus ficaria*; *Ribes sylvestre*; *Ribes uva-crispa*; *Stachys sylvatica*; *Listera ovata*; *Carduus crispus*; *Fraxinus excelsior*; *Symphytum officinale*; *Glechoma hederacea*; *Prunus padus*.

1. Voorlopige indeling van de soorten op eutrofe tot zeer eutrofe groeiplaatsen (L14, L15 en L16).

**Groep L16<sup>1</sup>** (*Torilis*-groep): planten van diverse zeer eutrofe tot ruderaal standplaatsen

*Torilis japonica*; *Aesculus hippocastanum*; *Pastinaca sativa*; *Senecio jacobaea*; *Galium verum*; *Picris hieracioides*; *Vicia cracca*; *Achillea millefolium*; *Linaria vulgaris*; *Plantago lanceolata*; *Cerastium arvense*; *Lotus corniculatus*; *Veronica chamaedrys*; *Viola odorata*; *Campanula rapunculoides*; *Cornus sanguinea*; *Prunus spinosa*; *Melica uniflora*; *Rosa canina*; *Dactylis glomerata*; *Ulmus spec. div.*; *Populus alba*; *Polygonum dumetorum*; *Galium mollugo*; *Carduus nutans*; *Viola tricolor*; *Symphoricarpos rivularis*; *Populus candicans*; *Viola hirta*; *Rhytidadelphus triquetrus*; *Mnium spec. div.*

**Groep L17** (Noordelijke groep<sup>2</sup>): op extreem arme gronden

*Vaccinium vitis-idaea*; *Cladonia rangiferina*.

**Groep L18** (Noordelijke groep<sup>2</sup>): op zeer arme en 'rijkere' gronden

*Empetrum nigrum*

**Groep L19** (Noordelijke groep<sup>2</sup>): niet op de allerarmste gronden

*Goodyera repens*; *Lycopodium complanatum*; *Listera cordata*; *Linnaea borealis*; *Dryopteris linnaeana*; *Lycopodium selago*; *Lycopodium annotinum*; *Lycopodium clavatum*; *Hylocomium splendens*; *Ptilium crista-castrensis*; *Vaccinium uliginosum*; *Pyrola minor*.

**Groep L20** (*Calamagrostis epigejos*-groep): planten van ongeconsolideerd, relatief rijk (duin)zand

- a. zich nog lang handhavend in geconsolideerd zand;  
*Calamagrostis epigejos*; *Cynoglossum officinale*; *Tortula spec. div.*
- b. vrij spoedig verdwijnend bij consolidatie:  
*Agropyron littorale*; *Ammophila arenaria*; *Ammocalamagrostis baltica*.

1. Voorlopige indeling van de soorten op eutrofe tot zeer eutrofe groeiplaatsen (L14, L15 en L16).
2. Planten met een duidelijke boreale (boreaal-atlantische en/of boreaal-continentale) verspreiding. De groepen L17, L18 en L19 bevatten soorten die algemeen in natuurlijke (boreale) dennenbossen worden aangetroffen en zich in Nederland deels als neofyten gedragen.

**Groep L21** (*Hippophaë rhamnoides*-groep): voornamelijk relictten uit duinstruwelen, standhoudend in kalkminnende ondergroei van dennenbos

*Hippophaë rhamnoides*; *Rosa pimpinellifolia*; *Asparagus officinalis*; *Ligustrum vulgare*; *Bryonia dioica*; *Polygonatum odoratum*; *Echium vulgare*; *Euonymus europaeus*; *Verbascum spec. div.*; *Carex trinervis*.

**Groep L22** (*Molinia caerulea*-groep): soorten van vochtige tot natte, oligotrofe tot mesotrofe standplaatsen. Het optreden van *Molinia* kan sterk worden bevorderd door ten gevolge van overstuiving of grondbewerking oppervlakkig losse grond

a. op de meest oligotrofe gronden:

*Molinia caerulea*; *Erica tetralix*; *Sphagnum spec. div.*

b. andere soorten:

*Frangula alnus*; *Betula pubescens*; *Gentiana pneumonanthe*; 'Cephalozia' sp. div.; *Lepidozia reptans*; *Calypogeia spec. div.*; *Aulacomnium palustre*.

**Groep L23** (*Potentilla erecta*-groep): planten van vochtige tot natte, mesotrofe standplaatsen

*Potentilla erecta*; *Myrica gale*; *Salix spec. div.*; *Juncus conglomeratus*; *Thuidium tamariscinum*; *Juncus squarrosus*; *Blechnum spicant*; *Hydrocotyle vulgaris*; *Sieglingia decumbens*; *Osmunda regalis*; *Polytrichum commune*; *Nardus stricta*; *Carex nigra*; *Juncus effusus*; *Agrostis canina* var. *fascicularis*.

**Groep L24** (*Athyrium filix-femina*-groep): planten van vochtige tot natte eutrofe standplaatsen

*Athyrium filix-femina*; *Lysimachia vulgaris*; *Polygonum amphibium*; *Equisetum palustre*; *Mentha aquatica*; *Potentilla reptans*; *Lotus uliginosus*; *Lychnis flos-cuculi*; *Calamagrostis canescens*; *Lythrum salicaria*; *Stachys palustris*; *Lycopus europaeus*; *Cirsium palustre*; *Galium palustre*; *Phragmites communis*; *Valeriana officinalis*; *Viburnum opulus*; *Angelica sylvestris*; *Epilobium hirsutum*; *Ranunculus repens*; *Eupatorium cannabinum*; *Solanum dulcamara*; *Filipendula ulmaria*; *Cardamine pratensis*; *Mnium affine*; *Ajuga reptans*; *Deschampsia cespitosa*; *Alnus glutinosa*; *Humulus lupulus*; *Ribes nigrum*; *Atriplex patula*; *Climacium dendroides*; *Scutellaria galericulata*.

### 3.3 De socio-oecologische groepen in donkere opstanden, vnl. van Douglas, Tsuga, Picea en Abies (formatie D)

**Groep D1** (*Paxillus*-groep): optimaal op droge fosfaatarme gronden

*Paxillus involutus*; *Calluna vulgaris*.

**Groep D2** (*Campylopus-Pohlia*-groep): soorten betrekkelijk indifferent t.o.v. voedselrijkdom en vocht

a. optimaal op gronden met stikstofarme organische stof:

*Pohlia nutans*; *Dicranum scoparium*; *Hypnum cupressiforme*; *Leucobryum glaucum*.

b. andere soorten

*Campylopus flexuosus*; *Mycena galopoda*; *Naematoloma* cf. *fasciculare*; *Lophocolea bidentata*.

**Groep D3** (*Mnium hornum*-groep): soorten met enige voorkeur voor gronden rijk aan voedingsstoffen (P en/of K en/of N)

*Mnium hornum*; *Plagiothecium laetum*; *Polytrichum formosum*; *Quercus robur* en *borealis*; *Betula verrucosa*; *Frangula alnus*; *Prunus serotina*.

**Groep D4** (*Sorbus aucuparia*-groep): soorten met enige voorkeur voor voedselrijkdom

*Sorbus aucuparia*; *Amelanchier laevis*; *Fagus sylvatica* (opslag); *Pseudotsuga menziesii* (opslag); *Sambucus nigra*; *Pteridium aquilinum*; *Eurhynchium praelongum*; *Atrichum undulatum*; *Pseudoscleropodium purum*; *Epilobium angustifolium*; *Senecio sylvaticus*; *Larix* (opslag); *Vaccinium myrtillus*.

**Groep D5** (*Stellaria media*-groep): akkeronkruiden met voorkeur voor fosfaat- en/of kalirijke niet-natte gronden

*Stellaria media*; *Vicia sativa* ssp. *angustifolia*; *Vicia hirsuta*; *Solanum nigrum*; *Galeopsis tetrahit*; *Taraxacum 'officinale'* coll.; *Polygonum persicaria*; *Poa annua*; andere akkeronkruiden.

**Groep D6** (*Galium hercynicum*-groep): soorten met voorkeur voor matig tot relatief voedselrijke iets droge gronden

*Galium hercynicum*; *Rumex acetosella*; *Agrostis tenuis*; *Deschampsia flexuosa*.

**Groep D7** (*Rubus-Dryopteris*-groep): soorten met voorkeur voor matig tot relatief voedselrijke gronden

*Rubus* sectie *moriferi* excl. ondersectie *trivialis* ('*Rubus fruticosus*'); *Dryopteris spinulosa*; *Dryopteris austriaca*; *Holcus lanatus*; *Luzula campestris*; *Carex pilulifera*; *Agrostis canina* var. *arida*; *Acer pseudoplatanus* (vnl. kiemplanten); *Phallus impudicus*

**Groep D8** (*Lonicera periclymenum*-groep): soorten met voorkeur voor redelijk vocht-houdende, voedselrijke gronden (zie ook groep D11)

*Lonicera periclymenum*; *Moehringia trinervia*; *Urtica dioica*; *Digitalis purpurea*; *Rubus idaeus*; *Ribes sylvestre*.

**Groep D9** (*Corydalis claviculata*-groep): soorten met voorkeur voor voedselrijke gronden, waarschijnlijk vooral in oudere, meer in evenwicht verkerende bossen

*Corydalis claviculata*; *Oxalis acetosella*; *Hedera helix*; *Epilobium montanum*; *Teucrium scorodonia*; *Viburnum opulus*; *Viola riviniana*; *Scrophularia nodosa*.

**Groep D10** (*Molinia caerulea*-groep): soorten van voedselarme, vochtige tot natte gronden

a. soort met vrij grote spreiding naar voedselrijkere en droge gronden:

*Tricholomopsis rutilans*

b. andere soorten

*Molinia caerulea*; *Calypogeia trichomanis*; *Erica tetralix*.

**Groep D11** (*Athyrium filix-femina*-groep): soorten van voedselrijke, vochtige tot natte gronden (zie ook groep D8)

*Athyrium filix-femina*; *Solanum dulcamara*.



## 4 Beschrijving van de vegetatie-eenheden

### 4.1 Inleiding

Het volgende geeft een indeling van de vegetatie-eenheden die binnen de L- en de D-formatie voorkomen in opstanden van 20 jaar en ouder.

Wanneer men jongere opstanden wil karakteriseren, kan dezelfde indeling in vele gevallen ook worden gebruikt. Er kunnen dan echter aanzienlijke afwijkingen optreden: afgezien van nog niet gesloten jonge aanplantingen waar gras of heide sterk kunnen domineren, zal de ondergroei in het algemeen zeer karig zijn.

De karakterisering van de eenheden is geschied met behulp van de in hoofdstuk 3 beschreven sociologische groepen L1 tot L24, resp. D1 tot D11. Als leidraad voor de hoofdindeling is zoveel mogelijk de voedselrijkdom van het substraat gebruikt. Naast type 0 (zonder ondergroei) worden in de donkere bossen van voedselarm naar -rijk de typen I tot VI onderscheiden. In de lichte bossen is de indeling als volgt samen te vatten: Hoofdtype A omvat de ondergroei op de meest voedselarme gronden. Hoofdtype H komt voor op iets meer voedingsstoffen bevattende substraten. De R-hoofdtypen zijn oecologisch nog rijker. De Z- en K-hoofdtypen zijn oecologisch het rijkst, terwijl bij hoofdtype K een ruderaal element aanwezig is door extreme voedselrijkdom met vermoedelijk vooral veel stikstof.

Ook binnen elk hoofdtype is in het algemeen een toename van de eutrofie waar te nemen naarmate het volgnummer achter de letteraanduiding hoger is (met uitzondering van A1 en de typen K2 en K3).

Sommige typen zijn altijd droog (A1, A2, K2), andere altijd vochtig (R4, Z). Van de meeste andere komen variaties voor in drogere of vochtiger tot natte vormen. Het leek het meest praktisch deze vochtvarianten per hoofdtype collectief te beschrijven, waarbij de beschrijvingen van de drogere vormen gelden als norm voor het hoofdtype. In sommige gevallen zijn bij die hoofdtypen de sociologische (oecologische) groepen die vocht indiceren al genoemd, omdat ze deels ook op eutrofe omstandigheden wijzen (vergelijk de socio-oecologische groepen L14, L15, L16 en ook D8, D10 en D11).

De systematische verwantschap is aangegeven volgens de indelingen van Doing (1962, 1963), en die van Matuszkiewicz (1962) voor zover die betrekking heeft op de natuurlijke *Pinus*-bossen en de in Nederland voorkomende bosgezelschappen. De verwantschap met elders beschreven coniferen(cultuur)-gezelschappen is al behandeld in hoofdstuk 2.

De typen zijn van elkaar te onderscheiden door verschillen in soortencombinatie, beschreven door aan te geven uit welke van de soortengroepen uit hoofdstuk 3 de

betreffende vegetatie-eenheid is opgebouwd.

Bijlagen VII.2 en VII.4 geven de samenstelling schematisch weer. Voor het determineren van een gegeven vegetatie in het veld kan men het beste de soorten noteren, vaststellen tot welke soortengroepen ze behoren (zie 3.2, 3.3 en bijlage VI), om dan met behulp van bijlagen VII.2 en VII.4 te bepalen tot welke vegetatie-eenheid de plek behoort.

In vrij veel gevallen zal men echter twijfelen tussen twee of meer eenheden, b.v. waar een bepaalde groep zeer zwak is vertegenwoordigd. Het voorkomen van een enkel sprietje kan niet representatief zijn voor een gehele groep! De grens van 'redelijk vertegenwoordigd te zijn' is gesteld op ca. 3 (eventueel weinig vitale) exemplaren per 100 m<sup>2</sup>.

Het kan verder voorkomen, dat soortengroepen aanwezig zijn die armoede indiceren, waarbij de middelmatige of matig eutrofe groepen ontbreken, maar dat vertegenwoordigers van rijkdom indicerende groepen weer wel optreden. In de meeste gevallen gaat het dan om instabiele storingen. Geval voor geval dient men te overwegen of men het type qua eutrofie-trap als een gemiddelde tussen de tegenstrijdige eutrofie-indicaties zal schatten, of als een apart mengsel zal classificeren. Eén type (K1) wordt juist gekenmerkt door een dergelijke samenstelling. De indeling van de drie K-typen is overigens voorlopig en geeft een globaal schema waarin de dennenbossen op de rijkste gronden kunnen worden ondergebracht. Er kan bovendien mee worden aangegeven of het milieu droog, vochtig en/of aanzienlijk gestoord is.

Voor enkele gevallen zijn hieronder bij de type-beschrijvingen wat nauwkeuriger grensomschrijvingen gegeven. Waar deze ontbreken dient het gezonde verstand te beslissen. Men moet er daarbij steeds rekening mee houden, dat een soort die weinig voorkomt maar homogeen is verdeeld, meer zegt dan een soort die zeer vitaal is maar zeer lokaal aanwezig is. Eutrofe planten op toevallig geëutrofiëerde plaatsen (mest e.d.) zijn daar voorbeelden van.

Zeer schaars voorkomende planten (b.v. slechts één of enkele kleine exemplaren) met gereduceerde vitaliteit en verdeeld over enkele honderden m<sup>2</sup> kan men als niet aanwezig beschouwen, tenzij verschillende soorten uit een zelfde groep zich op deze wijze gedragen. Zo is b.v. de karakterisering van H2 ten opzichte van H1 op het schaarse, maar toch evidente voorkomen van soorten uit de rijkere groepen gebaseerd.

## 4.2 Beschrijving van de vegetatietypen in de Lichte naaldhoutbossen L

### A0 Gezelschap van Zandzegge (*Carex arenaria*) en Ruig haarmos (*Polytrichum piliferum*)

Foto 1. Type A0: bos van Grove den op stuifzand, vrijwel zonder ondergroei. In zulke bossen treden schaars Zandzegge (*Carex arenaria*) en Rendiermos (*Cladonia* spp.) op.



Photo 1. Type A0: forest of Scots pine on blown sand, almost without forest floor vegetation. In such forests *Carex arenaria* and *Cladonia* spp. occur, though scarcely.

Dit gezelschap is opgebouwd uit de *Cladonia*-groep L1 en/of de *Rumex-Festuca*-groep L4. Het aspect wordt in de regel bepaald door een zeer onvolledig bedekte bodem met veel open zand (foto 1). Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) uit groep L3 en andere soorten uit de *Hypnum*-groep L2 kunnen, zeer spaarzaam, worden aangetroffen. Het verschil met type K0 wordt bepaald door de afwezigheid van de *Hypnum*-groep L2 en de *Vaccinium-Deschampsia*-groep L3. Van type A0 zijn duinvarianten waargenomen (groep L20 en L21).

Over het algemeen is de bodem bij een dergelijk vegetatietype een jong, kalkloos stuifzand waarin hoogstens een minimaal micropodzol is ontwikkeld. Dit type komt vrijwel uitsluitend voor op droge tot zeer droge, recent geconsolideerde stuifzanden.

Synsystematische verwantschap: *Cladonia*-variant van het *Quercu-Betuletum*.

## A1 Gezelschap van Rendiermos (*Cladonia*) en Zandgaffeltand (*Dicranum spurium*)

Foto 2. Type A1. Rendiermos (*Cladonia*, spec. div.) en Zandgaffeltand (*Dicranum spurium*) in Grove-dennenbos.

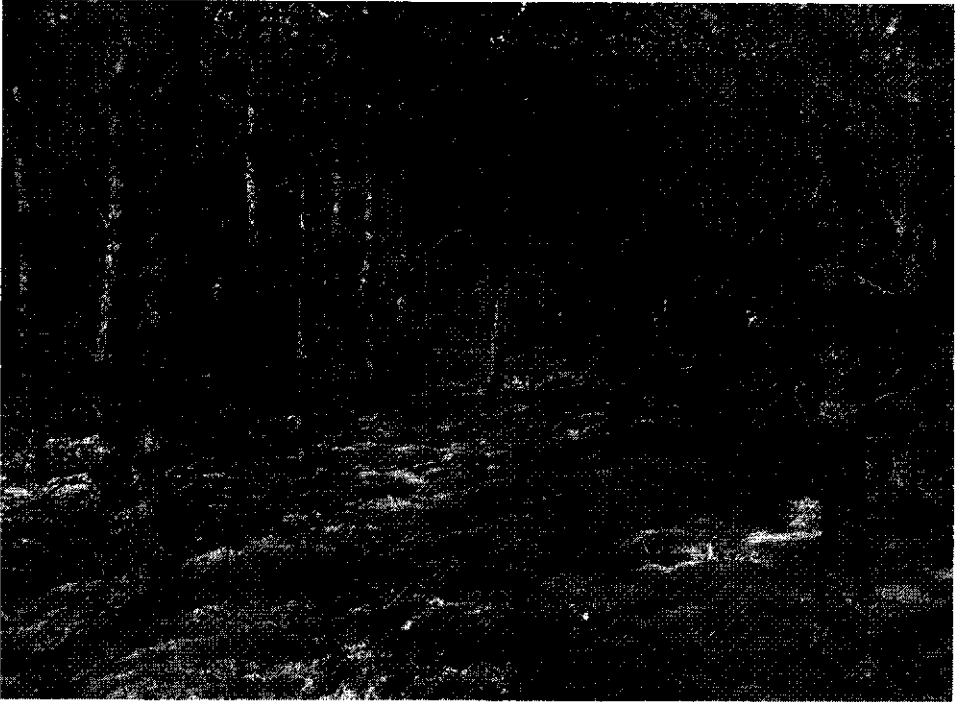


Photo 2. Type A1. *Cladonia*, spec. div., and *Dicranum spurium* in Scots pine forest.

Dit gezelschap is opgebouwd uit de *Cladonia*-groep L1 en (zij het in een meer ondergeschikte rol) uit de *Hypnum*-groep L2. Het aspect is in de meeste gevallen bepaald door de soorten uit de *Cladonia*-groep L1, waarbij vooral Rendiermos (*Cladonia impexa*) 50 tot 80% van de bodem kan bedekken (foto 2).

Van dit gezelschap zijn slechts zwakke vochtvarianten (*Molinia*-groep L22) en noordelijke varianten waargenomen (groepen L17, L18, L19).

Type A1 komt vooral voor op humusarme tot humusloze, kalkloze stuifzanden met een zwakke micropodzol, in het bijzonder in uitgestoven laagten waar inert C-materiaal aan de oppervlakte is gekomen. Op soortgelijke, oorspronkelijk kalkhoudende tot kalkrijke stuifzanden van de zeeduinen komt dit type, evenals A0, eveneens regelmatig voor. De bovenste 5 à 10 cm van de grond is dan echter geheel of gedeeltelijk ontkalkt.

Synsystematische verwantschap: typische *Cladonia*-variant van het *Quercus-Betuletum* en in vochtige vorm van het *Sphagno-Betulion pubescentis* tot het *Quercus-Betuletum molinietosum*.

## A2 Gezelschap van Rendiermos (*Cladonia*) en Klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*)

Foto 3. Type A2. Rendiermos (*Cladonia*, spec. div.) en Klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*) in Grove-dennenbos.

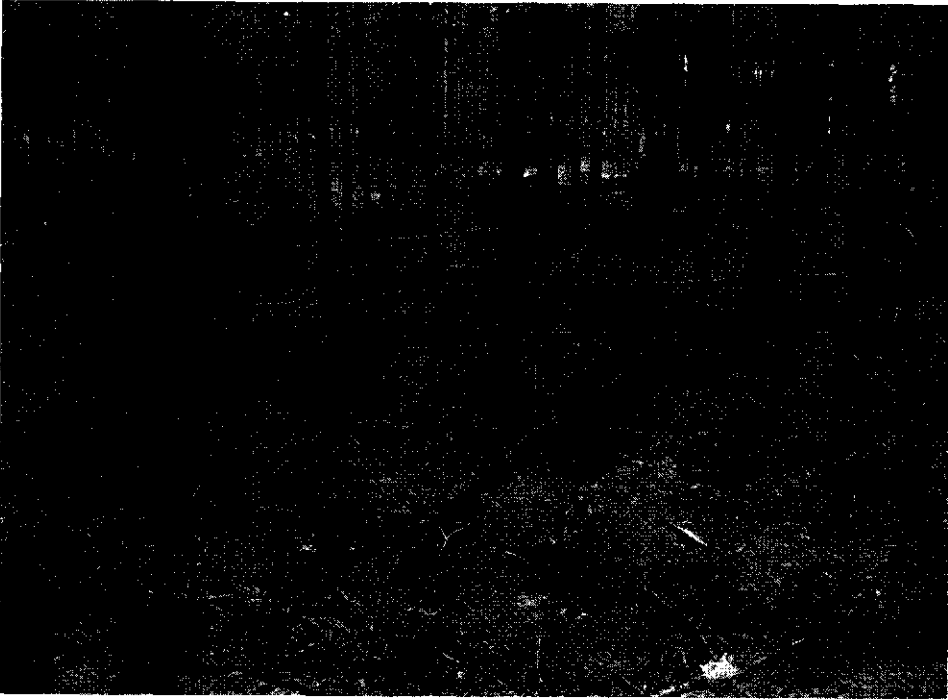


Photo 3. Type A2. *Cladonia*, spec. div., and *Hypnum cupressiforme* in Scots pine forest.

Dit gezelschap is opgebouwd uit de *Cladonia*-groep L1 en de *Hypnum*-groep L2, waarbij eerstgenoemde weliswaar meer dan 5% van het bodemoppervlak bedekt, maar waarbij dit percentage niet hoger mag zijn dan dat van de *Hypnum*-groep.

Het aspect wordt meestal bepaald door Rendiermos (*Cladonia impexa*) uit groep L1 en diverse bladmossen uit groep L2 (foto 3). Soorten uit de *Vaccinium-Deschampsia*-groep L3 (met name Bochtige smele, *Deschampsia flexuosa*) en uit de *Rumex-Festuca*-groep kunnen (zij het uiterst spaarzaam) aanwezig zijn.

Er zij gewezen op de *Leucobryum*-kussens die hier en in het volgende gezelschap (H1) kunnen voorkomen en die aanleiding kunnen zijn tot hoogveenvorming (Zonneveld & Leijs, 1961).

Het verschil met type A1 ligt in de geringere bedekking door Rendiermos en in het grotere aandeel van de bladmossen uit de *Hypnum*-groep.

Van type A2 zijn alle arme vochtvarianten (*Molinia*-groep L22), dwergstruikvarianten (en noordelijke varianten: L17, L18, L19) bekend.

Ook dit gezelschap vertoont een duidelijke voorkeur voor de humusloze tot zwak humushoudende stuifzanden. Verder is het aangetroffen op zwak humeuze uiterst

droge podzolgronden, met name haarpodzolgronden. Bij kalkhoudende profielen is minstens de bovenste 10 cm ontkalkt. Na verloop van tijd kunnen A1-typen zich via A2-typen tot H1-typen ontwikkelen.

Synsystematische verwantschap: *Cladonia*-variant van het *Quercu-Betuletum*, en als vochtige vorm; *Quercu-Betuletum molinietosum* tot *Sphagno-Betuletum pubescentis* (*Sphagno-Betulion pubescentis*).

**H1** Gezelschap van Bronsmos (*Pleurozium schreberi*), Klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*) en Gewoon gaffeltandmos (*Dicranum scoparium*)

Foto 4. Type H1. Bronsmos (*Pleurozium schreberi*), Klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*) en Gewoon gaffeltandmos (*Dicranum scoparium*) in Grove-dennenbos.



Photo 4. Type H1. *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme* and *Dicranum scoparium* in Scots pine forest.

Dit gezelschap is voornamelijk opgebouwd uit de *Hypnum*-groep L2. Het aspect (foto 4) wordt bepaald door de soorten uit groep L2 (Bladmosbos). Soorten uit de *Cladonia*-groep kunnen voorkomen, maar bedekken steeds minder dan 5% van het proefvlak. Soorten uit de *Rumex-Festuca*-groep L4 kunnen, uiterst spaarzaam, aanwezig zijn. *Deschampsia flexuosa* (Bochtige smele) mag nooit, ook niet in de varianten, meer dan 50% bedekken; ze is gewoonlijk afwezig of spaarzaam. In tegenstelling tot bij type A2 is de *Cladonia*-groep L1 nimmer aspect-bepalend. Van H2 onderscheidt H1 zich door het ontbreken van de groepen L6 t/m 9. *Deschampsia* domineert nooit.

Foto 5. Type H1. Vochtvariant met Pijpestrootje (*Molinia caerulea*) in Grove-dennenbos.



Photo 5. Type H1. Moisture variant with *Molinia caerulea* in Scots pine forest.

Van type H1 zijn alle (arme) vochtvarianten (groep L22; foto 5) bekend, en verder dwergstruikvarianten, noordelijke varianten (groep L17; foto 7), L18 en L19 (foto 6), duinvarianten (groep L20, L21) en Bosbesvarianten. De aspect-bepalende mossen zijn vaak verborgen onder andere vegetatielagen. De Bochtige smele-variant ontbreekt.

De bodem heeft in de regel een A1-horizont. In dekzand of zeer oud stuifzand is dan vaak sprake van een podzolprofiel. Het type H1 komt op vrij veel bodemeenheden voor, doch slechts een enkele maal op relatief sterk humeuze stuifzandgronden en humusijzerpodzolgronden (moderpodzolen). Op beekbezinkingsgronden (gleygronden, met name beekerdgronden en gooreerdgronden) en op niet-ontkalkte duinzandgronden ontbreekt type H1 nagenoeg.

Synsystematische verwantschap: als droge vorm; *Quercu-Betuletum typicum*, als vochtige vorm; *Quercu-Betuletum molinietosum*, als natte vorm; *Sphagno-Betuletum pubescentis* (*Sphagno-Betulion pubescentis*).

Foto 6. Type H1. Noordelijke variant met Kraaiheide (*Empetrum nigrum*) en Dennenorchis (*Goodyera repens*) in Grove-dennenbos.

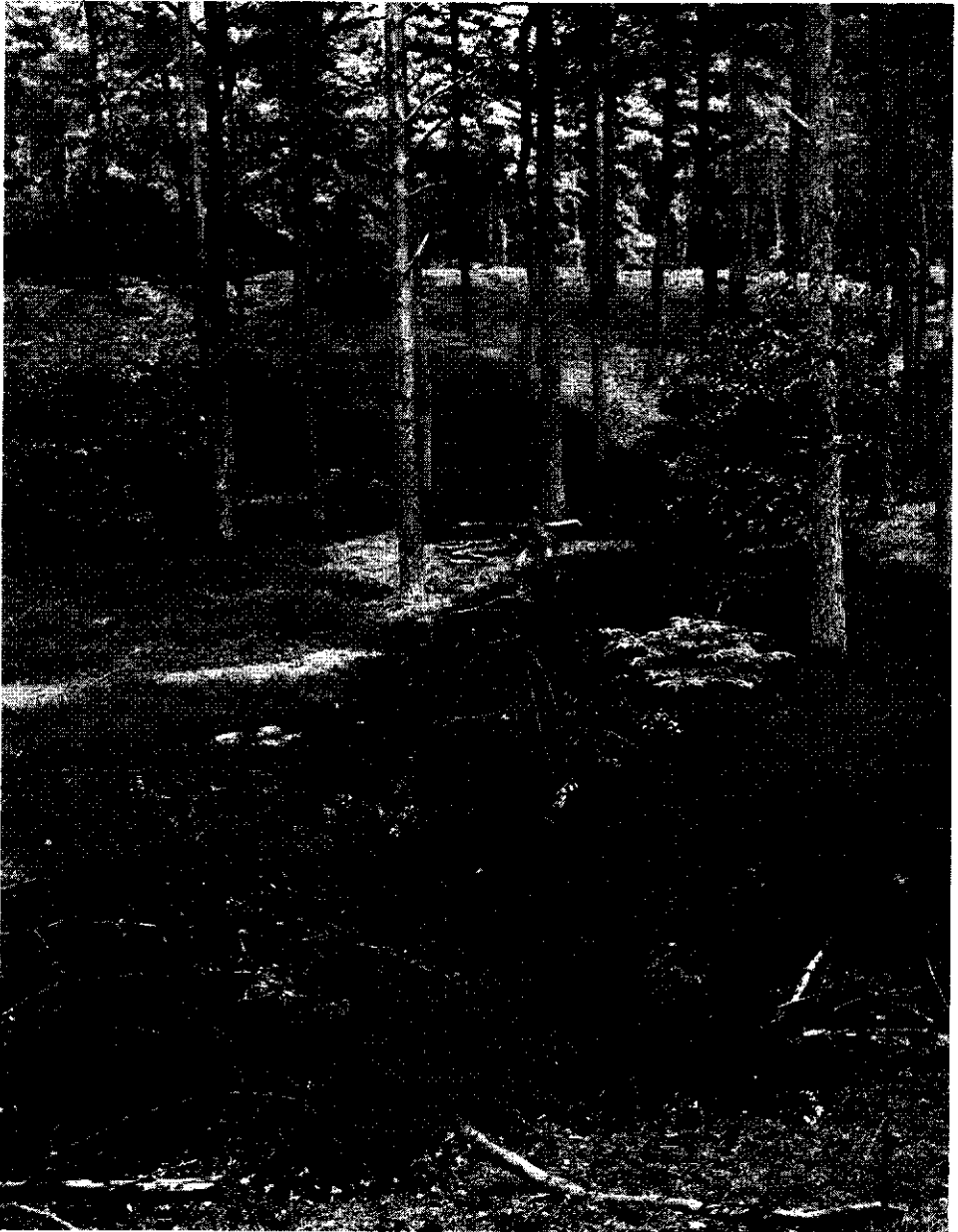


Photo 6. Type H1. Northern variant with *Empetrum nigrum* and *Goodyera repens* in Scots pine forest.



Foto 7. Type H1. Noordelijke variant met Rode bosbes (*Vaccinium vitis-idaea*), tevens bosbes-variant, in Grove-dennenbos.



Photo 7. Type H1. Northern variant with *Vaccinium vitis-idaea*, also *Vaccinium myrtillus*-variant, in Scots pine forest.

## H2 Gezelschap van Bronsmos (*Pleurozium schreberi*) en Groot laddermos (*Pseudoscleropodium purum*)

Dit gezelschap is in hoofdzaak opgebouwd uit de *Hypnum*-groep L2 en omvat constant, zij het spaarzaam, vertegenwoordigers van de groepen L3 tot L9. Het aspect wordt in de meeste gevallen bepaald door soorten uit de *Hypnum*-groep (foto 8).

Soorten uit de *Vaccinium-Deschampsia*-groep L3 kunnen redelijk vertegenwoordigd zijn. De *Rumex-Festuca*-groep L4, de *Sorbus-Prunus*-groep L5, de *Galium*-groep L6, de *Dryopteris*-groep L7, de *Rubus*-groep L8, de *Lonicera*-groep L9 en de *Cladonia*-groep L1 worden slechts spaarzaam aangetroffen. Lokaal kan *Rumex acetosella*, zonder begeleiding van andere soorten uit groep L4, wat te sterk vertegenwoordigd zijn (o.a. op bepaalde plaatsen in Drenthe).

Het verschil met type H1 ligt in het totaal ontbreken van soorten uit de groepen L5 t/m L9 in H1. De *Cladonia*-groep L1 komt in gezelschap H1 relatief meer voor dan

Foto 8. Type H2. Bronsmos (*Pleurozium schreberi*) en Groot laddermos (*Pseudoscleropodium purum*), met enkele pollen Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) in Grove-dennenbos.



Photo 8. Type H2. *Pleurozium schreberi* and *Pseudoscleropodium purum* with some tussocks of *Deschampsia flexuosa* in Scots pine forest.

in H2, waar ze in de regel ontbreekt of slechts zeer sporadisch is aan te treffen. Het verschil met type R2 ligt in de soorten uit de groepen L6 t/m L9 die in R2 opmerkelijk meer worden aangetroffen, veelal met een dekkingspercentage boven 5%. In het type H2 gaat het hierbij om hoogstens enkele exemplaren of pollen per 100 m<sup>2</sup>, die dan nog een gereduceerde vitaliteit vertonen.

Vertegenwoordigers uit de groepen L6 t/m L9 kunnen ontbreken als *Deschampsia flexuosa* meer dan 50% bedekt. Dit betekent dat een dichte smele-begroeiing zonder hogere groepen altijd tot H2 behoort (en nooit tot H1).

Van type H2 (foto 9) zijn alle vochtvarianten (*Molinia*-groep L22) aangetroffen. Verder de dwergstruik- en de Bosbes-variant, de variant met Bochtige smele, de noordelijke varianten (L17, L18, L19) en de duinvarianten (L20, L21). Adelaarsvarenvarianten zijn zeldzaam. Het aspect wordt in vele varianten uiteraard niet door de mossen van groep L2 maar door andere plantesoorten bepaald.

Het gezelschap komt voor op humushoudende stuifzandgronden en diverse humuspodzolgronden, waarschijnlijk ook op sommige gooreerdgronden, voornamelijk in de eerste generatie bossen (in oudere bossen alleen bij sterke strooiselroof).

Synsystematische verwantschap: *Querco-Betuletum typicum*, de vochtvarianten; *Q.B. molinietosum* tot *Sphagno-Betuletum pubescentis* (*Sphagno-Betulion pubescentis*).

Foto 9. Type H2. Variant met Bosbes (*Vaccinium myrtillus*) en Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) in Grove-dennenbos.

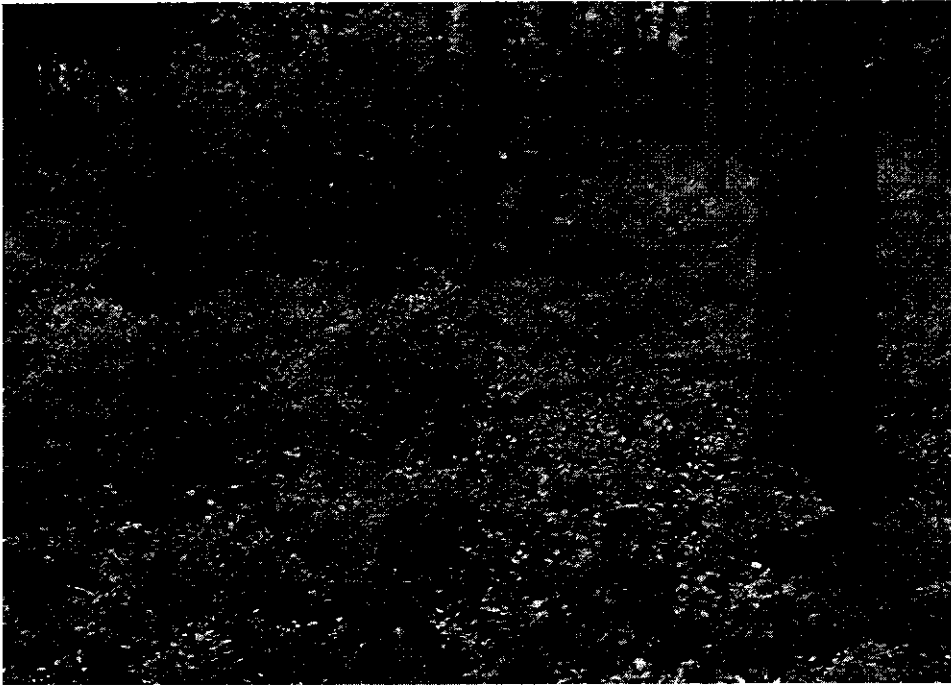


Photo 9. Type H2. Variant with *Vaccinium myrtillus* and *Deschampsia flexuosa* in Scots pine forest

**R1.1** Gezelschap van Bronsmos (*Pleurozium schreberi*) en Struisgrassen (*Agrostis spp.*)

**R1.2** Gezelschap van Bronsmos en Lijsterbes (*Sorbus aucuparia*)

Onder deze benamingen zijn enige afwijkende, vermoedelijk weinig stabiele begroeiingstypen verenigd, in hoofdzaak opgebouwd uit de *Hypnum*-groep L2, samen met de *Rumex-Festuca*-groep L4 of de *Sorbus-Prunus*-groep L5.

Het aspect kan bij R1.1 door de grassen uit de *Vaccinium-Deschampsia*-groep L3 en/of de *Rumex-Festuca*-groep L4 bepaald worden (foto 10) en bij R1.2 door de struiken van de *Sorbus-Prunus*-groep.

Soorten uit de *Galium*-groep L6, de *Dryopteris*-groep L7, de *Rubus*-groep L8 en de *Lonicera*-groep L9 kunnen zeer spaarzaam aanwezig zijn.

Het verschil met type H2 ligt in de groepen L4 en L5, die daar nimmer aspectbepalend zijn. Het verschil met type R2 ligt in de groepen L6 t/m L8 die veelal aspectbepalend zijn, althans redelijk zijn vertegenwoordigd, wat niet het geval is in R1.

Van de typen R1.1 en R1.2 zijn de volgende varianten bekend: duinvarianten

Foto 10. Type R1. Bronsmos (*Pleurozium schreberi*), Lijsterbes (*Sorbus aucuparia*) en Struisgras (*Agrostis spec. div.*) in Grove-dennenbos.



Photo 10. Type R1. *Pleurozium schreberi*, *Sorbus aucuparia* and *Agrostis spec. div.* in Scots pine forest.

(groepen L20 en L21), Bosbesvarianten en Bochtige smelevarianten, de Adelaarsvarenvariant, alle vochtvarianten (de *Molinia*-groep L19), en noordelijke varianten met *Goodyera repens* (groep L19) en met *Empetrum nigrum* (groep L19). De variant met *Vaccinium vitis-idaea* (groep L17), zowel in de noordelijke als in de dwergstruikvariant, komt weinig voor.

Beide typen treft men vooral aan op de droge, weinig of niet gepodzoliseerde gronden, met name op de iets humeuze stuifzandgronden, alsmede op de droogste humuspodzolgronden (haarpodzolgronden).

R1.1, het 'grassenbos', komt hoofdzakelijk voor op stuifzand. R1.2, het 'struikbos', vindt men overal, waarbij de dichte struiklaag het ontbreken van andere soorten tot gevolg kan hebben. Zo'n struiklaag kan kunstmatig zijn, maar op standplaatsen armer dan R1, is het vermoedelijk niet mogelijk door aanplant van struiken als *Prunus serotina* een zo dichte struiketage te krijgen dat alleen hierdoor een R1 zou ontstaan. Is een standplaats veel eutrofer, dan zullen, ondanks een dichte struikgroei, toch soorten uit de groepen L6 en hoger redelijk vertegenwoordigd kunnen zijn.

Synsystematische verwantschap: *Quercus-Betuletum typicum* tot *Quercus-Betuletum Lonicera*-variant; vochtvariant: *Quercus-Betuletum molinietosum* tot *Sphagno-Betuletum pubescentis* (*Sphagno-Betulion pubescentis*).

**R2 Gezelschap van Braam (*Rubus 'fruticosus'*), Stekelvarens (*Dryopteris austriaca* en *D. spinulosa*) en Groot laddermos (*Pseudoscleropodium purum*)**

Foto 11. Type R2. Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*), Braam (*Rubus 'fruticosus'*) en een vrij weelderig ontwikkelde struiketage van Ruwe berk (*Betula pendula*) en Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*) in Grove-dennenbos.



Photo 11. Type R2. *Deschampsia flexuosa*, *Rubus 'fruticosus'* and a rather luxuriantly developed shrub-layer of *Betula pendula* and *Prunus serotina* in Scots pine forest.

Dit gezelschap is opgebouwd uit de *Hypnum*-groep L2, de *Vaccinium-Deschampsia*-groep L3, de *Rumex-Festuca*-groep L4, de *Sorbus-Prunus*-groep L5, de *Galium*-groep L6, de *Dryopteris*-groep L7 en de *Rubus*-groep L8.

Het aspect kan bepaald worden

- a. door een gesloten *Deschampsia flexuosa*-mat met hier en daar haarden van *Galium hercynicum* (Bochtige smele-variant);
- b. door een gesloten of open *Deschampsia flexuosa*-vegetatie met hier en daar wat *Rubus 'fruticosus'* (Bochtige smele-variant; foto 11);
- c. door een dominantie (struweelvorming) van vrijwel alleen *Rubus 'fruticosus'* (foto 12);

Foto 12. Type R2. Braam (*Rubus 'fruticosus'*) Brede stekelvaren (*Dryopteris austriaca*) en Groot laddermos (*Pseudoscleropodium purum*). In dit gezelschap komt hier een goed ontwikkelde vegetatie van Lijsterbes (*Sorbus aucuparia*), Zachte berk en Ruwe berk (*Betula pubescens* resp. *Betula pendula*) voor.

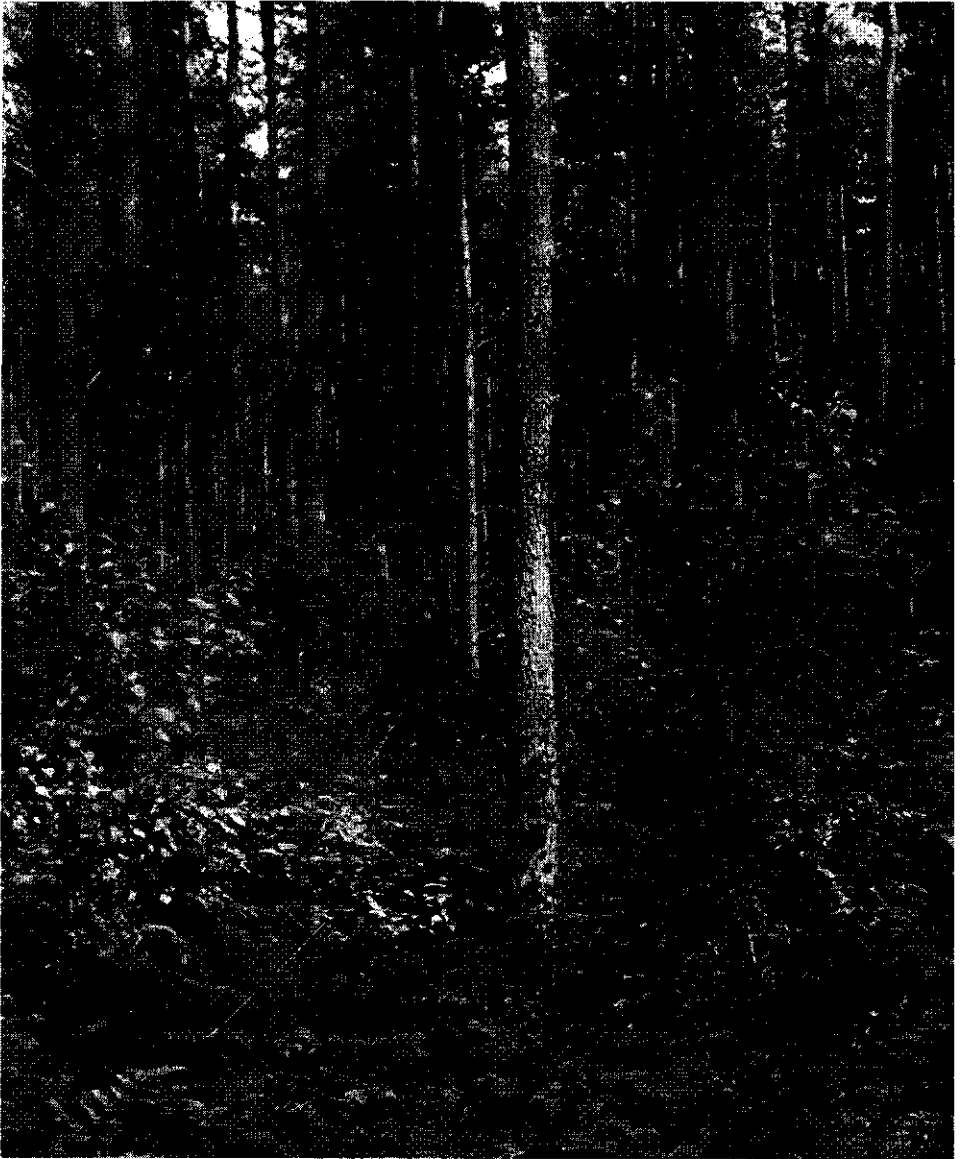


Photo 12. Type R2. *Rubus 'fruticosus'*, *Dryopteris austriaca* and *Pseudoscleropodium purum*. In this community occurs a well-developed vegetation of *Sorbus aucuparia*, *Betula pubescens* and *Betula pendula*.

Foto 14. Type R2. Variant met Adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*), tevens variant met Bosbes (*Vaccinium myrtillus*) in Grove-dennenbos.

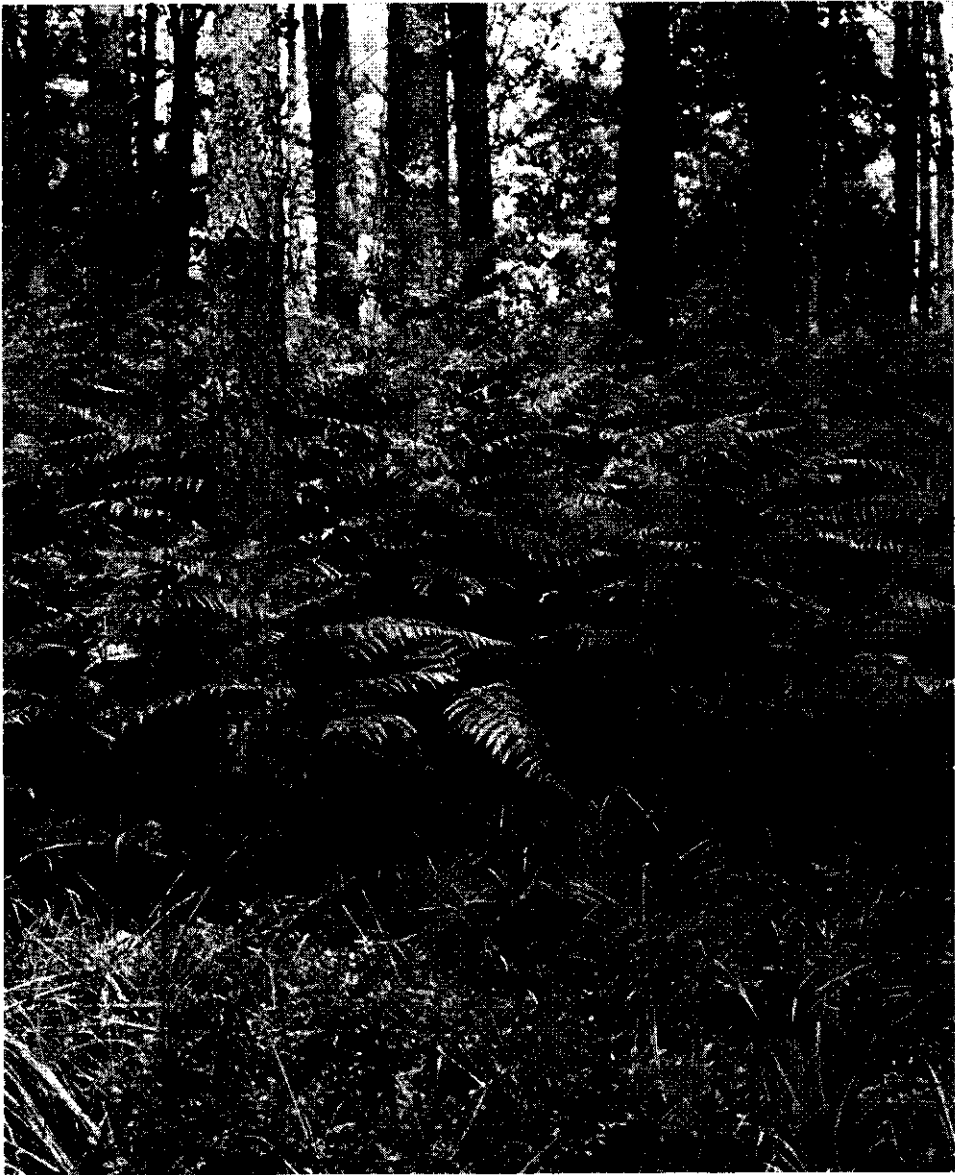


Photo 14. Type R2. Variant with *Pteridium aquilinum* as well as *Vaccinium myrtillus*-variant in Scots pine forest.

Foto 13. Type R2. Een mat van Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) en Struisgras (*Agrostis spec. div.*) met Brede en Smalle Stekelvaren (*Dryopteris austriaca* en *Dryopteris spinulosa*) in Grove-dennen bos; op de achtergrond Braam (*Rubus 'fruticosus'*).



Photo 13. Type R2. Carpet of *Deschampsia flexuosa* and *Agrostis spec. div.* with *Dryopteris spinulosa* and *Dryopteris austriaca* in Scots pine forest; *Rubus 'fruticosus'* in the background.

d. door een *Deschampsia flexuosa*-vegetatie met zeer veel *Dryopteris austriaca*, *Dryopteris spinulosa* en plaatselijk ook wel *Rubus 'fruticosus'* (Bochtige smele-variant; foto 13);

e. door een *Vaccinium myrtillus*-vegetatie met vrij veel *Deschampsia flexuosa* en hier en daar wat *Rubus 'fruticosus'* en/of *Galium hercynicum* (Bosbesvariant). Soorten uit de *Holcus mollis*-groep L10, de *Rubus idaeus*-groep L11 en de *Stellaria media*-groep L13 kunnen voorkomen, zij het dan uiterst spaarzaam.

Het verschil met de typen H2 en R1 is bepaald door de schaarsheid van de groepen L6, L7 en L8 aldaar (die in H2 en R1 zeker nooit aspect-bepalend zijn) en door het steeds ontbreken van de soorten uit de *Cladonia*-groep L1 in R2. Het verschil met R2L ligt in het vrijwel ontbreken van L.p., die in R2L altijd minstens 5% bedekt.

Van type R2 zijn de volgende varianten bekend:

noordelijke varianten met *Goodyera repens* (groep L19), met *Empetrum nigrum* (groep L18), en sporadisch met *Vaccinium vitis-idaea* (groep L17) die echter in het algemeen deze relatief eutrofe standplaatsen mijdt; Adelaarsvarenvarianten (foto 14), Bosbes-



Foto 15. Type R2. Vochtvariant met Pijpestrootje (*Molinia caerulea*) in Grove-dennenbos.



Photo 15. Type R2. Moisture variant with *Molinia caerulea* in Scots pine forest.

en Bochtige smele-varianten; alsmede alle vochtvarianten: *Molinia*-groep, L22, (foto 15) en sporadisch de *Potentilla*-groep, L23.

Het type komt voor op allerlei bodemeenheden, maar weinig of niet op droge tot zeer droge, humusarme en/of humusloze stuifzandgronden. Het kan zowel door bemesting als door meer natuurlijke vruchtbaarheid van de grond te voorschijn worden geroepen.

Synsystematische verwantschap: *Lonicera*-variant van het *Quercu-Betuletum*; natte varianten: *Sphagno-Alnetum glutinosae* tot *Sphagno-Betuletum pubescentis* (*Sphagno-Betulion pubescentis*).

**R2L** Gezelschap van Kamperfoelie (*Lonicera periclymenum*) en Braam (*Rubus 'fruticosus'*)

**R3L** Gezelschap van Kamperfoelie (*Lonicera periclymenum*) en Zachte witbol (*Holcus mollis*).

Deze gezelschappen (zie foto's 16 en 17) zijn ook op te vatten als *Lonicera*-varianten van R2 resp. R3, bepaald door een hoog vochthoudend vermogen van de grond zonder dat er sprake is van een hoge grondwaterstandspiegel.

Foto 16. Type R2L. Variant met Wilde kamperfoelie (*Lonicera periclymenum*) in Grove-dennenbos.

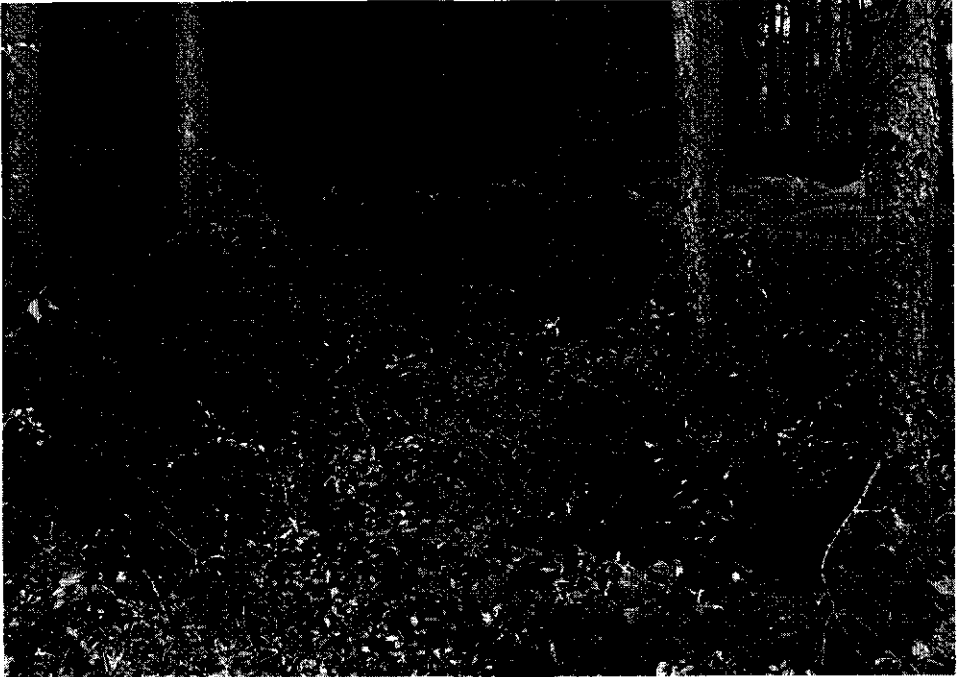


Photo 16. Type R2L. Variant with *Lonicera periclymenum* in Scots pine forest.

De type-omschrijving is als bij R2 of R3 met dit verschil, dat *Lonicera* altijd meer dan 5% bedekt. Ook grondwater-varianten, als beschreven onder R2 en R3 met meer dan 5% *Lonicera* komen voor.

Beide varianten treft men aan op vochthoudende veldpodzolgronden, maar vooral op moderpodzolgronden. De voorkeur schijnt uit te gaan naar de iets lemiger profielen binnen de genoemde zandgronden.

Synsystematische verwantschap: *Lonicera*-variant van het *Quercu-Betuletum* tot de arme variant van het *Violo-Quercetum*; nattere varianten: *Sphagno-Alnetum glutinosae* (*Alnion glutinosae*).

**R3** Gezelschap van Zachte witbol (*Holcus mollis*), Valse salie (*Teucrium scorodonia*) en Braam (*Rubus fruticosus*)

Dit gezelschap is, behalve uit de *Hypnum*-groep L2, in hoofdzaak opgebouwd uit de *Sorbus-Prunus*-groep L5, de *Galium*-groep L6, de *Dryopteris*-groep L7, de *Rubus*-groep L8, en de *Holcus mollis*-groep L10. De *Vaccinium-Deschampsia*-groep L3 en de *Rumex-Festuca*-groep L4 komen minder voor. *Lonicera* (L9) kan aanwezig zijn.

Het aspect wordt in de meeste gevallen bepaald door soorten uit de *Dryopteris*-groep L7, en de *Rubus*-groep L8, samen met die van de *Holcus mollis*-groep L10 en dan vooral door de Zachte witbol (*Holcus mollis*). Soorten uit de *Rubus idaeus*-groep

Foto 17. Type R3. Variant met Wilde kamperfoelie (*Lonicera periclymenum*) en duinvariant met Duinriet (*Calamagrostis epigejos*) in een bos met Corsicaanse dennen.

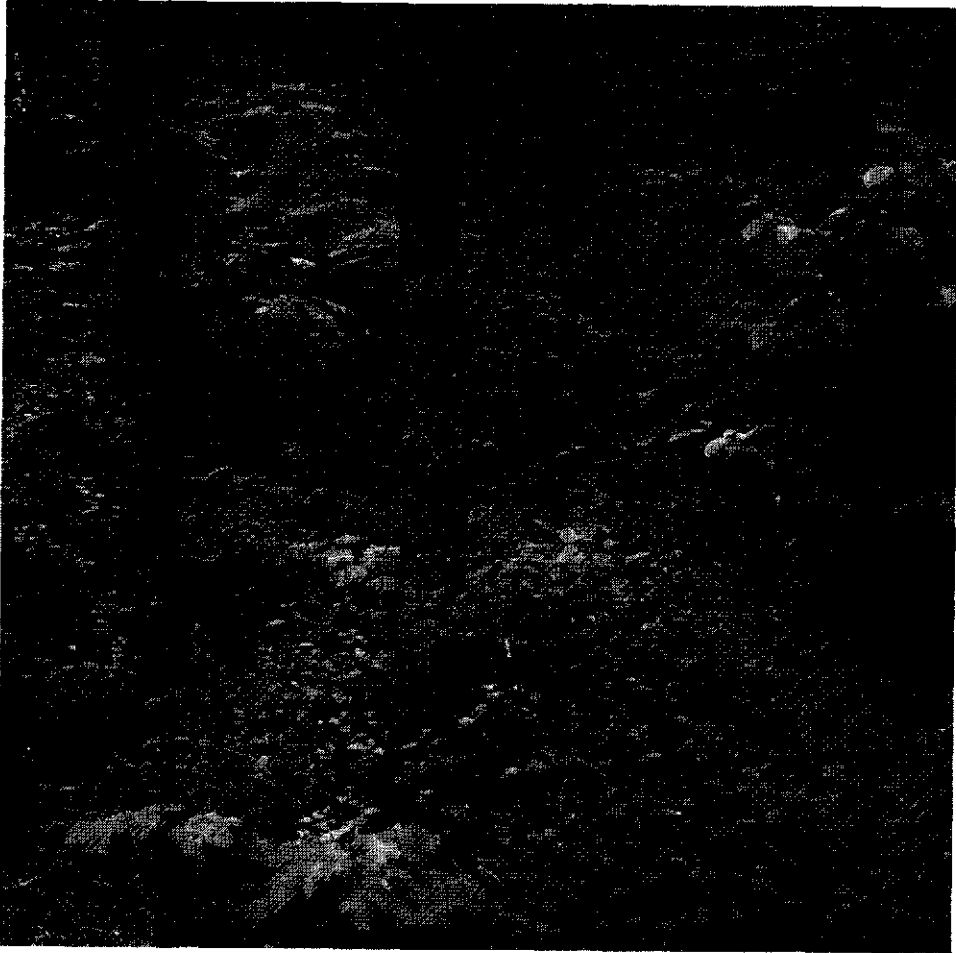


Photo 17. Type R3. Variant with *Lonicera periclymenum* and dune variant with *Calamagrostis epigejos* in a forest with Corsican pines.

L11, de *Oxalis*-groep L12 en de *Stellaria media*-groep L13 kunnen, zij het zeer spaarzaam, aanwezig zijn.

Het verschil met type R2 ligt in de *Holcus mollis*-groep L10, die aldaar niet of uiterst spaarzaam vertegenwoordigd is en dus nimmer aspectbepalend zal zijn. (de *Oxalis*-groep L12, die in R3 soms, zij het zeer schaars kan optreden, ontbreekt volledig in R2). Het verschil met type R4 ligt in de daar redelijk tot sterk vertegenwoordigde *Rubus idaeus*-groep L11.

Het meest opvallend zijn in type R3 de Zachte witbol (*Holcus mollis*) en de Valse salie (*Teucrium scorodonia*), soms de Rankende helmblom (*Corydalis claviculata*).

Indien veel Bramen en Varens aanwezig zijn, kunnen de karakteristieke soorten van groep L10 daaronder zijn verscholen.

Het kan voorkomen, dat alle soorten uit de *Holcus mollis*-groep L10, die per definitie zouden moeten voorkomen, toch ontbreken. In dat geval moeten enkele (hoogstens 3 per 100 m<sup>2</sup>) exemplaren of pollen van soorten uit de groepen L11, L12 en L13 aanwezig zijn om het type R3 te bepalen; maar dit zijn grensgevallen.

De volgende varianten zijn waargenomen: een noordelijke met *Goodyera repens* L19 (de twee andere noordelijke varianten werden nimmer aangetroffen), duinvarianten (L20 en/of L21), Adelaarsvarenvarianten en alle vochtvarianten met de *Molinia*-groep L22 zowel als met de *Potentilla*-groep L23 (de *Athyrium*-groep L24 is, evenals de groep L12, uiterst schaars).

Het type komt op vele bodemeenheden voor, doch niet of nauwelijks op stuifzandgronden. Indien het wordt aangetroffen op veldpodzolgronden is vaak sprake van bemeste percelen. Het is waarschijnlijk dat op betere moderpodzolgronden en gleygronden (beekeerdgronden) het optreden van dit type frequenter is dan tot nu toe bekend.

Synsystematische verwantschap: *Violo-Quercetum typicum*, in vochtvarianten *Violo-Quercetum dryopteridetosum* tot *Sphagno-Alnetum glutinosae* (*Alnion glutinosae*).

#### **R4** Gezelschap van Framboos (*Rubus idaeus*) en Braam (*Rubus 'fruticosus'*)

Dit gezelschap is opgebouwd uit dezelfde componenten als R3, met daaraan toegevoegd de *Rubus idaeus*-groep L11, die hier gewoonlijk optimaal ontwikkeld is.

Het aspect wordt in de meeste gevallen bepaald door de Framboos (*Rubus idaeus*) samen met de Braam (*Rubus 'fruticosus'*) en/of Stekelvarens (vooral *Dryopteris austriaca*). Soorten uit de *Oxalis*-groep L12 en de *Stellaria media*-groep L13 kunnen, zij het zeer zeldzaam, eveneens voorkomen.

Het verschil met type R3 is gelegen in de *Rubus idaeus*-groep L11 die in R3 weinig of niet optreedt.

Van type R4 zijn de volgende varianten bekend: duinvarianten (groepen L20 en L21), alle vochtvarianten (*Molinia*-groep L22, *Potentilla*-groep L23 en, spaarzaam, *Athyrium*-groep L24); Adelaarsvaren-varianten zijn vermoedelijk uiterst zeldzaam.

Het type treft men vooral aan op (bemeste?) vochthoudende moderpodzolgronden en waarschijnlijk op vrij sterk bemeste, vochtige veldpodzolgronden. Verder is het te verwachten op gleygronden (beekeerdgronden en gooreerdgronden) en op sommige duinzandgronden.

Synsystematische verwantschap: *Violo-Quercetum* tot *Querco-Carpinetum*, in vochtvarianten: *Irido-Alnetum glutinosae* (*Alnion glutinosae*) en *Alno-Ulmion*.

**Z** Gezelschap van Witte klaverzuring (*Oxalis acetosella*), Hazelaar (*Corylus avellana*) en Drienervige muur (*Moehringia trinervia*)

Dit gezelschap is in hoofdzaak gekarakteriseerd door de *Oxalis*-groep L12. Soorten uit de *Hypnum*-groep L2, de *Sorbus-Prunus*-groep L5, de *Galium*-groep L6, de *Dryopteris*-groep L7, de *Rubus*-groep L8, de *Lonicera*-groep L9, de *Holcus mollis*-groep L10, de *Rubus idaeus*-groep L11 en de *Stellaria*-groep L13 kunnen in wisselende bedekkingen voorkomen.

Het aspect wordt in de meeste gevallen bepaald door soorten uit de *Oxalis*-groep L12 en Bramen, en in de vochtvarianten ook door soorten uit de *Athyrium*-groep L24. Soorten uit de *Vaccinium-Deschampsia*-groep L3 en de *Rumex-Festuca*-groep L4, en soorten uit de *Urtica*-groep L14, *Rubus caesius-Geranium robertianum*-groep L15 en *Torilis*-groep L16 kunnen hoogstens zeer spaarzaam aanwezig zijn (*Urtica* kan in het Z-type tot 5% bedekken).

Het verschil met de K-gezelschappen ligt in het aldaar veel frequenter optreden van soorten uit de groepen (L13), L14, L15 en L16. Ook de *Athyrium*-groep (L24) is kenmerkend voor de Z-typen, maar ze komt uiteraard alleen in de vochtige varianten voor, waarbij de *Oxalis*-groep L21 geheel kan ontbreken. De determinatie berust dan geheel op de aanwezigheid van de *Athyrium*-groep en het nagenoeg afwezig zijn van de *Molinia*-groep L22.

Van dit gezelschap zijn alleen duinvarianten (groepen L20 en/of L21) en vochtvarianten (voornamelijk met de *Potentilla*-groep L23 en de *Athyrium*-groep L24) waargenomen.

Gezelschap Z komt vooral voor op bekeerdgronden en gooreerdgronden, bij uitzondering op natte podzolprofielen met venige of moerige bovengrond. Ook op duinzandgronden treft men het aan.

Synsystematische verwantschap: *Querco-Carpinetum*, en in vochtvarianten: *Alno-Ulmion* en *Irido-Alnetum glutinosae* (*Alnion glutinosae*).

## K0 Gezelschap van Duinriet (*Calamagrostis epigejos*) en Zandzegge (*Carex arenaria*)

Dit gezelschap is opgebouwd uit een ijle begroeiing van soorten uit de *Cladonia*-groep L1 en de *Rumex-Festuca*-groep L3. Evenals in type A0 wordt het aspect in de meeste gevallen bepaald door een zeer onvolledig bedekte bodem met veel open zand.

Het verschil met type A0 ligt in het ontbreken van de *Hypnum*-groep L2 en de *Vaccinium-Deschampsia*-groep L3. Verder is de *Calamagrostis*-groep L20 steeds aanwezig, zodat eigenlijk altijd van 'duinvarianten' sprake is. Andere varianten (en die met groep L21) zijn niet bekend.

Type K0 is de kalkrijke of eutrofe pendant van type A0 en wordt vooral in de kalkrijke duinen aangetroffen.

Synsystematische verwantschap: niet aanwezig met natuurlijke loofbosvegetaties.

## K1 Gezelschap van Brandnetel (*Urtica dioica*) en Stekelvarens (*Dryopteris austriaca* en *D. spinulosa*) – voorlopige indeling

Dit gezelschap is gekarakteriseerd door de combinatie van de groepen L14 en L15 (*Urtica dioica* en *Rubus caesius-Geranium robertianum*-groepen) enerzijds, en van de groepen L2, L3, L4, en L7 (*Hypnum*, *Vaccinium-Deschampsia*, *Rumex-Festuca* en *Dryopteris*-groepen) anderzijds (foto 18). Soorten uit alle andere groepen (behalve vermoedelijk L1) kunnen aanwezig zijn.

Het aspect is meestal bepaald door Varens (*Dryopteris austriaca*), Brandnetel en diverse Bramen. Van gezelschap Z onderscheidt K1 zich door de aanwezigheid van de *Urtica*-groep L14 en de *Rubus caesius-Geranium robertianum*-groep L15. Het verschil met de andere K-typen is het vrijwel afwezig zijn van de groepen L2, L3, L4 en L7 aldaar.

Vochtvarianten (*Potentilla*-groep L23 en *Athyrium*-groep L24) en duinvarianten (groepen L20 en/of L21) zijn bekend. K1 zou verder nog onder te verdelen zijn op grond van dezelfde verschillen als die tussen K2 en K3.

Het gezelschap komt vooral voor op duinzandgronden die tot op 10–50 cm zijn ontkalkt en op dito rivierzandgronden, op enkeerdgronden (oude bouwlanden), vooral die met een sterk geëutrofeerd karakter (inwaaien van meststoffen, mesthopen e.d.), en in sterk met compost bemeste bossen. Het gaat hierbij steeds om uitgesproken overgangsmilieus: alle gezelschappen onder *Pinus* op een relatief eutroof substraat vertonen trouwens het karakter van een storingsvegetatie, maar vooral bij K1.

K1 is opgesteld voor de meest uitgesproken gevallen, waar soorten kenmerkend voor armoede samen groeien met soorten die aan eutrofie zijn gebonden. Aanleiding tot deze vegetatie geven oppervlakkig ontkalkte zandgronden en het omgekeerde: sterk bekalkte (of anderszins geëutrofeerde) oorspronkelijk zeer arme en/of zure gronden. De hierna beschreven K-typen komen voor op van nature rijke gronden waar (nog) geen sterke verarming (verzuring) is opgetreden.

Synsystematische verwantschap: overgang *Quercus-Carpinetum* – *Alno-Ulmion*; in de vocht varianten: *Alno-Ulmion* en *Irido-Alnetum glutinosae* (*Alnion glutinosae*).

Foto 18. Type K1. Brandnetel (*Urtica dioica*) en Brede stekelvaren (*Dryopteris austriaca*) in een bos met Corsicaanse dennen.



Photo 18. Type K1. *Urtica dioica* and *Dryopteris austriaca* in a forest with Corsican pines.

K2 Gezelschap van Dauwbraam (*Rubus caesius*), Vlasleeuwebek (*Linaria vulgaris*) en Hondstong (*Cynoglossum officinale*) – voorlopige indeling

Foto 19. Type K2. Duinvariant met Dauwbraam (*Rubus caesius*), hier en daar Duinriet (*Calamagrostis epigejos*) en met Eikvaren (*Polypodium vulgare*) in een bos met Corsicaanse dennen.



Photo 19. Type K2. Dune variant with *Rubus caesius*, *Calamagrostis epigejos* (fragmentary) and *Polypodium vulgare* in a forest with Corsican pines.

Dit gezelschap is opgebouwd uit de *Rubus*-groep L8, de *Holcus mollis*-groep L10, de *Oxalis*-groep L12, de *Stellaria media*-groep L13, de *Urtica*-groep L14, *Rubus caesius* uit groep L15, en de *Torilis*-groep L16. De groepen L9 en L11 zijn slechts spaarzaam vertegenwoordigd of ze ontbreken.

Het aspect wordt in de meeste gevallen bepaald door soorten uit de *Urtica*-groep L14 en *Rubus caesius*, samen met soorten uit de *Calamagrostis*-groep L20 en de *Hippophäe*-groep L21. Andere soorten uit de *Rubus caesius*-*Geranium robertianum*-groep L15, en soorten uit de *Sorbus-Prunus*-groep L5 en de *Galium*-groep L6 kunnen, zij het zeer spaarzaam, worden aangetroffen.

Het verschil met gezelschap K3 ligt in de goede vertegenwoordiging van de groep L15 als geheel; het verschil met K1 ligt in het ontbreken van de groepen L2, L3, L4 en L7.

Er komen duinvarianten (foto's 19 en 20) voor; vochtvarianten werden niet onderscheiden. Indien het substraat duidelijk vochthoudend is, treedt het type K3 op.



Foto 20. Type K2. Duinvariant met Dauwbraam (*Rubus caesius*), Duinriet (*Calamagrostis epigejos*) en Speerdistel (*Cirsium vulgare*) in een bos met Corsicaanse dennen.

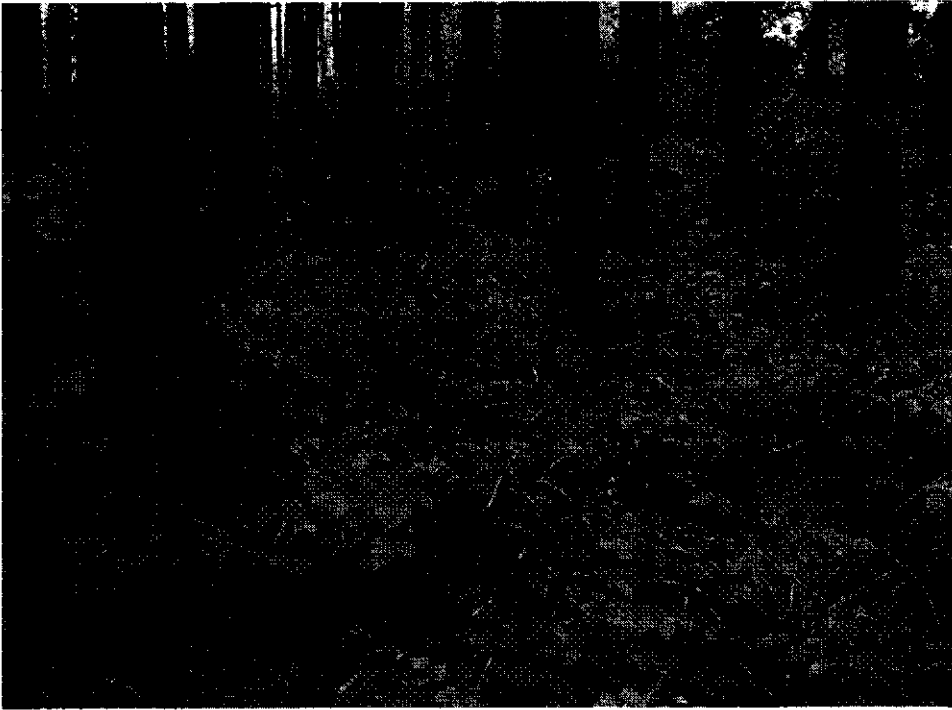


Photo 20. Type K2. Dune variant with *Rubus caesius*, *Calamagrostis epigejos* and *Cirsium vulgare* in a forest with Corsican pines.

Vermoedelijk zal K2 nog onderverdeeld kunnen worden, maar het beschikbare materiaal voor zo'n onderverdeling is vooralsnog onvoldoende. De opstelling van de groepen L14, L15 en L16 is dus zeer voorlopig.

Alle zeer rijke typen die niet voldoen aan de criteria voor K1 en K3 moeten dus voorlopig tot K2 gerekend worden, ook waar de groep L15 mocht ontbreken, hoewel het laatste, gezien het zeer heterogene karakter van groep L15 slechts zelden het geval zal zijn.

Type K2 wordt voornamelijk aangetroffen in de kalkrijke duinen. Op soortgelijke, relatief droge kalkrijke plaatsen elders (rivierduinen, lichte riviersedimenten, e.d.) is het ook te verwachten. Het kalkrijke milieu maakt, dat de afbraak van organische stof zeer snel verloopt, zodat er een constante mineralisatie plaats vindt waarbij voedingsstoffen vrij komen (zie verder onder hoofdstuk 5).

Zodra de kalk begint te verdwijnen kunnen ook soorten van minder eutrofe standplaatsen optreden in de vegetatie en ontstaat type K1.

Synsystematische verwantschap: *Alno-Ulmion*.

### K3 Gezelschap van Dauwbraam (*Rubus caesius*) en Robertskruid (*Geranium robertianum*) – voorlopige indeling

Foto 21. Type K3. Duinvariant met Dauwbraam (*Rubus caesius*) en Robertskruid (*Geranium robertianum*) in een bos met Corsicaanse dennen. In deze vegetatie zijn Brandnetel (*Urtica dioica*) en Fluitekruid (*Anthriscus sylvestris*) aspectbepalend.

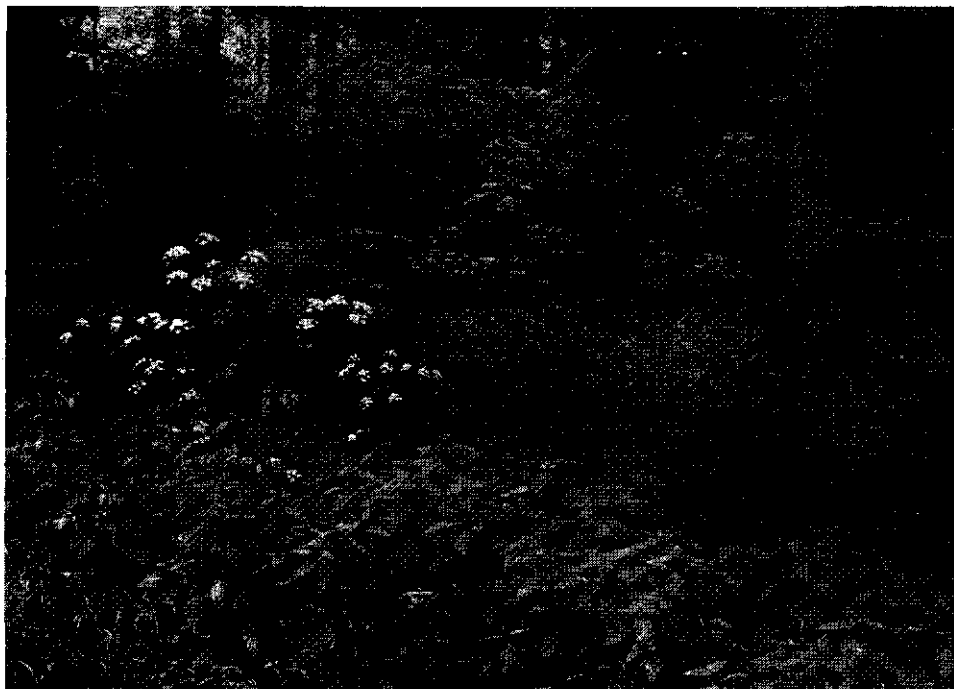


Photo 21. Type K3. Dune variant with *Rubus caesius* and *Geranium robertianum* in a forest with Corsican pines. In this vegetation *Urtica dioica* and *Anthriscus sylvestris* determine the aspect.

Dit gezelschap is opgebouwd uit de *Lonicera*-groep L9, de *Holcus mollis*-groep L10, de *Rubus idaeus*-groep L11, de *Oxalis*-groep L12, de *Stellaria*-groep L13, de *Urtica*-groep L14 en de *Rubus caesius*-*Geranium robertianum*-groep L15. De *Rubus*-groep L8 kan ook aanwezig zijn, maar schaars, evenals de groepen L5 en L6. De groep L15, en ook L9 en L11 duiden het verschil aan met type K2. Deze drie groepen bevatten soorten met een zekere voorliefde voor vochthoudende gronden.

Type K3 is (evenals K1 en K2) zeer voorlopig door schaarste aan opnamen, vooral uit de duinen (foto 21). Daar komt het voor in de vlakke, lage delen, terwijl K2 juist op de hogere delen en hellingen aangetroffen wordt.

Soortgelijke vegetaties kunnen worden verwacht op rijke rivierkleigronden en beeklenen wanneer men daar dennenbos zou planten.

Vochtvarianten komen voor (voornamelijk met de *Athyrium*-groep L24).

Synsystematische verwantschap: *Alno-Ulmion*.

### 4.3 De varianten van de gezelschappen in lichte naaldhoutbossen

Van de meeste gezelschappen beschreven onder 4.2 kunnen varianten worden onderscheiden, gekenmerkt door andere oorzaken dan de beschikbaarheid van minerale voedingsstoffen (zie 1.2).

Deze oorzaken kunnen liggen in het vochtgehalte van de grond (voor zover die al niet tot uiting kwam bij de onderscheiding van de gezelschappen), waarbij gesproken zal worden van (n) = zwak vochtig, n = matig vochtig, en N = sterk vochtig, (in 4.3.1) te plaatsen achter de afkorting van het desbetreffende gezelschap.

Ook geografische invloeden kunnen een rol spelen, waarbij al is gewezen op het optreden van 'noordelijke' soorten zoals Kleine keverorchis (*Listera cordata*) en het Linnaeusklokje (*Linnaea borealis*). Hierdoor kunnen noordelijke varianten ontstaan, aangeduid met de letter b.

Van min of meer vergelijkbare aard zijn de duinvarianten, aangeduid met de letter w die enkele soorten bevatten die elders niet voorkomen (vermoedelijk speelt het klimaat hierbij een rol).

Van enigszins andere aard zijn de varianten die gekenmerkt zijn door een relatief hoge dekkingsgraad van één soort: in de Struikheidevarianten (c) > 5% *Calluna vulgaris*, in de Bosbesvarianten (v) > 5% *Vaccinium myrtillus*, in de varianten van Bochtige smele (d) gewoonlijk > 50% *Deschampsia flexuosa* en in de Adelaarsvarenvarianten (p) veel *Pteridium aquilinum*.

Een plek van een bepaald type kan tot meer dan één variant tegelijk behoren. Zo kan men varianten onderscheiden door het optreden van een of meer van de volgende soorten of soortengroepen: Struikheide (*Calluna vulgaris*) en Jeneverbes (*Juniperus communis*) uit L1, Bosbes (*Vaccinium myrtillus*) en Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*) uit L3, Adelaarsvaren (*Pteridium aquilinum*) uit L6 en Rode bosbes (*Vaccinium vitis-idaea*) uit L17, de *Empetrum nigrum*-groep L18, de *Goodyera repens*-groep L19, de *Calamagrostis epigejos*-groep L20, de *Hippophaë rhamnoides*-groep L21, de *Molinia caerulea*-groep L22 (oligotrofe vocht-groep), de *Potentilla erecta*-groep L23 (mesotroof) of de *Athyrium filix-femina*-groep L24 (eutroof). Deze soorten of groepen kunnen vaak het aspect bepalen.

De vocht indicerende groepen L22, L23 en L24 bepalen mede de typen doordat L22 voornamelijk in de oligotrofe, L23 in de mesotrofe en L24 uitsluitend in de rijkste typen (Z en K) voorkomt.

#### 4.3.1 De vochtvarianten (n), n en N

De factor vocht komt ten dele tot uiting in de typen, ten dele in de hieronder beschreven vochtvarianten. Zo wijzen RL, R4 en K3 al op vocht; ze bleken niet geheel in de eutrofie-reeks te passen doordat ze tevens blijken samen te hangen met een zekere vochttoestand van het profiel. Vermoedelijk houdt dit verband met het vocht-houdend vermogen van de bodem, o.a. door de lemigheid en het humusgehalte bepaald: men zou dus van vochthoudendheidstypen kunnen spreken. De relatie tot

de overige typen in de eutrofierreeks blijkt duidelijk uit het schema van bijlage VII.1.

De eigenlijke vochtvarianten hebben hun ontstaan vermoedelijk te danken hetzij aan hun grondwater, hetzij aan stagnerend water op de ondoorlatende bodemhorizonten (schijngrondwaterspiegels). Geheel scherp is deze scheiding zeker niet: ook binnen de 'vochthoudendheidstypen' kunnen vochtvarianten onderscheiden worden, gekarakteriseerd door het voorkomen van een of meer van de volgende groepen: de *Molinia*-groep L22, de *Potentilla*-groep L23 en de *Athyrium*-groep L24. Men kan de vochtvarianten van de rijke typen Z, K1, K2 en K3 ook aanduiden als Wijfjesvaren-varianten, die van de arme typen als *Molinia*-varianten en die van de tussen beide gelegen typen eventueel als Tormentil-varianten, al naar de groep die domineert.

De vochtvarianten worden aangeduid met: (n) = zwak, n = matig, N = sterk. Men moet hierbij echter wel bedenken, dat het voorkomen van *Molinia caerulea* ook afzonderlijk kan worden aangegeven met (m), m of M, overeenkomend met bedekingsgraden van resp. < 5, 5-25 en > 25%. Men kan dus de combinatie mN of (m)N enz. gebruiken (zie ook 5.4.2).

In de arme typen A tot en met R1 zijn steeds vrij duidelijk alle drie vochtvarianten te onderscheiden; ze worden gekenmerkt door het voorkomen van de *Molinia*-groep L22. De overige vochtgroepen ontbreken, slechts L23 kan (zeer schaars) vertegenwoordigd zijn in H2 en R1. In vochtvarianten (n) is de bedekking van soorten uit groep L22 (waarbij *Molinia* veelal het grootste aandeel heeft) lager dan 5%, in vochtvariant n is dit 5 tot 25% en in vochtvariant N meer dan 25%. *Molinia* bepaalt in deze beide laatste het beeld volledig en kan in vochtvariant N op het eerste gezicht zelfs de enig aanwezige soort lijken. De invloed van deze soort kan daarbij schadelijk zijn voor het bos, vooral bij bosverjonging.

In de R2- en R2L-, maar vooral in de R3- en R4-typen is *Molinia*, bij gelijke vochtigheid, duidelijk minder vitaal. Hier is de *Potentilla*-groep L23 naast de *Molinia*-groep L22 vertegenwoordigd in de vochtvarianten. De vochtvariant (n) is hier gereserveerd voor vegetaties met zeer weinig vochtindicatoren uit de groepen L22 en L23. In de RL- en R4-typen is het vermoedelijk beter deze zwakke vochtvariant niet te onderscheiden. De vochtvariant n toont een redelijk voorkomen van de groepen L22 en L23, maar met een bedekking van niet meer dan 10%. Is het percentage hoger dan hebben we met vochtvariant N te maken.

In de rijkste typen Z, K1 en K3 zijn alleen de vochtvarianten n en N onderscheiden. In K2 komt vermoedelijk geen vochtvariant voor daar K3 in feite een vochtige vorm, al of niet door grondwater bepaald, van K2 is. In de Z- en K-typen zijn het de soorten uit de *Athyrium*-groep L24 die de vochttoestand indiceren maar ook de *Potentilla*-groep L23 is vaak aanwezig. De *Molinia*-groep is er duidelijk schaars en weinig vitaal. Er zijn nog niet voldoende gegevens om een definitieve grens tussen n en N te bepalen: voorlopig is die gelegd bij 10% bedekking van de soorten uit de vochtgroep.

Hier zij gewezen op de interferentie die er bestaat tussen stikstof- en vochtindicatie, zoals zal worden geschetst in hoofdstuk 5, die het beeld kan vertroebelen. Zo zegt *Solanum dulcamara* in kalkrijke (= N-rijke) gebieden niets over de vochttoestand (ook *Humulus lupulus* en andere *Alno-Ulmion*-planten vertonen dit verschijnsel).

Uit het voorgaande blijkt dat *Molinia* een grote rol kan spelen bij de vochtindicatie. Dit houdt enige gevaren in: het optreden van deze plant wordt namelijk, behalve door grondwater, ook in sterke mate bevorderd door een grondbewerking waarbij de bovengrond los wordt gemaakt en de ondergrond vast blijft. Bij gelijke grondwaterinvloed zullen bewerkte percelen meer *Molinia* dragen dan geheel ongestoorde. In het algemeen duidt *Molinia* op sterke fluctuatie tussen droge en natte perioden, terwijl *Erica* en *Sphagnum* daarentegen bij meer gelijkmatig vochtig milieu algemeen voorkomen (zie Zonneveld & Bannink, 1960). In gebieden waar veel *Molinia* voorkomt heeft ze de neiging ook vrij ver in het droge gebied binnen te dringen. Men moet daar de bedekking dus in relatieve zin waarderen. Dit geldt overigens ook voor vele andere planten, zij het in niet zo sterke mate.

De vochtvarianten uit de groepen A en H zijn voornamelijk gebonden aan vochtige en natte veldpodzolgronden, gooreerdgronden en voor zover op stuifzand gelegen, aan ondoorlatende overstoven profielen. De meer eutrofe vochtvarianten komen op bemeste veldpodzolgronden en gooreerdgronden voor en verder vooral op beekerdgronden en sterk lemige moderpodzolgronden.

Synsystematisch zijn de vochtvarianten uiteraard verwant aan de vochtige sub-associaties en varianten van de associaties genoemd in de beschrijving van de typen. In het *Quercu-Betuletum* is dit o.a. het *Quercu-Betuletum molinietosum*, in het *Violo-Quercetum* is dit het *Violo-Quercetum dryopteridetosum*. Bij de rijkere gezelschappen zijn de vochtige, en zeker de natte, varianten verwant met geheel andere associaties dan de hoofdtypen, namelijk met het *Macrophorbieto-Alnetum* en het *Irido-Alnetum*. De zeer natte arme vegetaties vertonen verwantschap met het *Sphagno-Alnetum* en het *Sphagno-Betulion*.

#### 4.3.2 De noordelijke varianten b (bv, bg, be)

De noordelijke varianten zijn gekenmerkt door soorten die in Nederland hun zuidgrens bereiken. Sommige daarvan komen alleen op arme gronden voor en bijgevolg alleen in de A- en H-typen: dit zijn Rendiermos (*Cladonia rangiferina*) en Rode bosbes (*Vaccinium vitis-idaea*). Andere ontbreken meestal op de allerarmste gronden (de A-typen): dit zijn de Dennenorchis (*Goodyera repens*), Kleine keverorchis (*Listera cordata*), Linnaeusklokje (*Linnaea borealis*) en Klein wintergroen (*Pirola minor*). Kraaiheide (*Empetrum nigrum*) komt vrijwel over het gehele traject van hoofdtypen A en H voor. Binnen de typen rijker dan R3 zijn tot nu geen noordelijke soorten waargenomen.

Als alleen *Empetrum* aanwezig is kunnen noordelijke varianten desgewenst aangeduid worden met be, als de *Goodyera*-groep aanwezig is met bg, is alleen *Vaccinium vitis-idaea* aanwezig met bv. In 4.6. en 5.1 zal verder worden ingegaan op de synsystematische verwantschappen van deze noordelijke varianten. Ze zijn het best ontwikkeld in de kalkarme duinen van Noord-Holland, verder komen ze voor op de Waddeneilanden, op de Veluwe en in Drenthe.

#### 4.3.3 De Struikheidevarianten c

Deze zijn gekenmerkt door een bedekking met meer dan 5% Struikheide (*Calluna vulgaris*) en/of Vossebes (*Vaccinium vitis-idaea*). Als de laatste optreedt is tevens sprake van een noordelijke variant.

De struikheidevariant komt vrijwel uitsluitend voor bij de A- en de armste vormen van het H1-type. De oorzaak kan verschillend zijn: soms gaat het om zeer open bos, soms is er sprake van een vrij open bebossing op een voormalige heide waarbij de heideplanten (nog) niet zijn afgestorven, meestal echter betreft het plaatsen waar sterke strooiselroof heeft plaatsgevonden en het bos in het algemeen slecht verzorgd is.

Als de Vossebes alleen domineert, dus zonder veel Struikheide, kan dezelfde genese als voor de volgende variant gelden.

Op vochtige gronden is de Struikheidevariant zeldzaam. De Vossebes is meer vochtminnend dan Struikheide en is daar dus wel sterk ontwikkeld, zoals op zeer lemige gronden in het midden en noorden van het land. *Erica* is dan vaak ook aanwezig.

#### 4.3.4 De Bosbesvarianten v

De Bosbesvarianten zijn gekenmerkt door een bedekking met Bosbes (*Vaccinium myrtillus*) van meer dan 5%, of in ieder geval hoger dan die van *Deschampsia flexuosa*. Ze komen vrijwel uitsluitend voor binnen de H1- en de H2-typen.

Hun ontstaan hangt samen met de voorgeschiedenis van het bos: onder naaldhoutaanplant op een voormalig loofhoutperceel treedt dit type onmiddellijk op. Op een heidebebossing wordt in het algemeen eerst type H1 of H2 gevormd dat zich tegen het eind van de eerste of in de tweede generatie ontwikkelt tot deze variant. Op stuifzand treedt vóór de H-typen nog een A0- of A2-vegetatie op, of zelfs een A1-type, dat lang stand kan houden op de armste gronden (zie 5.6). Op rijke gronden gaat de ontwikkeling sneller dan op arme. Strooiselroof kan de ontwikkeling tegenhouden of zelfs omgekeerd laten verlopen; meestal echter resulteert strooiselroof in een Struikheidevariant.

In goed onderhouden bossen op moderpodzolgronden zijn de H-typen gewoonlijk vertegenwoordigd door Bosbesvarianten. Op haar- en veldpodzolgronden zijn het overwegend de oudere bossen of de tweede generatie die de Bosbesvariant vertonen. In de eutrofiereeks kan men de Bosbesvarianten beschouwen als iets rijker dan de typen H1 en H2 op grond van de betrekkelijk gunstige humustoestand waar ze op reageren en die ze tegelijk ook bevorderen. Op zeer vochtige gronden komen geen Bosbesvarianten voor. Ook in R2 en R2L kan Bosbes domineren, maar het heeft weinig zin daar een Bosbesvariant te onderscheiden.

#### 4.3.5 De Bochtige smelevarianten d

Bochtige smelevarianten zijn gekenmerkt door een bedekking met *Deschampsia*

*flexuosa* van gewoonlijk meer dan 50 %, waarbij een groot deel van de overige ruimte vaak is ingenomen door *Vaccinium myrtillus*, die echter minder bedekt. De genese is dezelfde als die van de Bosbesvariant en er bestaan dan ook allerlei overgangen tussen beide varianten. De Bochtige smele-variant komt alleen voor op de rijkere H2- en op de R-typen. In ontstaan en oecologie zijn deze varianten vergelijkbaar met de Bosbesvarianten, met dien verstande dat ze een hogere trap in de eutrofiereeks vertegenwoordigen.

Ze komen in het bijzonder op relatief humeuze stuifzandgronden en moderpodzolgronden voor. Men is geneigd meer verband te leggen met natuurlijke rijkdom dan met bemesting. Veel licht bevordert de groei van *Deschampsia*.

Bochtige smele kan een hinderlijk onkruid zijn bij herbebossing en bosverjonging.

#### 4.3.6 De Adelaarsvarenvarianten p

Deze hangen mede samen met de ouderdom van het bos of de generatie bos. Op betrekkelijk recente heide-ontginningen en stuifzand ontbreekt *Pteridium aquilinum*.

Adelaarsvarenvarianten worden vrijwel alleen in de R- en Z-typen (sporadisch in H2) aangetroffen (foto 14). Waar de Adelaarsvaren niet door bodembewerking of door een donkere boometage in zijn ontwikkeling gestoord wordt, vormt hij dichte, grillig gevormde haarden. Bij bosverjonging en herbebossing is de plant vaak een uiterst lastig onkruid.

#### 4.3.7 De duin- en duinstruweelvarianten w

In de duinen zijn dennenbossen (meestal *Pinus nigra*) aangeplant in verschillende oorspronkelijke duinvegetaties. De soortenrijkdom hiervan maakt, dat ook in het dennenbos veel planten worden aangetroffen, die men elders niet vindt. Ten dele heeft dit een zuiver edafische oorzaak (voorzover er kalkrijkdom in het spel is), ten dele is het een klimatologische kwestie en in dat geval van belang om aan te geven. Een zuivere scheiding tussen bodem- en klimaatinvloed is echter niet te maken, mede door de merkwaardige overeenkomst van de flora in de duinen met die van bepaalde gebieden met een meer continentaal klimaat. Onderscheiden zijn een *Calamagrostis*-variant (w) en een *Hippophaë*-variant (ws) op basis van het voorkomen van de groepen L20 en L21. Daarin zijn enige planten verenigd die, om welke redenen dan ook, speciaal veel voorkomen in de duinen maar die daarbuiten in ons land zeldzaam zijn.

#### 4.4 Beschrijving van de vegetatietypen in de Donkere naaldhoutbossen D

##### 0 Ondergroeilos sparrenbos

Foto 22. Type 0. Douglasbos zonder ondergroei. Het aspect wordt hier bepaald door kale dode takken met slechts hier en daar wat mossoorten.



Photo 22. Type 0. Douglas forest without forest floor vegetation. Here the aspect is determined by practically bare dead branches; only occasionally some mosses are found.

Ondergroeilos sparrenbos vertoont een kale strooisellaag met hier en daar wat mos op afgevallen takken en op stobben (foto 22). De totale bedekking is steeds minder dan 0.1% en wordt voornamelijk gevormd door plantesoorten die tot de *Campylopus-Pohlia*-groep D2 behoren, terwijl hooguit 10% van deze mossen in de *Mnium hornum*-groep D3 ondergebracht moeten worden. Daarnaast kunnen enkele kiemplanten optreden van hogere plantesoorten uit laatstgenoemde groep, maar slechts vijf per 100 m<sup>2</sup>.

Dit type kan op alle bodemeenheden worden aangetroffen. Over synsystematische verwantschap valt hier niet te spreken.



**I** Gezelschap van Kantmos (*Lophocolea bidentata*) en Klauwtjesmos (*Hypnum cupressiforme*)

Het aspect van dit gezelschap is een 'mosbos' met meer dan 0,1% bedekking van mossensoorten uit de *Campylopus-Pohlia*-groep D2 en/of meer dan 5 kiemplanten per 100 m<sup>2</sup> van hogere plantensoorten uit de *Mnium hornum*-groep D3. Indien lagere plantensoorten (mossen e.d.) uit D3 voorkomen, of soorten uit de *Sorbus*-groep D4, de *Rubus-Dryopteris*-groep D7, de *Galium*-groep D6, de *Stellaria*-groep D5, de *Lonicera*-groep D8, de *Corydalis*-groep D9 en de *Athyrium*-groep D11, dan zijn hiertegenover de *Paxillus*-groep D1 en de *Molinia*-groep D10 minstens even belangrijk.

Synsystematische verwantschap: *Quercu-Betuletum*.

**II** Gezelschap van Kronkelsteeltje (*Campylopus flexuosus*) en Sterremos (*Mnium hornum*)

In dit gezelschap komen soorten uit de *Sorbus*-groep D4 en de *Stellaria*-groep D5 regelmatig voor naast die uit de *Paxillus*-groep D1, de *Campylopus-Pohlia*-groep D2 en de *Mnium hornum*-groep D3 en eventueel de *Molinia*-groep D10.

D4 en D5 en/of mossen uit D3 overwegen duidelijk over soorten uit D1 en D10 met minstens 1 en hoogstens 5 polletjes of exemplaren per 100 m<sup>2</sup>. Andere plantensoorten dan die uit genoemde groepen komen in de ongestoorde naaldenlaag niet voor.

Synsystematische verwantschap: *Quercu-Betuletum*.

**III** Gezelschap van Kronkelsteeltje (*Campylopus flexuosus*), Lijsterbes (*Sorbus aucuparia*) en Wilgeroosje (*Epilobium angustifolium*)

Dit gezelschap bestaat uit soorten van de *Campylopus*-groep D2, de *Mnium hornum*-groep D3, de *Sorbus*-groep D4, de *Stellaria*-groep D5, de *Galium*-groep D6 en de *Rubus-Dryopteris*-groep D7. Daarbij is D4 + D5 met minstens 5 pollen of exemplaren vertegenwoordigd en/of van groep D6 of D7 is minstens één, maar zijn niet meer dan 5 pollen of exemplaren aanwezig. De bedekking van een van deze soorten kan meer dan 5% bedragen.

Synsystematische verwantschap: *Quercu-Betuletum*.

**IV** Gezelschap van Stekelvaren (*Dryopteris austriaca*) en Liggend walstro (*Galium hercynicum*)

Dit gezelschap bestaat uit soorten van dezelfde groepen als III, echter met meer dan 5 soorten uit de *Galium*-groep D6 en de *Rubus-Dryopteris*-groep D7.

Dit gezelschap komt voor op betrekkelijk voedselrijke, matig vochthoudende moederpodzolgronden en de drogere humuspodzol- en haarpodzolgronden met enige verrijking, alsook op de betrekkelijk humeuze stuifzandgronden.

Synsystematische verwantschap: *Quercu-Betuletum* tot *Violo-Quercetum*.

Foto 23. Type VI van de Donkere formatie (of type R3 à Z van de Lichtere formatie). Rankende helmblloem (*Corydalis claviculata*), Witte klaverzuring (*Oxalis acetosella*) en zeer veel Stekelvaren *Dryopteris austriaca* in Douglasbos.

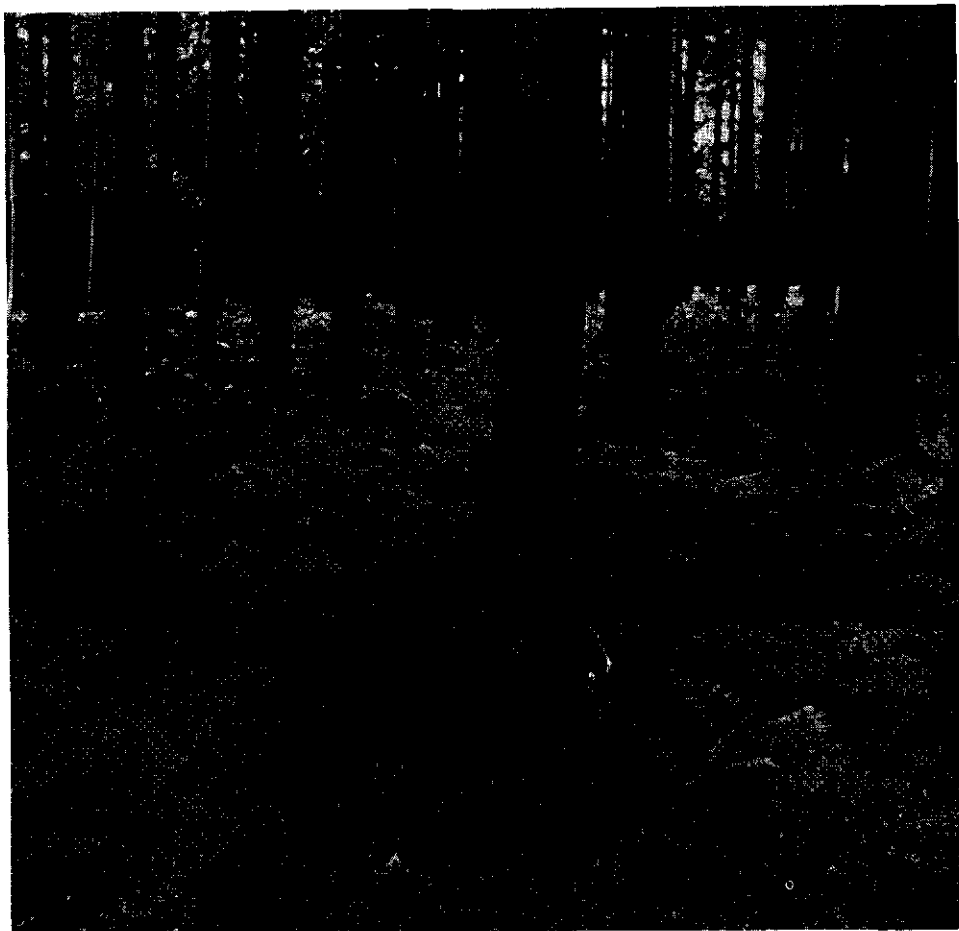


Photo 23. Type VI of the dark formation (or type R3 to Z of the bright formation). *Corydalis claviculata*, *Oxalis acetosella* and a very great amount of *Dryopteris austriaca* in a Douglas forest.

V Gezelschap van Kamperfoelie (*Lonicera periclymenum*), Stekelvaren (*Dryopteris austriaca*) en Drienvrige muur (*Moehringia trinervia*)

Dit gezelschap bevat de *Campylopus*-groep D2, de *Mnium hornum*-groep D3, de *Sorbus*-groep D4, de *Rubus-Dryopteris*-groep D7, de *Stellaria*-groep D5 en de *Lonicera*-groep D8. Het verschil met IV is, dat minstens één soort uit de *Lonicera*-groep voorkomt en die uit de *Calluna*-groep D6 afwezig, zeer schaars of gereduceerd zijn.

Het komt voor op betrekkelijk voedselrijke, redelijk vochthoudende gronden zoals (lemige) moderpodzolgronden, op de lagere veldpodzolgronden met enige bemestingsinvloed, en op humeuze stuifzandgronden met een overstoven bodemprofiel op betrekkelijk geringe diepte. Verder is het aangetroffen op beek- en gooreerdgronden.

Synsystematische verwantschap: *Violo-Quercetum loniceretosum*.

VI Gezelschap van Rankende helmblom (*Corydalis claviculata*), Witte klaverzuring (*Oxalis acetosella*) en Braam (*Rubus 'fruticosus'*)

Dit gezelschap bevat alle soortengroepen met uitzondering van de *Paxillus*-groep. Het verschilt van het vorige hoofdzakelijk door de aanwezigheid van soorten uit de *Corydalis*-groep D9. Het aspect kan in hoge mate bepaald zijn door soorten uit de *Rubus-Dryopteris*-groep D7 (Varens, Bramen; foto 23). Het komt voor op voedselrijke, matig vochthoudende gronden, zowel op moderpodzol- als middelhoge tot lage veldpodzolgronden, beek-, goor- en enkeerdgronden en humeuze stuifzandgronden.

Synsystematische verwantschap: *Violo-Quercetum* tot *Querceto-Carpinetum*.

#### 4.5 De varianten van de gezelschappen in donkere naaldhoutbossen

##### 4.5.1 De vochtvarianten

In de typen I, II en III worden vochtvarianten onderscheiden als minstens één soort uit groep D10 voorkomt. Hun symbolen zijn Im, IIm en IIIm; hun namen dragen de toevoeging 'met Pijpestrootje (*Molinia caerulea*)'. Type IV is van nature droog, kent dus geen vochtvarianten. De typen V en VI komen op betrekkelijk vochtige gronden voor, zodat voor beide kon worden volstaan met de onderscheiding van één nog vochtiger variant, gekenmerkt door minstens één vertegenwoordiger uit groep D11 (wellicht soms ook uit groep D10); deze varianten zijn Va en VIa genoemd en aangeduid door de toevoeging 'met Wijfjesvaren (*Athyrium filix-femina*)'.

##### 4.5.2 Adelaarsvarenvarianten

Het optreden van een Adelaarsvarenvariant hangt samen met de ouderdom van het bos of de generatie bos en is van groot belang bij cultuurmaatregelen. Ze komt voor in de typen II t/m VI en wordt voorzien van de toevoeging 'p'.

## 4.6 Synsystematische verwantschappen

Aan de hand van de in 4.2 en 4.4 gegeven beschrijvingen, de schema's in de bijlagen VII.1 en VII.3 en tabel 2 is de verwantschap van de beschreven gezelschappen met natuurlijke bosgezelschappen na te gaan. Dit is om twee redenen van belang.

In de eerste plaats bestaat er een uitgebreide literatuur over de oecologische 'eisen' van de verschillende natuurlijke plantengezelschappen. Door de verwantschap aan te geven van de hier onderscheiden naaldbosgezelschappen met deze bekende eenheden is het mogelijk een deel van de reeds bestaande kennis omtrent milieu-indicaties over te dragen. In feite gebeurt dat bij iedere classificatie.

In de tweede plaats zal men in Nederland bij een kartering van vegetatie of landschaps-oecologie steeds te maken hebben met een mozaïek van naald- en loofbos naast andere vormen van bodemgebruik.

Zodoende is het bij het vaststellen van de hiërarchie in de legenda van een kaart zowel als bij het generaliseren van het kaartbeeld zeer nuttig te weten, welke eenheden van het naaldbos verwant zijn met eenheden uit het loofbos en andere vegetaties die over het algemeen te classificeren zijn met de bestaande systemen van natuurlijke gezelschappen. Met andere woorden gezegd: een correlatie tussen de classificatiesystemen van het loof- en het naaldbos is onontbeerlijk.

Men houde daarbij echter in het oog, dat een verwantschap als aangegeven in de tekst niet inhoudt, dat het bos geplant is op de plaats waar het verwante gezelschap 'van nature' heeft gegroeid of zou hebben gegroeid. De verwantschap is bepaald op grond van soorten; deze soorten zijn aanwezig door de gecombineerde werking van de bodem (met zijn gehele voorgeschiedenis), de huidige opstand en van alle invloeden via deze op de bodem uitgeoefend. Zo kan bijvoorbeeld een oorspronkelijke *Querceto-Carpinetum*-standplaats thans een *Violo-Quercetum*-begroeiing dragen, of omgekeerd.

Voor de lichte naaldhoutbossen is een vergelijking met natuurlijke bosgezelschappen eenvoudig. Voor de donkere naaldhoutbossen, met hun overwegend zeer ijle en schaarse vegetatie, is dit minder gemakkelijk. Deze zijn nog het best vergelijkbaar met de inheemse beukenbossen, ondanks het grote verschil in strooiselomzetting (bij Douglas b.v. veel sneller dan bij Beuk), zodat de omstandigheden toch sterk blijven verschillen. Op grond van het voorkomen van soortengroepen die ook in Nederlandse loofbossen worden aangetroffen is de verwantschap bepaald. Tot nu toe zijn geen planten waargenomen die specifiek zijn voor het Douglas-, *Picea*- of *Abies*-bos. Een synsystematische vergelijking blijkt hier dan ook nuttig om, met de systematiek als basis, de invloed op het milieu van de Douglas en andere naaldhoutopstanden die veel schaduw geven te bestuderen.

In systematisch opzicht zijn de *Pinus*-bossen interessanter. De lichte bossen tonen verwantschap zowel met loofbosgezelschappen als met natuurlijke dennenbosgezelschappen in Europa. Dit alles geldt in het bijzonder voor de armere typen (A tot en met R): het is mogelijk daaruit opnamen te selecteren die vrijwel identiek zijn met die uit loofbos of natuurlijk *Pinus*-bos op vergelijkbare standplaatsen. Met het natuurlijke *Pinus*-bos is de overeenkomst nog sterker, omdat zich in onze dennenaanplan-

Tabel 2. Overzicht van de synsystematische verwantschappen tussen de natuurlijke bosgezelschappen en de naaldbosgezelschappen.

Klasse Class	Orde Order	Natuurlijke bosgezelschappen *) Natural woodland communities	Onderverbond Substrance	Naaldbosgezelschappen Coniferous forest communities
Quercus-Piceetea	Quercetalia robori-petraeae	Quercion robori-petraeae	Violo-Quercion Vaccinio-Quercion	R3 + R4 + RL3 + VI (pro parte) alle varianten van deze typen (e en b) van alle A-, H-, R- en Z-typen en d- + (n)-varianten van deze typen + all variants of these types
Vaccinio-Piceetea *)	Vaccinio-Picetalia *)	Vaccinio-Piceion *)		H1 + H2 + R1 + R2 + alle c-, v-, d-, H1 + H2 + R1 + R2 + all c-, v-, d-, and n- + (n) - variants of these types
Alnetea glutinosae	Betulo-Vaccinietalia Alnetalia glutinosae	Sphagno - Betulion pubescentis Alnion glutinosae		A1 + A2 + de noordelijke varianten (e en b) van alle A-, H-, R-, en Z-typen A1 + A2 + the northern variants (e and b) of all A-, H-, R- and Z- types
Quercus-Fagetea	Populetalia Quercus-Fagetalia	Alno-Ulmion Carpinion betuli	Circaeae-Alnion Ulmion carpinitaliae	Natte varianten van A-, H- en R-typen wet variants of A-, H- and R- types
				Natte varianten van VI-, Z- en K-typen wet variants of VI-, Z- and K- types
				Droge varianten van K-typen Dry variants of K- types
				Droge varianten en p-varianten van VI- (pro parte) en Z-typen Dry variants and p- variants of VI- (pro parte) and Z- types

\*) voorn. volgens Doing, 1962; \*) = in andere systemen, zie o.a. Matuszkiewicz, 1962; \*\*) = sensu Braun-Blanquet et al., 1939  
mainly according to Doing 1962; \*) in other systems, see a.o. Matuszkiewicz, 1962;

Table 2. Synsystematic relations between the communities of natural woodland and of coniferous forests.

tingen soorten aan het vestigen zijn die in de natuurlijke *Pineta* van Midden- en Noord Europa een belangrijke plaats innemen en hier, vóór de uitbreiding van het *Pinus*-areaal, niet of slechts sporadisch voorkwamen. Het betreft hier de noordelijke soorten, groep L19, waaruit vooral *Goodyera repens*, *Listera cordata* en *Linnaea borealis* een duidelijke binding blijken te hebben aan, bij ons steeds geheel kunstmatig aangeplant, dennenbos.

Van nature zal *Pinus*-bos in ons land waarschijnlijk alleen op kalkarme zandverstuivingen (die hun ontstaan aan de mens hebben te danken) als pionierstadium voorkomen; voor het overige zal de Grove den wellicht in het armere loofbos hier en daar zijn opgetreden. Toch is de overeenkomst die bestaat tussen A-, H- en R-typen en het *Leucobryo-Pinetum* van Matuszkiewicz (1962) opmerkelijk. Deze verwantschap is in het bijzonder sterk tussen de noordelijke varianten en de 'Küsten-Rasse'. Kennelijk is het voldoende om de den aan te planten om binnen ons klimaat en onze bodem een *Pinetum* te 'scheppen' (zie ook Westhoff et al., 1959).

Op rijkere bodem komen vele soorten voor. Daar blijkt het verschil tussen het meer atlantische westen en het meer continentale oosten sterker. Een gedetailleerde vergelijking wordt daardoor minder zinvol. Kan men de armere *Pinus*-cultuurbossen zeker opnemen binnen het *Dicrano-Pinion* van Matuszkiewicz (1962) – het verbond van natuurlijke dennenbossen in Europa – met de rijkere bossen gaat dit stellig niet.

Een vergelijking met de loofbossen laat iets dergelijks zien. Gedurende de kartering is gebleken, dat men de onderscheidingen in de 'Lichte' naaldhoutbosformatie zonder meer kan toepassen in de armere loofbossen. Inderdaad is de verwantschap groot, speciaal in de dwergstruikvarianten. Het gaat hier voornamelijk om de loofbosgezelschappen van het *Quercu-Betuletum* en *Violo-Quercetum*. De rijkere bossen tonen een veel onstabiel en daardoor minder goed vergelijkbaar beeld. Het strooisel en, in de donkere bossen, het licht wijken dermate af van de 'normale' omstandigheden in het natuurlijke loofhout, dat allerlei verschuivingen optreden in soortcombinaties die het beeld in detail vertroebelen. In grote lijn echter is wel verwantschap aan te geven op verbondsniveau (zoals in het voorgaande is gebeurd).

Deze waarnemingen duiden erop dat het voorstel van Doing (zie ook Westhoff, 1958) om de op armere bodem voorkomende *Vaccinium*-rijke loofbossen met de natuurlijke naaldbossen in één klasse (*Quercu-Piceetea*) te verenigen aandacht verdient. Deze zienswijze heeft echter tot nu toe weinig aanhang gevonden bij de Europese plantensociologen.

Wij sluiten ons gaarne aan bij het voorstel van Doing (1962) de niet al te natte dennenbosvegetaties met noordelijke varianten te voegen bij het *Vaccinio-Piceion* dat, samen met de ondervbonden *Violo-Quercion* en *Vaccinio-Quercion*, het *Quercion robori-petraeae* vormt.

Het voorstel van Doing omvat alleen de *Pinus sylvestris*-bossen, op grond van de overweging dat de Grove den inheems is. Hij noemt ze 'menschlich bedingte Waldassoziationen', dus geen 'Forstgesellschaften' (zie Meisel-Jahn, 1955). De natuurlijke of niet-natuurlijke aanwezigheid van een boomsoort, die zich na aanplanting handhaaft en uitbreidt, maakt ons inziens geen groot verschil. Alle ondergroei van elk aange-

plant bos kan een basis zijn om, zuiver morfometrisch, het al of niet bestaan van een verwantschap te bepalen.

Het lijkt niet nodig, op de verwantschap op associatieniveau nader in te gaan. De overeenkomst van de armere varianten met het *Leucobryo-Pinetum* van Mastuszkiewicz (1962) is groot. In de wat rijkere varianten is er verschil, o.a. door het optreden van *Corydalis* in Nederland. Toch is er volgens Westhoff et al. overeenkomst met Schotse dennenbossen. Mastuszkiewicz (1962) stelt echter dat deze geheel buiten zijn verbond vallen.

De dwergstruikvarianten zonder noordelijke componenten zijn in struik- en kruidlaag zeer nauw verwant aan de loofbosvegetatie. Het ligt daarom voor de hand, indien men ze een plaats in een systeem wil geven, aansluiting te zoeken met loofbosassociaties. Bij de A-typen, vooral A1 en ook A0, en de typen H1, H2 en R1 (maar niet hun vocht- en dwergstruikvarianten) is de verwantschap met de loofbosvegetatie het geringst. De A-typen zijn zeker niet méér verwant met loofbos dan met natuurlijk *Pinus*-bos; bovendien is zeker hier *Pinus sylvestris* als min of meer natuurlijk te beschouwen, al groeit ze nergens zo langzaam als in de A-typen. De A-typen behoren, ook als noordelijke soorten ontbreken, tot het *Vaccinio-Piceion*. De typen H1, H2 en R1 kunnen nog juist bij de loofbosverbanden ondergebracht worden, mede daar diverse loofhoutstruiken er, anders dan bij de A-typen, gemakkelijk in opslaan. A0 en K0 zijn voornamelijk kunstmatige, tijdelijke vormen die we buiten beschouwing kunnen laten.

De typen VI, Z, R4 en K1 hebben een soortencombinatie waarin *Carpinion*-elementen aanwezig zijn, maar ook nog soorten van het *Violo-Quercion* (*Quercu-Piceetea*). Vooral K1, dat ook in droge toestand een sterk *Alno-Ulmion*-karakter vertoont, is eerder als vrij onstabiel stadium te beschouwen dan als een gevestigd duidelijk type. De K-typen, evenals de vochtvarianten van Z, zien er het onnatuurlijkst uit omdat daar zuur strooisel van de naaldbomen interfereert met een mineraalrijk milieu (zie ook hoofdstuk 5). Toch is hier een duidelijke verwantschap met het *Alno-Ulmion* in de drogere en met het *Alnion glutinosae* in de vochtiger en natte varianten aanwezig.

#### 4.7 Opmerkingen bij kartering van de vegetatietypen

Een groeiplaatsbeoordeling aan de hand van zowel vegetatie als bodem mondt in de meeste gevallen uit in een kartering. Daarmee is in het voorgaande rekening gehouden, zodat de gegeven classificatie een algemene classificatie is, die tevens als basis kan dienen voor een kaartlegenda. Bij zeer gedetailleerde karteringen vallen legenda en algemene classificaties samen. Hoe kleiner de schaal, hoe grover de vegetatie-classificatie zal zijn en hoe minder homogeen de kaartvlakken worden; in het algemeen zijn die dan uit een complex (mozaïek) van vegetatie-eenheden opgebouwd.

De grens waar beneden vegetatieclassificatie en kaartlegenda volledig kunnen samenvallen, ligt ongeveer bij 1:5000 à 1:10000. In zeer ingewikkelde gebieden kan dit nog onvoldoende zijn, in homogene gebieden kan men wat verder gaan.

Men kan stellen dat een legenda-eenheid die met slechts één vegetatie-eenheid wordt

omschreven, in werkelijkheid voor minstens 2/3 uit deze eenheid moet bestaan; met andere woorden: een onzuiverheid van hoogstens 1/3 gedeelte is toegestaan.

Is de onzuiverheid groter, dan moet men van een complexe legenda-eenheid of een mozaïek spreken en dienen de samenstellende eenheden beide te worden aangegeven. Men moet zich daarbij zo weinig mogelijk laten verleiden tot het karteren van 'overgangsvegetaties': zoiets berust meestal op geestelijke luiheid of gebrek aan moed. Een vegetatie-grens is nu eenmaal een arbitraire, vage lijn. Durft men geen beslissing te nemen en karteert men een overgang dan heeft men in plaats van één vage lijn, twee vage lijnen. In sommige gevallen, namelijk daar waar de overgangen (dus de twijfelachtige gebieden) groter zijn dan de duidelijke gebieden, kan het echter onder bepaalde omstandigheden toch zin hebben overgangen als zodanig aan te geven.

De kartering in het dennenbos in Nederland is het eenvoudigste als die zeer gedetailleerd is. Men loopt daarbij op vrij dicht bijeenliggende raaien, in rechte lijn op kompas en noteert op vaste afstanden, al lopende, de vegetatie met een symbool. Grenzen schetst men, als ze zeer duidelijk zijn, direct in. Indien de patronen niet ingewikkeld zijn, kan men ook al lopende (en daarbij zich oriënterende door passen tellen) alleen de grenzen inschetsen.

Grenzen uitlopen is bij gedetailleerde karteringen meestal niet mogelijk omdat men dan al snel zijn oriëntatie in het bos verliest. Omdat een bos van nature onoverzichtelijk is, loopt men dan bovendien de kans belangrijke verschillen over het hoofd te zien.

Bij alle werkzaamheden is een goede perceelskaart, liefst aangevuld met een goede luchtfoto, vereist.

Bij overzichtskarteringen is de methode in principe gelijk. Bij kleinschalige karteringen, waarbij de percelen op de basiskaart kleiner worden dan ca. 1 cm<sup>2</sup>, kan men snel elk perceel in enkele richtingen doorkruisen (bij langgerekte percelen slechts één richting) en dan een algemene indruk van de samenstelling (het eventuele mozaïek) van de vegetatie perceelsgewijs noteren. Bij iets minder kleinschalige karteringen kan men hetzelfde met gedeelten van percelen doen. De begrenzing van de perceelsgedeelten dient zoveel mogelijk natuurlijke lijnen te volgen.

In deze publikatie zijn alleen naaldhoutbossen beschreven van 20 jaar en ouder. In alle bosgebieden zijn echter ook jongere opstanden en kapvlakten aanwezig. Ook kan er loofbos in voorkomen of ook een zeer dichte struiketage van bijvoorbeeld Amerikaanse eik. Voorts kunnen akkers en andere niet-bosvegetaties aanwezig zijn.

Een deel van deze begroeiingen kan men op de kaart blank laten (bijvoorbeeld akkers en grasland, wanneer men alleen de bospercelen wenst te kennen). Wil men de niet-bosgebieden ook karteren, dan kan men daarvoor de elders beschreven classificaties gebruiken (voor akkers zie Bannink, Leijs en Zonneveld, in voorbereiding), voor grasland De Boer (1956). De loofbosvegetatie is zeer nauw verwant aan de dennenbosvegetatie voorzover het niet al te rijke gronden betreft, zodat het aanbeveling verdient de dennenbosvegetatie-eenheden gewoon door te karteren (natuurlijk moet men wel steeds de boomsoort aangeven). Gaat dit niet, dan gebruike men bv. de classificatie-eenheden van Doing (1962-1963).

Als het om de 'Lichte' formatie gaat, lijken bossen die jonger zijn dan 20 jaar vaak



veel op de oudere. Men kan dan redelijk nauwkeurig schatten tot welk type het bos zich zal ontwikkelen, al dient te worden aangegeven: te jong bos. Evenzo handelt men met kapvlakten en zeer jonge aanplantingen. Laat de opstand veel licht door en is de wortelconcurrentie van de bomen gering, dan hebben planten als Pijpestrootje en Bochtige smele de neiging zich overmatig uit te breiden. Bij het karteren van de eenheden dient men daarmee rekening te houden.

Ontbreekt iedere vegetatie en durft men geen enkele gissing te maken, dan gebruike men op de kaart een neutrale aanduiding met alleen de boomsoort en eventueel de oorzaak van vegetatieloosheid (zoals te dichte stand van de bomen e.d.).

Bij de globale kartering wordt meer subjectieve invloed van de karteerder verwacht dan bij de gedetailleerde kartering, waarbij men slechts de vegetatie hoeft te herkennen en zich op de kaart moet kunnen oriënteren. Detailkartering is dan ook veel gemakkelijker, maar ook veel arbeidsintensiever. Een kaart die gedetailleerder uitvalt dan was bedoeld, zet dan ook geen pluim op de hoed van de karteerder (zoals soms wordt gedacht); in tegendeel: hij had in dezelfde tijd een veel groter oppervlak kunnen karteren, op een meer passende schaal, in plaats van zich nodeloos in details te verliezen.

Fig. 5. Voorbeeld van verschillen in de geschiktheidskaart als gevolg van verschillende manieren van generalisatie (I en II) van de bodem- en de vegetatiekaart.

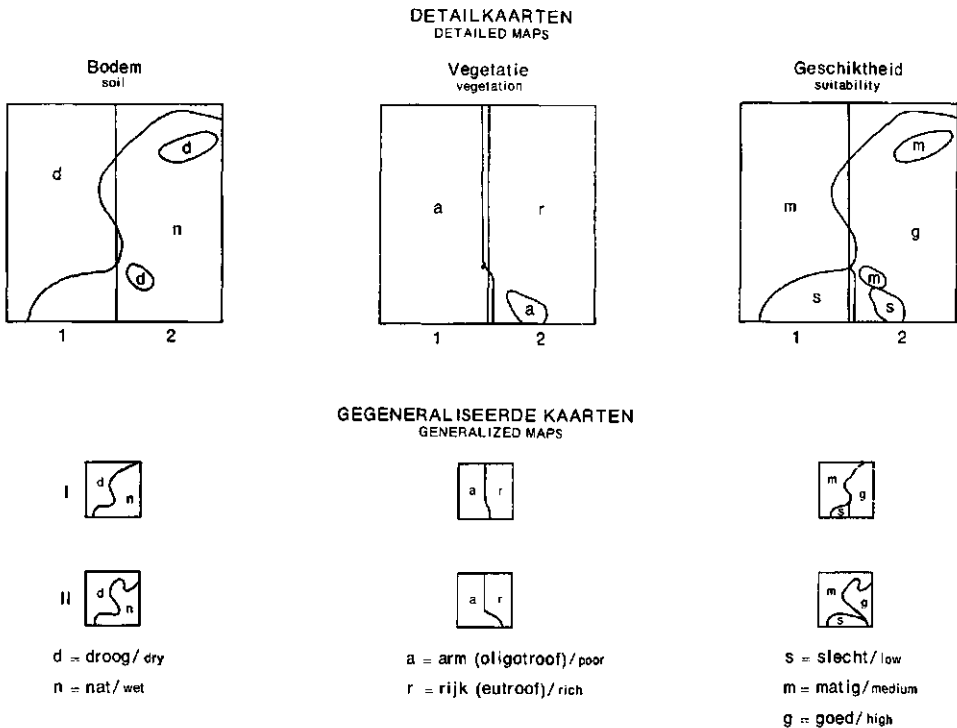


Fig. 5. Example of differences on the suitability map as a consequence of different ways of generalization (I en II) of the soil map and the vegetation map.

Bij de keus tussen detail- en overzichtskartering weegt men doel af tegen geld en mankracht, die kwadratisch toenemen met een grotere schaal: een kaart 1:5000 kost  $5^2 = 25 \times$  zoveel, in het veld, op kantoor, aan teken- en drukkosten, als een kaart 1:25000. Slechts enige algemene onkosten en kosten van basisonderzoek drukken gelijk op beide schalen. Daarentegen eist een schaal 1:25000 meer kennis van de karteerder.

Het probleem van generalisatie in het veld bij kleinschalige karteringen is vooral belangrijk bij de hier aanbevolen groeiplaatskartering aan de hand van bodem en vegetatie gezamenlijk. Vinden deze werkzaamheden afzonderlijk plaats, dan bestaat het gevaar dat bij combinatie van de kaartbeelden ten behoeve van groeiplaatsbonitering de ware toestand te kort wordt gedaan door de aan generalisatie nu eenmaal inherente onzuiverheden van de kaartvlakken. In figuur 5 is dit aanschouwelijk voorgesteld. Ze laat twee bospercelen met vegetatie- en bodemgrenzen zien. Op de detailkaarten blijkt dat in perceel 2 aanzienlijke verontreinigingen voorkomen en dat de generalisatie op twee wijzen (I en II) mogelijk is: in geval I is nagenoeg het gehele perceel 2 als combinatie van vochtig en rijk in hoge boniteit geclassificeerd, in geval II is de gemiddelde geschiktheid aanzienlijk lager.

Het is dus van belang dat bodem- en vegetatiekarteerders zodanig generaliseren dat dit soort problemen zoveel mogelijk worden voorkomen. Waar de vochtigheid van de bodem ook in de vegetatie tot uiting komt (zoals op de humuspodzolgronden), kunnen onnauwkeurigheden zelfs achteraf worden opgevangen als bij de vegetatie de vochtvarianten ook zijn gekarteerd. In andere gevallen kan dit moeilijk zijn.

Oplossingen om deze en andere karteringsproblemen te ondervangen zijn:

- a. Bodem- en vegetatieopname worden gelijktijdig door een bodem- en een vegetatiekarteerder samen uitgevoerd.
- b. Bodem- en vegetatiekartering worden apart uitgevoerd, maar de karteerder die het laatst begint, heeft de kaart van zijn voorganger bij zich.
- c. Bodem- en vegetatieopname worden door één en dezelfde man gedaan.

De laatste oplossing is de goedkoopste, maar eist uiterst vakkundig personeel. De betreffende karteerder kan dan nog kiezen tussen het werkelijk gelijktijdig opnemen van beide facetten, of hij kan terug komen voor de vegetatie na zich eerst op de bodem te hebben geconcentreerd, of omgekeerd. Het laatste verdubbelt wel de looptijden.

Het beste is vooraf een landschaps-oecologische ('Standortkundliche') legenda te maken waarin de mogelijke combinaties van bodem en vegetatie-eenheden zijn opgenomen. Al naar de plaatselijke situatie en het doel van de kartering kan dan of de bodem- of de vegetatieclassificatie worden vereenvoudigd. Daarbij zal het misschien mogelijk zijn, b.v. de gehele eutrofiegradiënt te verdelen in drie trappen in plaats van alle in het voorgaande beschreven hoofdtypen. Wanneer bekend is, dat een hogere eutrofiegraad weinig invloed heeft op de boniteit van een bepaalde boomsoort op droge standplaatsen, kan op kennelijk droge gronden deze onderscheiding zonder bezwaar vervallen. Een van de hoofdprincipes van het hier gepresenteerde systeem van de vegetatie-indeling is juist een zekere flexibiliteit, die de gelegenheid biedt dergelijke vereenvoudigingen toe te passen. De overzichten van de soortencombinaties in de bijlagen VII.2 en VII.4 kunnen daarbij als handleiding dienen.

## 5 Het verband tussen vegetatie en groeiplaats

### 5.1 Het complex van milieufactoren

Het voorgaande heeft een classificatie gegeven van de vegetatie in Nederlandse naaldhoutbossen in een aantal floristisch gedefinieerde eenheden. De verschillen tussen deze eenheden moeten toegeschreven worden aan het milieu, dat weliswaar van plaats tot plaats verschilt, maar waarin toch met een zekere regelmaat bepaalde combinaties van oecologische omstandigheden voorkomen die het mogelijk maken een vrij scherpe omschrijving te geven van de oecologische 'eisen' van deze floristische eenheden.

Van deze oecologische omstandigheden speelt binnen Nederland het wortelmilieu de hoofdrol; vandaar dat aan de *bodem*, samen met de waterhuishouding, een aparte paragraaf (5.2) gewijd zal worden.

Behalve door de bodem wordt de vegetatie van een gebied of terrein ook bepaald door een aantal andere factoren.

Daarvan dienen eerst de *historisch-geografische omstandigheden* genoemd te worden. Er zijn op de wereld vele plantesoorten die (nog) niet tot de Nederlandse flora behoren, hoewel de omstandigheden voor hun groei hier toch wel gunstig zouden zijn. Andere exoten hebben zich echter goed kunnen handhaven, zoals Amerikaanse vogelkers, Drents krenteboompje, enz. Maar binnen het beperkte gebied van Nederland spelen de historisch-geografische omstandigheden nauwelijks een rol.

Wat betreft het *klimaat* bestaan er in Nederland duidelijke verschillen. Ze weerspiegelen zich enigszins in de vegetatie; de groepen van 'noordelijke' soorten komen uitsluitend voor in de noordelijke helft van het land (groepen L17 tot L19). Maar de soorten uit groep L19 zijn over het algemeen zeldzaam, zodat hun diagnostische waarde gering is. Het klimaat is wellicht niet de enige bepalende factor; hun binding aan naaldhoutbos (dat pas in het boreale gebied van nature voorkomt) is waarschijnlijk even belangrijk. Binnen de naaldhoutbossen bepaalt het *microklimaat* in sterke mate de vegetatie, via de dichtheid van het kronendak. Het onderscheid tussen de 'Lichte' en de 'Donkere' bossen is hiervan een direct gevolg, al spelen aard en omzettingwijze van het strooisel ook een rol van betekenis. De hoeveelheid licht en de onverbrekkelijk daarmee verbonden luchtvochtigheid is in 'Lichte' bossen aan sterkere schommelingen onderhevig dan in 'Donkere'. Binnen de 'Lichte' bossen is de mate van dominantie van soorten als struikheide mede door de kroonsluiting bepaald (o.a. bij de varianten Ac en Hc).

De invloed van *organismen*, inclusief de componenten van de vegetatie zelf, is groot.

Deze biotische factoren vormen een praktisch onontwaarbaar geheel. Dat is geen bezwaar bij verder onderzoek: juist hun wederzijdse beïnvloeding en afhankelijkheid vormen de basis voor het gebruik van de vegetatie in zijn geheel als indicator voor de groeiplaats. Deze taak verricht ze beter dan de plantesoorten elk op zichzelf dat kunnen, zoals later aan de hand van enige in het oog lopende correlaties zal worden aangetoond.

De boomsoort speelt naast de al vermelde invloed op de hoeveelheid licht die ze doorlaat, een belangrijke rol als wortelconcurrent. In naaldhoutbossen bevindt zich een zeer groot deel van de fijne wortels, die zo belangrijk zijn voor de opname van mineralen, in de bovenste bodemlagen, waar ook de ondergroei zijn meeste wortels heeft. Als er een A0-horizont is, zoals in de meeste gevallen, is dit zelfs de laag met de meeste wortelactiviteit. Ondergroei en boomlaag voeren hier dus een concurrentiestrijd, vooral in jonge bosaanplantingen (Van Goor & Jager, 1962). Naar Van Goor & Hol mededeelden, schijnen sommige waarnemingen erop te wijzen, dat in dichte, donkere sparrbossen niet alleen gebrek aan licht, maar ook wortelconcurrentie de schaarste aan ondergroei bepaalt.

Bekend is de symbiose tussen hogere planten en stikstofbindende micro-organismen. Niet alleen *Alnus* en Leguminosen, die beide in de dennenbossen nagenoeg ontbreken, maar ook andere pionierplanten, o.a. dennensoorten, schijnen zelf stikstof met behulp van micro-organismen te kunnen binden (Stevenson, 1959). Bekende voorbeelden van symbiose zijn die van *Larix*-boleet met *Larix* en die van vele soorten mycorrhiza's met hun gastheren.

De bodembioïologie levert talloze voorbeelden van plantaardige en dierlijke organismen die medewerken aan strooiselvertering en de bodemstructuur beïnvloeden, dus indirect ook de vegetatie. De uitkomst is voor de naaldbossen en de loofbossen (ook op vergelijkbare standplaatsen) zeer verschillend. Binnen elk van de twee naaldbosformaties berusten verschillen in het strooisel (afgezien van kleine verschillen tussen de boomsoorten) echter op verschillen in die bodemfactoren, die mede de aard van het strooisel bepalen. Ook de ondergroei kan hierop van invloed zijn (heidestrooisel is moeilijker om te zetten dan bosbesstrooisel).

De invloed van de mens en zijn huisdieren is zeer direct: plantedelen dienen als voedsel, onkruid wordt bestreden, hout en mos worden verzameld (het selectief eten van planten door dieren die tot de levensgemeenschap 'bos' behoren leidt waarschijnlijk niet tot wezenlijke veranderingen in de vegetatie).

Behalve met planten, zaaien, oogsten en onkruid bestrijden, houdt de mens zich bezig met bemesten en draineren van de grond. Dit kan het wortelmilieu zo sterk beïnvloeden dat verschillen tussen natuurlijke bodemeenheden vervagen en dat, omgekeerd, binnen een natuurlijke eenheid verschillen ontstaan die veel belangrijker zijn dan die tussen natuurlijke eenheden. Hieronder zal blijken dat het juist deze menselijke invloed op de groeiplaats is die het gebruiken van de vegetatie naast de bodemeenheden als indicator voor de groeiplaatsboniteit wenselijk maakt (zie ook Zonneveld, 1966). Overigens dient vastgesteld te worden dat de invloed van deze menselijke ingrepen indirect is en zich via de bodem afspeelt.

De rol van de tijd blijkt onmiddellijk bij een vergelijking tussen de vegetatie in aanplantingen van verschillende ouderdom. Rogister, (1955), Meisel-Jahn (1955) en Van der Werf (1962) geven hiervan goede voorbeelden (zie ook hoofdstuk 2). Enerzijds hangen de verschillen samen met de kroonsluiting, die varieert met de ontwikkeling van de boomlaag, en weer ten dele een functie is van de leeftijd en dus van de tijd. Anderzijds is er ook een *ontwikkeling* in de *bodemgesteldheid* onder invloed van strooiselvertering en 'een tot rust komen' na intensieve al dan niet opzettelijke bodembewerking. Tenslotte is er de migratie van soorten naar het aangeplante bos of binnen de bosaanplant, waarvan de snelheid varieert van soort tot soort.

De vegetatie-indeling in deze publikatie is, zoals vermeld, voornamelijk gebaseerd op aanplantingen van meer dan twintig jaar oud. Het is aannemelijk, dat in zulke bossen veranderingen in de begroeiing in de loop van de tijd zich voornamelijk voltrekken parallel met veranderingen in de bodem. De lichtintensiteit is na twintig jaar, zeker in de lichte bossen (Formatie L), min of meer constant. Migratie is daar voor de gewone soorten, in tegenstelling tot voor enkele zeldzame, geen belangrijke vegetatiebepalende factor meer. Immers, vele diagnostisch belangrijke soorten worden gemakkelijk door de wind verspreid door hun zeer lichte sporen (varens, mossen en paddestoelen) of door licht zaad (zoals van Wilgeroosje en kruiskruiden); sommige worden eenvoudig door dieren verplaatst (bessen van *Rubus* soorten, Bosbes, *Lonicera*, *Prunus*, stekelige vruchtjes van *Galium*). Buiten het bos komen vele van deze planten algemeen voor zodat hun aanvoer geen moeilijkheden geeft. (Onder 5.6 zal nog iets meer worden vermeld over de wederkerige invloed van bodem en vegetatie in verband met de tijd).

## 5.2 De bodem als complex van milieufactoren

Als laatste factor die de groeiplaats bepaalt dient de bodem besproken te worden. Eigenlijk zou de term 'substraat' beter zijn, daar sommige in het vegetatie-onderzoek betrokken mossen vooral op dode takken groeien die op de grond liggen. Maar omdat men zulk afval ook tot de A0-horizont kan rekenen, kan hiervan worden afgezien.

De bodem, of duidelijker gezegd het wortelmilieu, is binnen de dimensies van ruimte en tijd het resultaat van de werking van bodemvormende factoren: het moedergesteente, het klimaat, de waterhuishouding (mede bepaald door het reliëf), de organismen en de mens.

Dit zijn dezelfde als die welke rechtstreeks de plantegroei beïnvloeden en die behandeld zijn in de vorige paragraaf, met dien verstande dat hier de factor moedergesteente in de plaats gekomen is van de historisch-geografische omstandigheden. Het is dan ook begrijpelijk, dat een vergelijkende studie van de vegetatie-eenheden, zoals die in hoofdstuk 4 zijn gegeven, en de bodemeigenschappen de meeste kans op succes biedt bij het opsporen van correlaties met milieufactoren.

De bodem levert voor de plant steun (waarover voor de hier aan de orde zijnde oudere opstanden niet nader gesproken behoeft te worden), water, mineralen en een deel van de zuurstof. De laatste drie factoren staan echter niet los van elkaar: een teveel aan water kan in feite een tekort aan zuurstof in de grond zijn, een tekort aan

zuurstof betekent een beperkte opname van mineralen (vooral anionen); een tekort aan water brengt het transport- en transpiratiesysteem van de plant in de war en daarmee o.a. ook zijn wortelactiviteit.

De voorziening met mineralen is zeer gecompliceerd en de mechanismen voor de opname van kat- en anionen lopen niet alleen van plant tot plant uiteen maar bovendien worden de ionen niet in gelijke mate opgenomen. Ionenantagonismen spelen een rol en de beschikbaarheid (oplosbaarheid) in de bodem wordt sterk beïnvloed door andere bodemfactoren. Een bekend voorbeeld is de relatie tussen stikstof- en vochtvoorziening. Droogteverschijnselen bij landbouwgewassen blijken soms tot op zekere hoogte door een stikstofgift gecompenseerd te kunnen worden. Droogteschade wordt kennelijk behalve door een tekort aan water voor een deel ook door een tekort aan stikstof veroorzaakt. Voorts blijken planten die normaal op vochtige plaatsen voorkomen het door toevoeging van extra stikstof ook op droge plaatsen te kunnen uithouden. Het vóórkomen van planten uit vochtige bossen (Bitterzoet, Hop) op droge maar kalkrijke zandgronden, waar het dennenstrooisel zeer snel mineraliseert en waar dus relatief veel stikstof per tijdseenheid wordt vrijgemaakt, is hiervan een goed voorbeeld (zie K-typen). Op permanent natte gronden wordt stikstof echter vastgelegd en kan door gebrek aan oxydatiemogelijkheden niet mineraliseren. De invloed van natuurlijk aanwezige (of ook kunstmatig toegediende) kalk op de strooiselvertering en daarmee op de algemene voorziening met mineralen uit het vorige voorbeeld geeft tevens een beeld van de onderlinge wisselwerking van de verschillende mineralen buiten de plantewortel.

Voor een goed begrip van wat zich in de plantewortel en de overige delen van de plant afspeelt in relatie tot de buiten de plant beschikbare mineralen is fysiologisch onderzoek nodig. Een volledige ontwarring van deze uiterst ingewikkelde kluwen van oorzaak en gevolg is, zelfs in de verre toekomst niet te verwachten. Toch is het mogelijk met behulp van de beschikbare, vrij ruwe gegevens, gehanteerd volgens de methoden zoals in 1.6 en 1.7 geschetst, de afzonderlijke invloed op de vegetatie van de factoren water, zuurstof en de voorziening met mineralen als geheel en hier en daar zelfs voor bepaalde mineralen in het bijzonder, te volgen. In de volgende paragrafen zal daartoe een poging worden gedaan (zie ook Zonneveld, 1966).

### **5.3 Het verband tussen het humusgehalte van de bodem en de bosondergroei**

De minst gecompliceerde gronden met dennenbos zijn de matig fijnzandige, kalkarme stuifzandgronden. Ze zijn in 1955 beschreven door Schelling (zie ook Van Lynden, 1958; Zonneveld & Bannink, 1960; Zonneveld, 1961, 1966). Schelling classificeert ze op grond van het humusgehalte, de dikte van het stuifzanddek, de aard van de ondergrond (een oud podzolprofiel, of alleen een steriele C-laag van een door uitstuiwing onthoofd bodemprofiel), en de mate van optreden van grondwaterverschijnselen (voor details zie bijlage I).

In *stuifzanden zonder oud profiel* in de ondergrond en diep grondwater kunnen alleen de dikte van de laag stuifzand en het humusgehalte variëren. Aangenomen mag

Tabel 3. Bodemkarteringseenheden bij stuifzanden naar humusgehalte en dikte van de A1.

	Uiterst humusarm Extremely poor in organic matter	Zeer humusarm Very poor in organic matter	Matig humusarm Moderately poor in organic matter
Dikke bovenlaag Thick upper layer	28 (5)	30 (2)	32 (1)
Dunne bovenlaag Thin upper layer	27 (6)	29 (4)	31 (3)

Tussen haakjes: rangnummer voor bodemkwaliteit / In brackets: order for soil quality.

Typen 30 en 31 hebben nagenoeg identieke spectra (vergelijk Fig. 6d) / Types 30 and 31 have almost identical spectra (compare Fig. 6d).

Table 3. Soil mapping units for drift-sand according to organic matter content and thickness of A1.

worden, dat dit zand nagenoeg geen minerale bestanddelen kan adsorberen en praktisch geen verweerbare mineralen bevat, dat alle mineralen die niet aan het adsorptie-complex zijn gebonden snel uitspoelen, en dat water alleen beschikbaar is op het moment dat het de bodem passeert op zijn snelle weg omlaag zodat nooit sprake is van zuurstofgebrek. Alleen de organische stof, indien aanwezig, kan een zekere hoeveelheid water adsorberen. De figuren 6a en 6b geven een voorbeeld van de vegetatie op dergelijke gronden (zie ook figuur 3): de correlatie tussen beide treedt duidelijk aan het licht. In de figuren 6c en 6d is dit nader uitgewerkt volgens de methode beschreven in 1.7.

Dit leidde tot de in tabel 3 gegeven oecologische classificatie van de bodemeenheden in de stuifzanden.

Figuur 7 laat zien, dat er een duidelijk verband bestaat tussen de humusgehalten van de lagen 0-40 en 40-100 cm (naar gegevens van Schelling, 1955) en de vegetatietypen. Dit verband moet wel causaal zijn: het is onwaarschijnlijk dat alleen vocht de bepalende factor zou zijn, omdat op de even droge, even humusarme, even doorlatende, maar in mineralogisch opzicht rijkere zandgronden van de zeeduinen de A-typen ontbreken en typen domineren die meer verwant zijn aan R en aan vegetatietypen die nog verder naar rechts in de socio-oecologische reeks liggen (Z en K).

Bij de bepaling van de minerale bestanddelen die voor de planten beschikbaar zijn stuit men op grote moeilijkheden. Stikstofgehalte en in sterk zuur oplosbare hoeveelheid fosfaat in de grond blijken min of meer gecorreleerd te zijn met de hoeveelheid organische stof (zie o.a. Schelling, 1955), maar het is moeilijk vast te stellen, wat hiervan werkelijk beschikbaar is. De verschillen in hoeveelheid in zwak zuur oplosbaar fosfaat blijken kleiner te zijn ( $P\text{-citr} < 5 \text{ à } 6$ ) dan de analysefout (4 à 5). In de literatuur over de bemestingsbehoefte van bosgronden vindt men dan ook nergens een duidelijk verband vermeld tussen de cijfers van bodemanalysen en bemestingsbehoefte (zie o.a. Van Goor, 1960; Wittich et al., 1960; Duchaufour, 1958).

Dat het niet alleen de vochtvoorziening en het gehalte aan organische stof zijn die verschillen in de vegetatie teweeg brengen blijkt uit het feit dat de vochtvarianten van

Fig. 6a. Vegetatiekaart van een deel van de Boswachterij Kootwijk.



Fig. 6a. Vegetation map of part of the Kootwijk forest area.



Fig. 6b. Bodemkaart van een deel van de Boswachterij Kootwijk (Naar: Schelling, 1955).

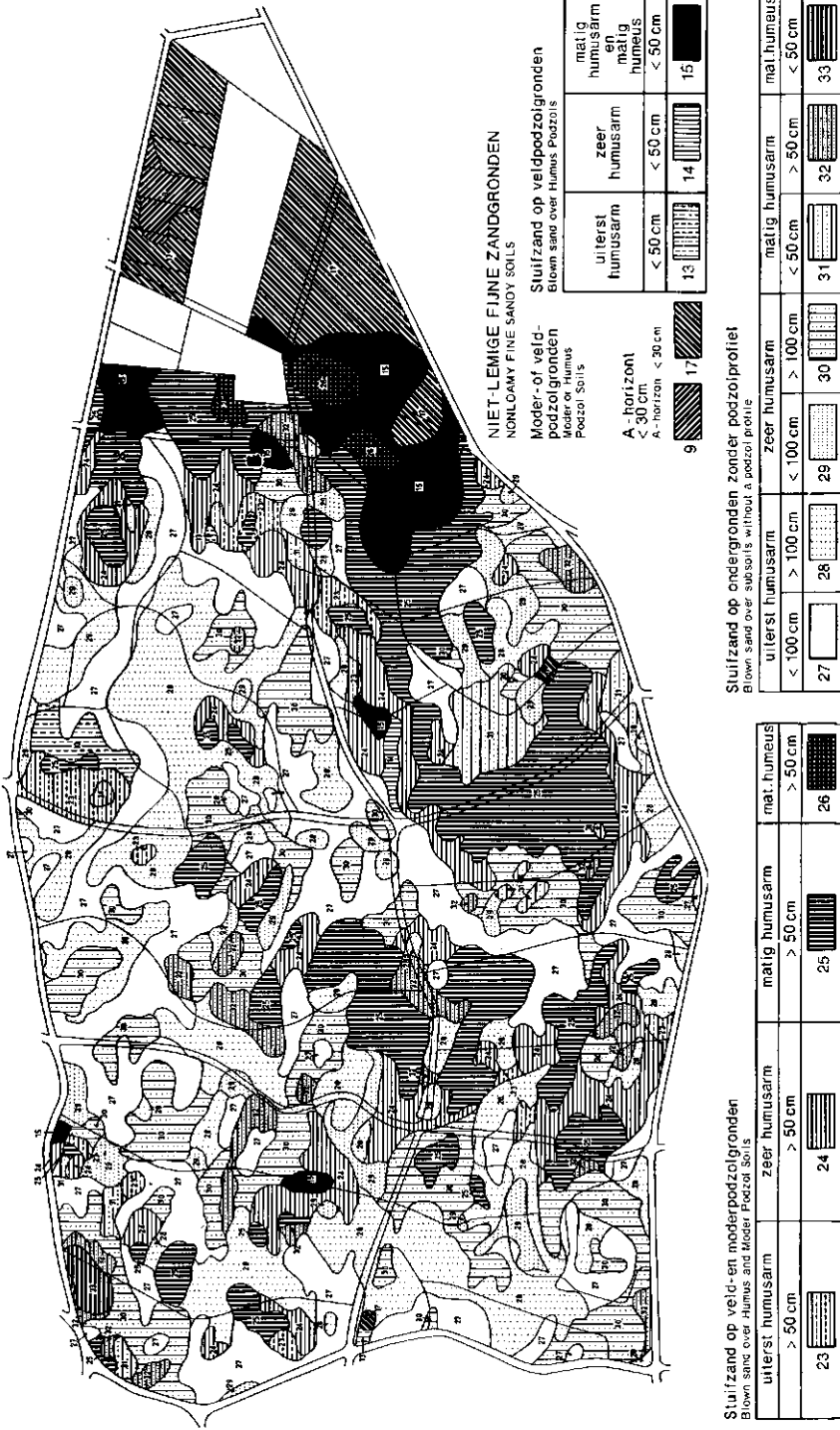


Fig. 6b. Soil map of part of the Kootwijk forest area (After Schelling, 1955).

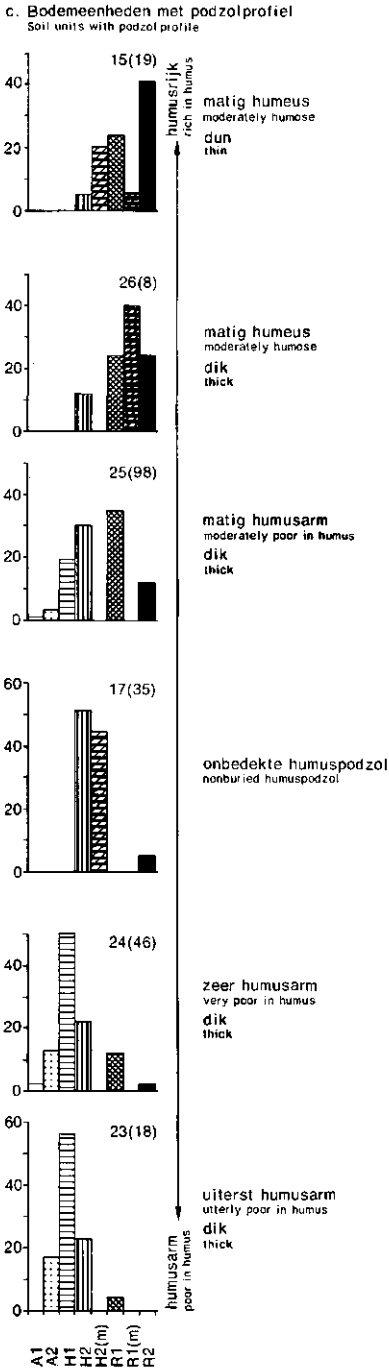


Fig. 6c. Vegetatiespectra in Grove-dennenbossen in de Boswachterij Kootwijk op stuifzandgronden met een overstoven podzolprofiel in de ondergrond. Voor de codering van de bodemeenheden zie fig. 6b; de getallen tussen haakjes geven het aantal waarnemingen aan.

Fig. 6c. Vegetation spectra in Scots pine forests in the Kootwijk forest area on blown sand soils with a buried podzol profile in the subsoil. The codes for the soil units are in the legend of fig. 6b; the number of observations is placed in brackets.

d. Bodemeenheden zonder podzolprofiel  
Soil units without podzol profile

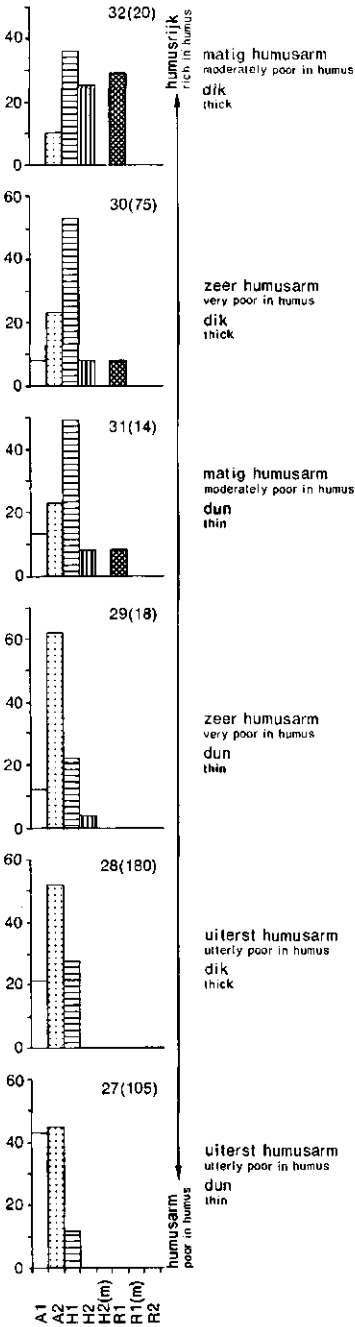


Fig. 6d. Vegetatiespectra in Grove-dennenbossen in de Boswachterij Kootwijk op stuifzandgronden zonder een overstoven podzolprofiel in de ondergrond. Voor de codering van de bodemeenheden zie fig. 6b; de getallen tussen haakjes geven het aantal waarnemingen aan.

Fig. 6d. Vegetation spectra in Scots pine forests in the Kootwijk forest area on blown sand soils without a buried podzol profile in the subsoil. The codes for the soil units are in the legend of fig. 6b; the number of observations is placed in brackets.

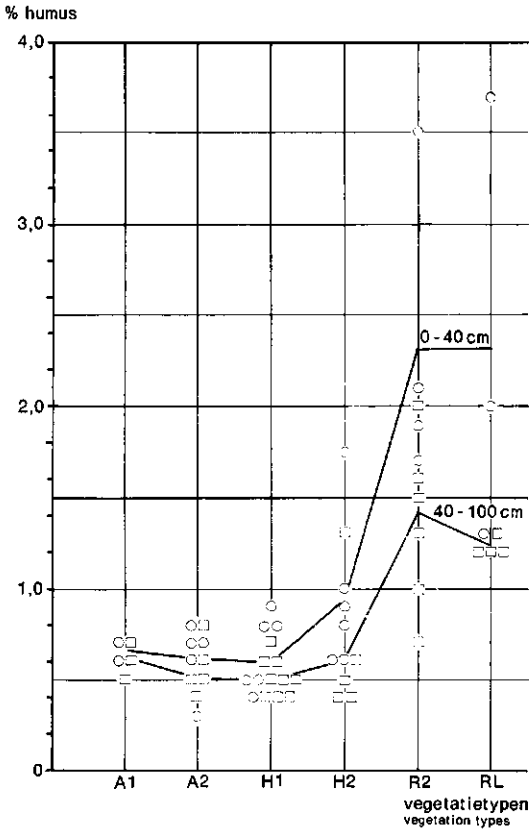


Fig. 7. Verband tussen vegetatietype en gemiddeld humusgehalte bij stuifzandgronden op diepten van 0-40 cm (cirkeltjes) en 40-100 cm (vierkantjes).

Fig. 7. Relation between vegetation type and mean percentage organic matter for blown sand in the layers 0-40 cm (circlets) and 40-100 cm (squares).

de A-, H-, R-, (Z-, K-)reeks, die wel parallel lopen met een toename van grondwaterkenmerken, dus met de factor vocht, in dit gebied vrijwel geheel ontbreken. Wij komen hier nog op terug.

Bij de *stuifzandgronden op een bedolven podzolprofiel* is het beeld weinig anders. Ook hier bestaat een duidelijke correlatie tussen de reeks vegetatie-eenheden en het humusgehalte, al blijken uiterst humusarme zanden met een dek dunner dan 50 cm zelden voor te komen (wat vermoedelijk niet toevallig is). Bij het matig humusarme en matig humeuze stuifzand (figuur 6c) blijken de R-typen juist sterker te domineren op de dunnere stuifzanddekken dan op een dik dek: de invloed van de humus van het podzolprofiel is hier evident.

Het vegetatiespectrum op een podzolprofiel zonder stuifzanddek is juist meer naar de A-kant verschoven: kennelijk is de uitwerking van de aan humus gebonden factoren (water, mineralen) in enigermate humeus stuifzand op humuspodzol sterker dan in een zuivere humuspodzol.

Noemen we de bodem van de R-typen 'rijker' dan die van de A-typen, dan is matig humeus stuifzand op humuspodzol dus 'rijker' dan een puur humuspodzol. Dit is een waarneming, die in hoofdstuk 6 nog meer reliëf krijgt.

Fig. 8. Schema van de door de vegetatie geïndiceerde oecologische waarde van de bodemeenheden bij de duinvaaggronden en vlakvaaggronden (stuifzandgronden) op de Veluwe (Kootwijk).

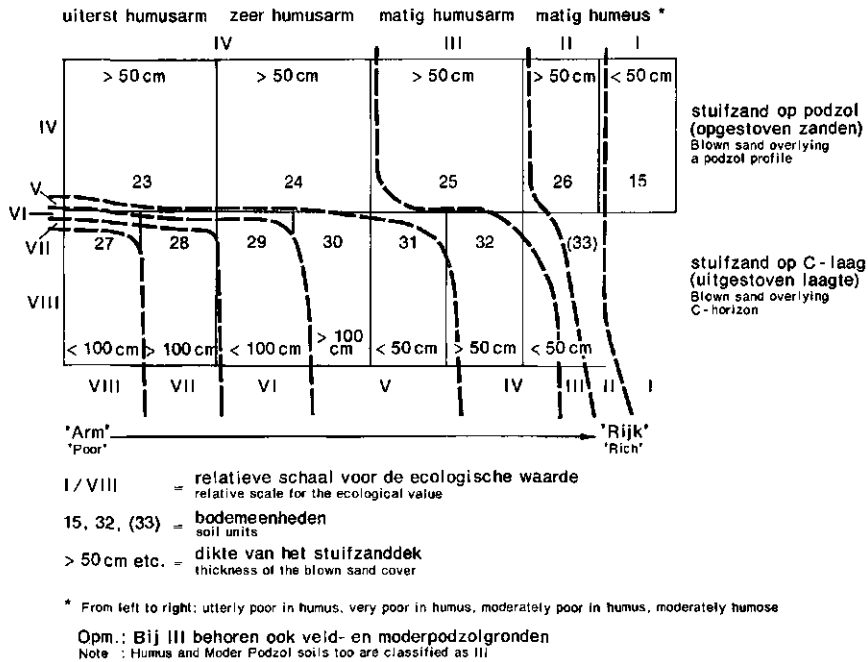


Fig. 8. Diagram of the ecological value of the soil units of 'Duin' vague soils and 'Vlak' vague soils (blown sand soils) in the Veluwe district (Kootwijk) as indicated by the vegetation.

Vergelijking van stuifzanden op een podzolprofiel met stuifzanden op C-materiaal onthult nog iets opmerkelijks. Zelfs het uiterst humusarme stuifzand draagt nauwelijks A-typen indien er een podzol in de ondergrond aanwezig is, zelfs niet als dit zich, zoals gewoonlijk, op vrij grote diepte bevindt (1 à 2 meter of meer!).

Het vegetatiespectrum boven bedolven podzolen vertoont ongeveer hetzelfde beeld als dat van het twee trappen humeuze (matig humusarme) stuifzand op C-materiaal (zie ook figuur 8).

Hoofdstuk 6 zal laten zien, dat de boomgroei op gelijke wijze is gecorreleerd met de boven besproken bodemeigenschappen. In tegenstelling tot de ondergroei wortelen bomen diep, de samenhang met diepere lagen is dus verklaarbaar. De coincidentie van verschillen in de ondergroei met die in de opstand, dus in de ondergrond, is op drie manieren te verklaren:

a. De organische stof is vooral werkzaam als vochtreservoir, bomen kunnen de bedolven humeuze lagen van het podzol bereiken, door het reservoir in de ondergrond vermindert de wortelconcurrentie om vocht in de bovenste lagen; meer vocht is dan beschikbaar voor de ondergroei.

b. De organische stof is vooral van belang voor de mineralenvoorziening, de boomwortels nemen uit de podzolhorizonten mineralen op, brengen deze via het strooisel naar de bovengrond en aan de ondergroei kunnen dan soorten deelnemen die hogere eisen aan voedsel stellen.

c. De organische stof speelt dezelfde rol als bij b, maar het stuiven werd tijdelijk onderbroken en de natuurlijke stuifzandvegetatie bracht tijdens elke stilstandsfase mineralen via een mineralenkringloop omhoog; deze werden zo, beginnend bij het podzolprofiel, en vervolgens van humeuze band tot humeuze band (duidelijk in het profiel te onderscheiden) 'overgeheveld' naar de bovenste lagen. Voor ieder van die vegetaties was de mineralenbron niet erg diep, hoogstens enkele decimeters.

De afwezigheid van een boomlaag zou bij de veronderstellingen a en b impliceren, dat geen verschil in vegetatie optreedt die samenhangt met verschil in ondergrond; volgens veronderstelling c zou zonder boomlaag een verschil in vegetatie, samenhangend met de diepere grondlagen, bestaan. Volgens a zou het in de ondergroei aanwezige verschil op gekapte percelen geleidelijk moeten verdwijnen, volgens b zou het verschil meer permanent moeten zijn omdat er een minerale voorraad is gevormd (er heeft dus een zekere bodemvorming plaatsgehad). Het gaat bij deze zaken echter om zulke kleine verschillen, dat chemische analyses vermoedelijk, tenzij ten koste van zeer veel herhalingen in sterk ingedamppte oplossingen, weinig betrouwbare resultaten zullen opleveren. Een intensief vegetatieonderzoek op natuurlijke, nog in ontwikkeling zijnde stuifzanden zou hier misschien meer licht kunnen brengen.

In het voorgaande is de humus als kwantitatief bestanddeel van het wortelmilieu behandeld. In 5.5 tot 5.8 komen de vorm en het dynamisch karakter nog aan de orde.

## **5.4 De relatie tussen grondwaterschijnselen en bosondergroei**

### *5.4.1 Vochtindicatie en grondwaterschijnselen in het algemeen*

Voor een onderzoek naar het verband tussen grondwater en vegetatie zijn de humuspodzolgronden (hydro- en xeropodzolgronden) het meest geschikt. Voor zover niet bemest betreft het hier relatief oude, op arm moedermateriaal gevormde, sterk uitgeleugde gronden. De vorming van de humuspodzol weerspiegelt deze armoede en versterkt ze.

De grote morfologische verschillen tussen de profielen blijken bij deze gronden grotendeels aan de grondwaterstand gekoppeld te zijn (zie o.a. Zonneveld & Bannink, 1960), zodat de vele kunstmatige veranderingen daarin de oorspronkelijke correlatie vaak hebben verstoord. Daar echter grondwaterinvloed en reliëf gewoonlijk met elkaar gelieerd zijn, zal een algemene grondwaterdaling in een bepaald gebied toch nog blijven resulteren in een relatie tussen (nieuw) grondwater en reliëf en zullen er dus ook verschillen in de bodemontwikkeling blijven bestaan. Binnen een beperkt gebied kunnen dus zelfs na ontwatering de profielkenmerken worden gebruikt voor een vergelijking van de grondwaterinvloed.

In de tabellen 4a en 4b is het verband weergegeven tussen deze door profielken-

Tabel 4a. De procentuele verdeling van de vegetatietypen en de *Molinia*-bedekking onder Pinus-bos per bodemeenheid van de veldpodzolgronden (De Stippelberg) .

Bodem- eenheid <sup>1</sup> Soil unit	Vegetatietype (Vegetation type)							<i>Molinia</i> -bedekking (-coverage)		
	H1 (-H13c)	H1-H2	H2	R2 (+R21)	R1-R3	R3	n	0-5%	5-25%	>25%
Hd41	5	55	10	5	5	20	20	95	5	0
Hm41	4	57	6	9	10	14	119	54	41	5
Hv41	1	45	17	11	11	15	258	39	39	22
vHv41	0	51	17	20	6	6	35	3	49	50
n	11	213	58	46	43	61	432	182	167	83

Table 4a. Percentage distribution of vegetation types, and *Molinia*-coverage, under Scots pine forest, per soil unit of 'Veld' Podzol soils (De Stippelberg).

Tabel 4b. De procentuele verdeling van de bodemeenheden over de vegetatietypen en de *Molinia*-bedekking onder Pinus-bos (De Stippelberg)

	Bodemeenheid / Soil unit				
	Hd41	Hm41	Hv41	vHv41	n
<b>Vegetatietype / Vegetation type<sup>1</sup></b>					
H1(-H13c)	9	55	36	0	11
H1-H2	5	31	55	9	213
H2	3	12	45	10	58
R2(+R21)	2	24	59	15	46
R1-R3	2	28	65	5	43
R3	7	26	64	3	61
<b><i>Molinia</i>-bedekking / -coverage</b>					
0-5%	10	35	54	1	182
5-25%	1	29	59	11	167
>25%	0	7	72	21	83
n	20	119	258	35	432

Table 4b. Percentage distribution of soil units, derived from map patterns, over vegetation types, and *Molinia* coverage, under Scots pine forest (De Stippelberg).

1. Zie voor verklaring van de codering van bodem- en vegetatie-eenheden bijlage I. /  
For explanation of soil and vegetation codes see Appendix I.

merken vastgestelde grondwaterinvloed (Hd41 = droog → vHv41 = vochtig) en de vegetatie-eenheden (gekenmerkt door de sociologische groepen o.a. L22, L23 en L24). In figuur 15 is ook de begindiepte van de permanent gereduceerde laag als indicatie voor de recente gemiddelde grondwaterstand in deze profielen gegeven. Met toenemende vochtigheid (van droog naar nat) zijn de volgende bodemgroepen onderscheiden:

1. zwak lemige moderpodzolen;
2. humushoudende + humusrijke, kalkarme duinvaaggronden;
3. humusarme, kalkarme duinvaaggronden;
4. lemige moderpodzolen;
5. haarpodzolen;
6. matig droge veldpodzolen met < 10% leem;
7. idem met > 10% leem;
8. kalkhoudende duinvaaggronden;
9. beekerdgronden;
10. natte tot vochtige lemige veldpodzolgronden + moerige id.

Deze volgorde (zie ook bijlage III) is redelijk in overeenstemming met wat de bodemkundige interpretatie over vochthuishouding kan voorspellen.

Het iets vochtige karakter van humusarme, kalkarme duinvaaggronden is verklaarbaar doordat zich daarbij juist de laagste, tot op het grondwater uitgestoven zanden bevinden. Dat de natte veldpodzolen iets natter zijn dan gemiddeld de beekerdgronden, is plausibel, al kan de sterke groei van *Molinia* op de armere veldpodzolen het beeld wat vertroebelen (zie 5.4.2). Bij de kalkhoudende duinvaaggronden speelt de al genoemde relatie stikstof-vochtvoorziening wellicht een rol. Er bestaat dus een correlatie tussen de als vochtvarianten omschreven vegetatie-eenheden en de uit bodemkundige kenmerken afgeleide waterhuishouding. Ook buiten het dennenbos vindt men de soorten uit de groepen L22, L23 en L24 vooral op lage plaatsen.

Een direct verband tussen grondwaterstand en vegetatie is niet moeilijk vast te stellen, maar een plant 'interesseert' zich niet voor een wiskundig bepaald freatisch niveau maar reageert op een tekort of een overmaat aan water (= zuurstofgebrek) in het wortelmilieu. Daarbij doet het er niet toe of dat water oppervlakkig toestroomt of opstijgt, vastgehouden wordt door ondoorlatende lagen of is opgeslagen in goed waterhoudende horizonten. Het was echter onmogelijk, hierover gegevens te verzamelen; het bepalen van de correlatie tussen gemeten grondwaterstanden en bepaalde verschijnselen in de bodem bleek voorlopig de enige mogelijkheid.

Naast grondwater kunnen ook andere vormen van water van invloed zijn. Men kan daarbij denken aan tijdelijk stagnerend oppervlakkig toegestroomd water in lokale komvormige lage plekken: het verschil in dichtheid van *Molinia* op dezelfde bodemeenheid (in figuur 16) zou hierdoor kunnen zijn veroorzaakt. Gegevens uit bijlage III laten duidelijk de invloed van lemigheid op vochtindicatie zien: lemige moderpodzolen hebben een hoger percentage vochtvarianten dan niet-lemige (grondwaterverschillen zijn daar uitgesloten). Bij veldpodzolen bestaat ook een sterke correlatie met het leemgehalte; daar zou echter verband kunnen bestaan tussen hoogteligging (grondwaterstand dus) en lemigheid, zodat lemigheid niet de enige oorzaak is van de grote vochtindicatie. Lemigheid van het moedermateriaal draagt op twee wijzen tot de vochthuishouding bij: enerzijds verhoogt het de kans op ondoorlatende lagen, anderzijds verhoogt het de adsorptiecapaciteit van de bodem en verbetert daarmee de vochtvoorziening van de vegetatie.



#### 5.4.2 Vochtindicatie door *Molinia caerulea*

Het zou te ver voeren, voor alle (of tenminste de belangrijkste) plantesoorten die in de naaldhoutbossen in Nederland voorkomen een beschouwing te wijden aan hun waarde als indicator voor de bodem. Een uitzondering dient hier echter gemaakt te worden voor *Molinia* (Pijpestrootje) die zeer algemeen voorkomt op vochtige tot natte gronden en die gemakkelijk is te karteren door zijn opvallende uiterlijk.

Toch heeft dit gras twee eigenschappen die een scherpe karakterisering van het milieu in de weg staan. Zonneveld & Bannink (1960; zie ook Zonneveld, 1965) hebben namelijk vastgesteld, dat *Molinia* in heidevegetatie, vooral in het zuiden van het land, ook voorkomt op niet door grondwater beïnvloede standplaatsen: het wortelstelsel blijkt zich zeer gemakkelijk zowel horizontaal als verticaal te kunnen uitbreiden en is daardoor in staat overstuiving te verdragen. Men kan dit tot uitdrukking brengen door te zeggen dat zijn potentiële milieu-amplitudo binnen de arme gronden zeer groot is, maar dat hij pas de kans krijgt zich te verbreiden na brand en na intensieve bewerking van de grond (zonder bemesting), waarbij allerlei andere planten (o.a. heide) sterk in het nadeel komen. Zijn wortels overleven gemakkelijk mechanische beschadiging en brand en passen zich snel aan. Daarbij is water dat tijdelijk stagneert op verdichte lagen in de ondergrond vaak voldoende om de *Molinia* van vocht te voorzien. Zonneveld & Bannink (1960) en Zonneveld (1965, blz. 223) hebben aangetoond, dat in de min of meer natuurlijke heide- en venvegetaties *Molinia* zich in het bijzonder thuis voelt op gronden met een sterke fluctuatie van het grondwater ('Wechselfeucht'): men vergelijkte de gemeenschappen EM en ME (*Erica* en *Molinia*, resp. *Molinia* en *Erica*) en ook MEF (*Molinia*, *Erica* en *Campylopus*) en CEM (*Calluna*, *Erica* en *Molinia*) in bovengenoemde publikaties (zie ook Van der Marel & Plaisance, 1960, 1961).

Er zijn op vrij grote schaal dennenbossen geplant op lage heidegronden, die oorspronkelijk een betrekkelijk weinig fluctuerende grondwaterspiegel hadden (*Erica*-heide). Dit ging veelal samen met sterke groundbewerking en een zekere ontwatering, waardoor het verschil in aanwezig bodemvocht tussen de seizoenen groter werd. De uit de greppels afkomstige grond werd over de tussenliggende gronden gespreid. Dit leidde dikwijls tot een sterke uitbreiding van *Molinia*, zodanig dat dit gras een van de hinderlijkste onkruiden is geworden op de lage humuspodzolgronden, en dat bij de aanleg van een tweede generatie bos ernstige moeilijkheden optreden door wortelconcurrentie. Jonge boompjes worden zelfs verstikt.

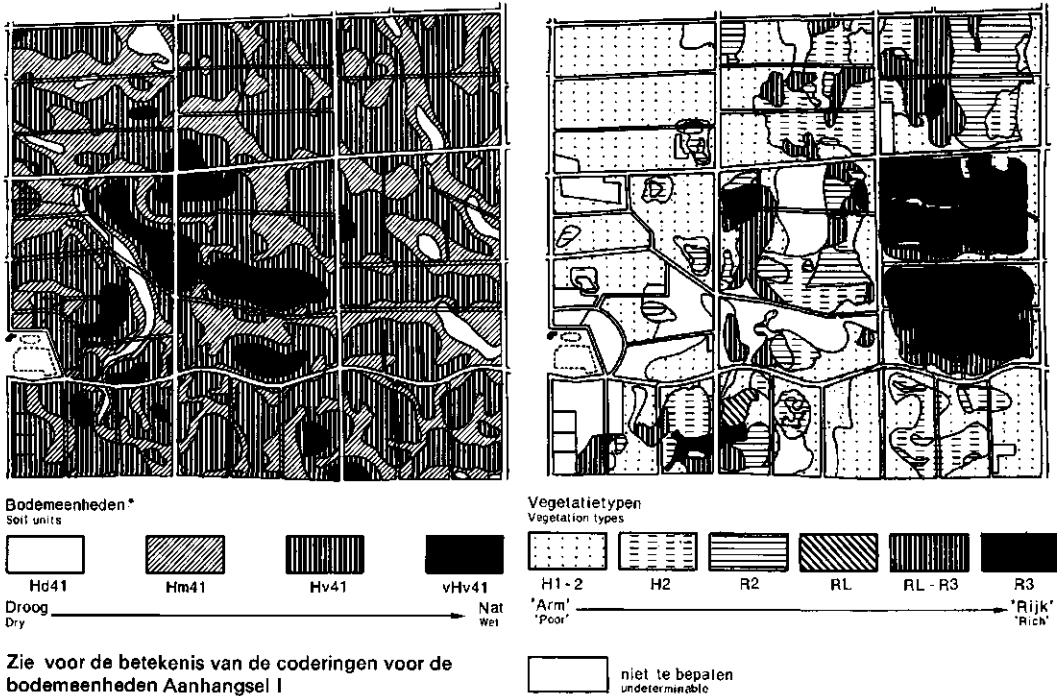
Daar de factor 'storing' door bewerking e.d. in dennenbossen in min of meer gelijke mate optreedt, blijft deze plant toch bruikbaar voor de karakterisering van typen. Wel zal men in stuifzandgebieden, vooral in Brabant, zo nu en dan *Molinia* op betrekkelijk droge overstoven gronden kunnen aantreffen.

Speciale aandacht vraagt het feit, dat *Molinia* een uitgesproken fosfaatmijdende plantesoort is. Dergelijke planten blijken geen buffering tegen fosfaatopname te bezitten, zodat een aanzienlijke hoeveelheid beschikbaar fosfaat in de grond gemakkelijk leidt tot vergiftiging van de plant. Dit verschijnsel is goed bekend uit grasland-

Fig. 9. Bodem, vegetatie en geschiktheid voor Grove den in het proefgebied De Stippelberg (Uit: Zonneveld (1961), 1966).

a. Bodemkaart.

b. Vegetatiekaart. Er is geen rekening gehouden met de vochtindicatie door de *Molinia*-bedekking.



a. Soil map.

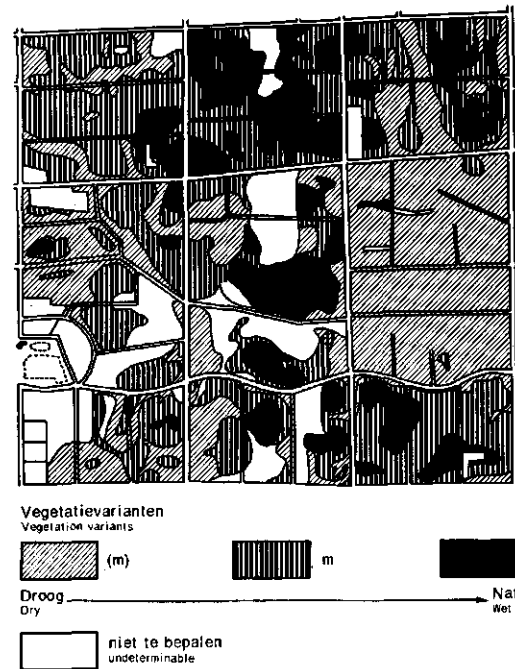
b. Vegetation map not accounting for the moisture indication by the *Molinia* cover.

Fig. 9. Soil, vegetation and site quality assessment in the sample area De Stippelberg (After Zonneveld (1961), 1966).

Kaart a geeft de vochtvarianten in de bodem. De op kaart b weergegeven vegetatietypen (zonder vochtvarianten) variëren van H1-2 tot R3. Op kaart c is de bedekking van *Molinia* afzonderlijk gekarteerd in drie trappen: (m) = nagenoeg geen bedekking, m = 5-25% bedekking, M = meer dan 25% bedekking.

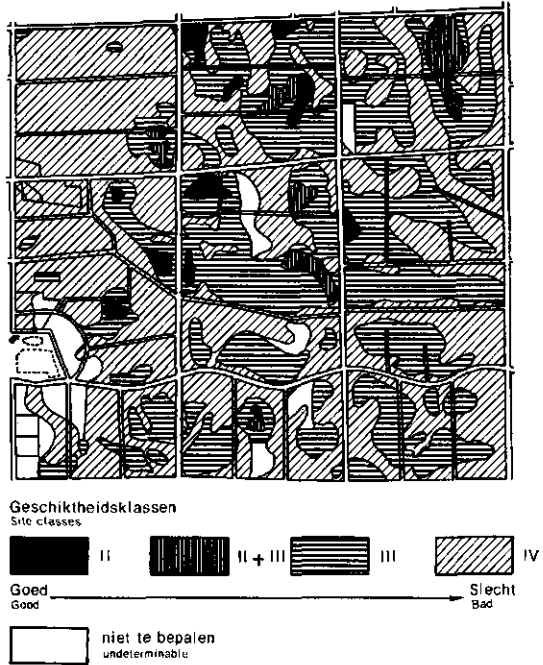
Bij vergelijking met a en c (visueel, alsook via de spectra, zie tabellen 4a en 4b) blijkt een redelijke overeenkomst te bestaan voor zover het de H-typen van kaart b betreft: de dichtste *Molinia*-bedekking blijkt over het algemeen samen te gaan met de laagst gelegen bodemseenheden. Bij de R3-typen is het verband zoek omdat

c. Vegetatiekaart met vochtindicatie door de *Molinia*-bedekking.



c. Vegetation map with moisture indication by the *Molinia* cover.

d. Geschiktheidskaart samengesteld uit de kaarten a, b en c met behulp van het als fig. 18 afgebeelde diagram.



d. Site quality map compiled from the maps a, b en c using the key for site quality assessment (see Fig. 18).

*Molinia* daar ontbreekt. R3 blijkt voor te komen op alle bodemeenheden van laag tot vrij hoog.

Uit het kaartbeeld is verder duidelijk, dat de bodemeenheden natuurlijke grenzen hebben, bepaald door het reliëf van het dekzand (vervlakt, laat-pleistoceen stuifzand). De vegetatietypen tonen echter, door hun aan bosvakken gebonden vorm, duidelijk de invloed van de mens. In de volgende paragraaf zal duidelijk worden gemaakt, dat het hier hoogstwaarschijnlijk om fosfaatbemesting gaat (zie ook Zonneveld, 1966).

onderzoek (De Vries, 1954 en daar vermelde literatuur): fosfaatbemesting van arme, *Molinia*-rijke graslanden heeft onmiddellijk teruggang van Pijpestrootje ten gevolge.

Volgens Ir. Van Goor kan zo'n bemesting in *Molinia*-rijke dennenbossen een soortgelijk resultaat hebben. Een nog lopend onderzoek in Douglasbossen bevestigt dit. De afwezigheid van *Molinia* in vochtige bossen op voedselrijke standplaats (*Salicion*, *Alnion incanae*, enz.) berust waarschijnlijk op een te hoog fosfaatgehalte aldaar van de bodem. Een fraai voorbeeld in dit verband geeft figuur 9.

Nu is *Molinia* slechts één van de soorten uit de *Molinia*-groep (L22 resp. D10) en het ontbreken van één soort zegt nog niet dat de standplaats droog is. Pas wanneer ook de andere soorten uit de vochtgroepen ontbreken, of wanneer verscheidene vochtminnende soorten optreden is twijfel uitgesloten.

Uit het bestaan van drie soorten van vochtgroepen (L22, L23 en L24) blijkt, dat ook andere soorten dan *Molinia* in relatie staan zowel met vocht als met minerale rijkdom. Lemige gronden houden meer vocht vast dan zandige; ook kan de aanwezigheid van lemige lagen stagnatie van water op geringe diepte bevorderen. Dit verklaart de relatie tussen vochtvarianten in de vegetatie en de lemigheid van de bodemeenheden (zie bijlage III).

In de volgende paragraaf zal de relatie tussen indicatie van vocht en van minerale rijkdom nog nader aan de orde komen.

## 5.5 De minerale rijkdom van de bodem en de bosondergroei

### 5.5.1 Inleiding

Niettegenstaande de onderzoekingen van Van Goor (1963), Duchaufour (1958) en anderen is het zoals reeds vermeld eigenlijk niet of nauwelijks gelukt verband te leggen tussen de gehalten aan diverse minerale voedingsstoffen in de bodem en de groei, of de bemestingsbehoefte van bos. Twee omstandigheden dragen daartoe bij: a. de antagonismen tussen en de wederzijdse beïnvloeding van de minerale stoffen in de grond en in de plant; b. de beschikbaarheid voor de plant, die bepaald wordt door de vorm waarin een stof (en speciaal zijn ionen) in de bodem voorkomt.

Wat punt b betreft is het onbekend in welke vorm het fosfaat in de bosbodem opneembaar is, of opneembaar gemaakt wordt door de planten zelf, en of (en hoe) bepaalde symbiotische verhoudingen hierbij een rol spelen.

De beschikbaarheid van stikstof hangt veel meer af van de snelheid waarmee de organische stof in de bodem wordt omgezet dan van de aanwezige totale hoeveelheid stikstofhoudende organische stof. Daarnaast dient rekening gehouden te worden met het feit dat sommige planten of nauw met hen verbonden symbionten atmosferische stikstof omzetten.

In de hier besproken bosgronden zijn de kationen moeilijk te bestuderen omdat ze in uiterst kleine hoeveelheden voorkomen: het adsorptiecomplex is (behalve in de kalkrijke duinen e.d.) vrijwel geheel bezet met waterstof-ionen. Vooral hierdoor heeft de bosbodemscheikunde nog veel minder praktische resultaten gegeven dan de land-

bouwscheikunde, die werkt met over het algemeen zeer veel rijkere gronden en met gewassen, die zeer veeleisend zijn.

De aard van de humus, en de structuur van de bodem zijn in het bos van veel grotere invloed op de beschikbaarheid van minerale bestanddelen. Helaas is het verband met de humustoestand moeilijk kwantitatief te beschrijven, zodat een antwoord op de vraag in welke mate ieder van de aanwezige minerale bestanddelen werkzaam is, van geval tot geval wisselt.

Bij gebrek aan beter stelt men zich in vele gevallen tevreden met het bepalen van enkele min of meer totale gehalten, of met het vaststellen van de hoeveelheden ionen, vrijgemaakt in de door de agrochemische praktijk gestandaardiseerde oplosmiddelen. Hoewel zulke gegevens nimmer als exacte directe bepalingen van een milieufactor mogen worden beschouwd, kunnen ze toch een steun zijn bij het onderzoek, mits men zich niet door de magie van het schijnbaar exacte cijfer laat verblinden. Hieronder zullen de resultaten van dergelijk chemisch onderzoek worden behandeld.

Eerst moet echter worden vastgesteld of het inderdaad aannemelijk is, dat minerale rijkdom een rol speelt bij de verschillen in de hier behandelde vegetaties, mede omdat al enige malen termen zoals 'rijk' of 'arm' aan mineralen zijn gebezigd, waaronder dan is verstaan de mate waarin voedingsstoffen (fosfaat, stikstof, kali etc.) beschikbaar zijn voor de planten<sup>1</sup>.

### 5.5.2 De invloed van minerale rijkdom van de grond op de verschillen in ondergroei in naaldhoutbossen

Voor de aanplant van dennenbos heeft men overwegend gronden gekozen die te arm waren voor landbouw, mede door de bemesting en groundbewerking treft men daardoor op akkers weinig plantesoorten aan die ook voorkomen op de van nature arme groeiplaatsen in het bos. Daarentegen treden in het naaldhoutbos wel soorten op die ook te vinden zijn in andere, zeer zure milieus zoals heide. Er zijn enkele planten die in Nederland zowel in (niet te arm) dennenbos als op akkers voorkomen: *Holcus mollis* (Zachte witbol) en *Rumex acetosella* (Schapezuring). Natuurlijk groeien ze niet overal: alleen op uiterst slecht bemeste en op slecht verzorgde akkers (die soms zelfs in heide overgaan). Beide soorten behoren tot de sociologische groepen die de R-typen karakteriseren (4.2).

In de reeks A- H- R- Z- K- onder dennenbos staat het R-type ongeveer in het midden. Er zijn redenen om aan te nemen dat het deel A- H- R- daarvan wordt bepaald door de mate van beschikbaarheid van voor de landbouw onmisbare mineralen. Zo komt het nogal eens voor, dat op oud bouwland, gekenmerkt door een zeer dikke,

1. Daarmee is niet bedoeld wat landbouwscheikundigen veelal onder 'beschikbaar' verstaan. Deze verbinden hieraan een bepaalde analysemethode, zodat 'beschikbaar fosfaat' identiek is met 'in zwak zuur oplosbaar fosfaat' (tegenover 'totaalfosfaat' dat wordt gevonden door behandeling met sterk zuur). Of dit fosfaat werkelijk allemaal door de plant kan worden opgenomen laat men daarbij in het midden.

opgebrachte laag in het bodemprofiel (zie Edelman, 1950) een hoekje dennenbos is aangeplant: hierin treft men nooit A- of H-typen aan maar uitsluitend R-typen (of zelfs Z- of K-typen). Waar een akker op humuspodzol grenst aan een hei met vliegdennen werd verscheidene keren een strook met *Holcus* en *Rumex* aangetroffen die in de heide zelf ontbraken. In beide gevallen dient gedacht te worden aan de invloed van bemesting. Hoewel men voorzichtig moet zijn met vergelijking van bos, hei en akkermilieus zou men ruwweg kunnen concluderen dat R3 in rijkdom aan mineralen ongeveer overeen komt met de armste akkers; met de Z- en K-typen zijn dan de gemiddelde akkers te vergelijken. Een en ander blijkt ook uit de figuren 9b en 10b (zie ook 5.4.1) waar type R3 een duidelijke binding aan perceelsgrenzen laat zien en de natuurlijke bodemgrenzen negeert (R3 is dus duidelijk antropogeen bepaald).

Men kan zich bij deze (en overeenkomstige) beschouwingen natuurlijk afvragen, of zo'n dikwijls zeer tijdelijke 'bemesting' werkelijk voldoende lang na kan werken om effect te sorteren. De bosbouwliteratuur is inderdaad vol van aanwijzingen dat dit het geval is (Duchaufour, 1958; Van Goor, 1963; Wittich, 1960; e.a.).

De reeks A- H- R- Z- K-loopt parallel met de reeks: uiterst humusarm stuifzand – humuspodzol – moderpodzol (= Brown Podzolic = podzolige Braunerde) – brikgrond (Gray Brown Podzolic = podzolige Braunerde) – diverse lage en hoge bruine gronden met een zeker leemgehalte. Uit de literatuur valt te destilleren dat daarbij het gehalte aan minerale bestanddelen toeneemt, wat zich uit in toenemende basenverzadiging (stijging van de pH) en hogere waarden voor fosfaat en C/N-verhouding.

Een dergelijke karakterisering sluit natuurlijk het element bemesting niet in, en deze kan grote verschillen in vegetatie veroorzaken (een voorbeeld geeft figuur 8).

Nog duidelijker wordt deze parallel wanneer de natuurlijke bosgezelschappen erbij worden betrokken. Het *Quercu-Betuletum* (verwant aan de A- en H-typen en de armere R-typen) is min of meer gebonden aan humuspodzolen en de armste moderpodzolen. Het *Violeto-Quercetum*, (verwant aan de rijkere R-typen (R3, R4), groeit op de meer lemige moderpodzol- en de armere brikgronden. Het *Quercu-Carpinetum* (verwant met enige K-typen) komt voor op de zwaardere brikgronden en de bosvaaggronden (bruine bosgronden). Het *Alno-Ulmion* (verwant met Z- en K-typen in verscheidene associaties) komt voor op beekerd-, poldervaaggronden en andere kalkrijke vaaggronden. Een recent overzicht van soortengroepen met aanduiding van de 'rijkdom' van het milieu nauw aansluitend bij onze waarnemingen vindt men o.a. bij Passarge & Hofman (1964); zie ook Scamoni, 1960; Kopp, 1956.

Het bovenstaande leidt ertoe dat we toch wat hogere verwachtingen mogen hebben van een vergelijking van de resultaten van chemische analyses met de vegetatietypen binnen een bodemeenheid dan aanvankelijk wel werd gedacht (zie 5.5.1).

### 5.5.3 Coïncidentie met chemische analyses

Men kan de vegetatie op twee manieren vergelijken met de resultaten van chemische bodemanalyses: a. door de analysecijfers verkregen van grondmonsters die op proefveldjes in verschillende vegetatie-eenheden zijn genomen te rangschikken, of anders-

zins statistisch te bewerken naar het vegetatietype; b. door deze bewerking op iedere plantesoort afzonderlijk toe te passen.

In 1.4 is er al op gewezen, dat b alleen geoorloofd is binnen een groep van zeer nauw verwante vegetaties, omdat de vele milieufactoren elkaar onderling beïnvloeden en het effect van één factor (b.v. één mineraal bestanddeel) verschillend kan zijn wanneer een andere milieufactor, van welke aard dan ook, anders is. Iets dergelijks geldt voor de bodemeenheid. Eenzelfde chemisch cijfer kan in twee genetisch aanzienlijk verschillende bodems een verschillende interpretatie vragen.

In het onderhavige geval werd alleen de onder a genoemde weg bewandeld. Om alle niet-bodemchemische invloeden zoveel mogelijk te elimineren werden daartoe in een beperkt gebied (het landgoed De Stippelberg), op nauwverwante gronden, grondmonsters verzameld in verschillende vegetatie-eenheden, in nauwe samenwerking met de afdeling Bosbouw van de Stichting voor Bodemkartering. Het betrof hier een opstand van Grove den op een terrein met uitsluitend humuspodzolgronden, gevormd op moedermateriaal dat oorspronkelijk al arm was en dat door een eeuwenlang gehandhaafde begroeiing met heide nog extra is verarmd. De onderlinge verschillen hadden voornamelijk betrekking op de hoeveelheid, de vorm en de wijze van verdeling van de organische stof in het bodemprofiel, veroorzaakt door verschillen in hoogteligging boven het (voedselarme) grondwater<sup>1</sup>.

Van een honderdtal proefveldjes van 100 m<sup>2</sup> werden uitvoerige beschrijvingen gemaakt van bodemprofiel en vegetatie, de gemiddelde boomhoogte werd bepaald en de stand van het grondwater werd gemeten. Van ieder proefveld werd een grondmonster genomen door op 40 plaatsen tot een diepte van 25 cm met een 2 cm wijde monsterboor te steken. Deze monsters werden op het Bosbouwproefstation onder leiding van Ir. C. P. van Goor onderzocht op gehalte aan organische stof, pH-KCl, totaal N, in sterk zuur oplosbaar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en in 2N HCl oplosbaar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en K<sub>2</sub>O.

De resultaten kunnen als volgt worden samengevat:

De pH-KCl, variërend tussen 2,8 en 3,7 bleek noch met de vegetatietypen, noch met de bodemeenheden parallel te lopen.

Het percentage organische stof vertoonde evenmin enig verband met vegetatie of bodemeenheden.

Het N-gehalte van de organische stof, variërend tussen 1,35 en 2,10% was in monsters van nattere gronden meestal duidelijk hoger dan in die van droge gronden. Met de vegetatie bleek geen verband te bestaan.

Ook de gehalten van K<sub>2</sub>O, variërend van 10 tot 29‰, waren op droge gronden wat lager, maar verder valt er niets over te zeggen. Er blijft dan ook voor de Stippelberg alleen een nadere bespreking van het fosfaat nodig.

1. Volledigheidshalve zij hier opgemerkt dat het gehele gebied vóór de bosaanplant gelijkelijk is omgespit. Desondanks konden de bodemprofielen door ervaren karteerders worden herkend. Ook de grondwaterstand is verlaagd, maar doordat dit min of meer gelijkelijk voor het gehele gebied is gebeurd, blijft de relatie grondwater-profieltype bestaan (zie 5.4.1).

#### 5.5.4 De relatie tussen fosfaat in de bodem en de vegetatie

Bij de bespreking van het fosfaatgehalte van de bodem dient eerst vastgesteld te worden, wat hieronder moet worden verstaan: de uitkomst verschilt namelijk sterk met de toegepaste extractie-methode. Uit door het Bosbouwproefstation verricht onderzoek is gebleken, dat de P-citroen- en de P-lactaat-methode weliswaar het minst slecht de natuurlijke opneembaarheid benaderen, maar dat de waarden die ze geven voor bosgronden zo laag zijn dat die de analysefout nauwelijks overtreffen. Als ander uiterste zou men het totale P-gehalte kunnen bepalen (via een sterk extractie-middel), maar erg reëel is dat niet. Van Goor heeft daarom een tussenweg toegepast voor de Nederlandse dennenbossen door te extraheren met  $2N$  HCl (uitgedrukt in mg per 100 g grond).

De figuren 10 en 11 laten zien, dat in het *Pinus*-bos van De Stippelberg noch via P-HCl.2N, noch via P-totaal enig verband te vinden is met de bodemeenheden, onderverdeeld naar *Molinia*-bedekking, wel daarentegen met de vegetatietypen gerangschikt van 'arm' tot 'rijk'. Figuur 10b laat verder zien, dat de zwermen voor de typen R3 en H1-2 elkaar uitsluiten, en dat het zwaartepunt van het tussengelegen type R2 samenvalt met het P-HCl-niveau dat tussen R3 en H1-2 in ligt. De grootste spreiding heeft H2; dit is te begrijpen omdat dit type alle vegetaties omvat zonder eigen karakter (een mosbos zonder karakteristieke eigen soorten).

Het  $2N$ -HCl-cijfer voor fosfaat coïncideert dus in de reeks H1-2 → R3 in aanzienlijke mate met het vegetatietype; de mostypen (H) hebben lage gehalten, het *Holcus*-type (R3) heeft hoge, de overige liggen precies volgens de sociologische rangschikking daartussenin.

Voor Douglasbos zijn gegevens over de relatie bodem — vegetatie vermeld door Bannink (1963) en nog niet gepubliceerde gegevens over humuspodzolgronden en ook over de van nature vruchtbaarder oude bouwlandgronden (enkeerdgronden) en moderpodzolgronden verzameld door Van Goor (zie ook Van Goor, 1966). Op deze gronden bleken alle in de Donkere bosformatie onderscheiden vegetatietypen voor te komen, al waren op de rijkere (de enkeleerdgronden en moderpodzolgronden) Bannink's typen IV, V en VI (vergelijkbaar met de R-typen uit de Lichte bossen) in de meerderheid. De resultaten van het onderzoek naar relatie tussen vegetatie en chemische cijfers waren geheel vergelijkbaar met wat in De Stippelberg in *Pinus*-bos werd gevonden: lage correlatie tussen vegetatie en totaal N- en K-HCl-gehalte of pH, een wat hogere met het fosfaat oplosbaar in  $2N$  HCl (figuur 12). Daar de sociologische reeks in de Donkere bossen nauw verwant is met die in de Lichte was dit te verwachten.

Interessant bij beschouwing van figuur 12 is echter dat, hoewel de spreiding van de afzonderlijke punten in de figuur zeer groot was, het niveau van het fosfaatgehalte voor groepen van bodemeenheden verschilt: in de enkeleerdgronden (oude bouwlanden) ligt het ca. driemaal en in de moderpodzolgronden tweemaal zo hoog als in de humuspodzolgronden. Voor alle bodemeenheden samen bestaat geen direct verband tussen het gehalte aan in  $2N$  HCl oplosbaar fosfaat en vegetatie; dit is dus wél aan-



P-HCl. 2N

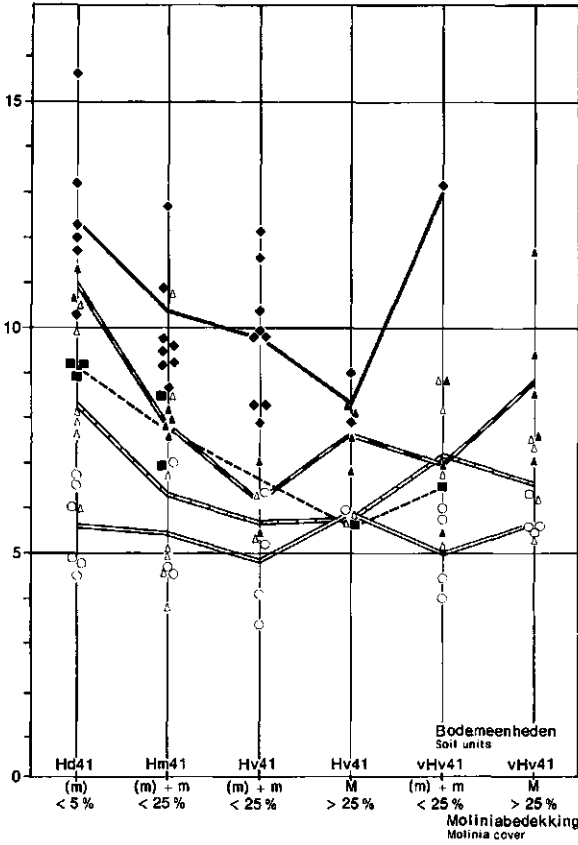


Fig. 10a. Verband tussen P-HCl.2N, bodem en vegetatie op De Stippelberg.

Fig. 10a. The relation between P-HCl.2N-value, soil and vegetation on De Stippelberg.

P-HCl. 2N

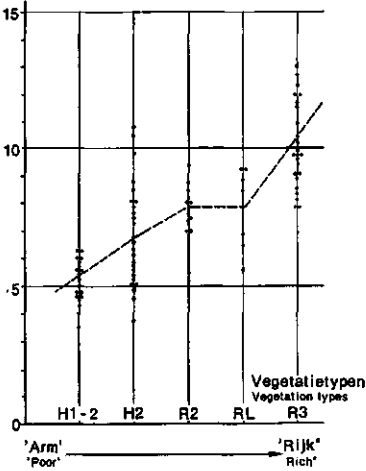


Fig. 10b. Het verband tussen P-HCl.2N en de vegetatietypen op De Stippelberg.

Fig. 10b. The relation between P-HCl.2N-value and the vegetation types on De Stippelberg.

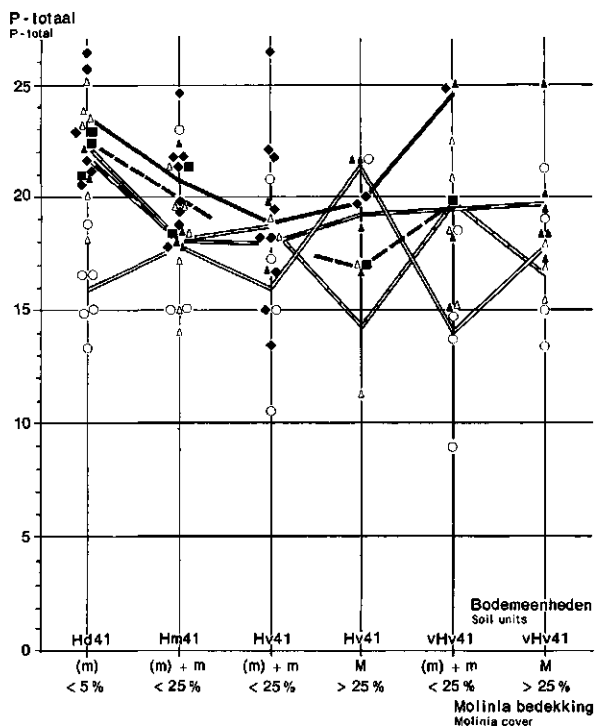


Fig. 11a. Het verband tussen P-totaal, bodem en vegetatie op De Stippelberg (zie voor legenda fig. 10a).

Fig. 11a. The relation between the P-total value, soil and vegetation on De Stippelberg (For legend see fig. 10a).

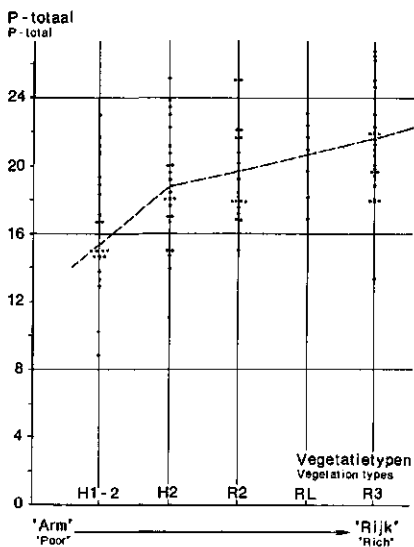


Fig. 11b. Het verband tussen P-totaal en de vegetatietypen op De Stippelberg.

Fig. 11b. The relation between P-total value and the vegetation types on De Stippelberg.

Fig. 12. Het verband tussen P-HCl.2N en het vegetatietype (zie par. 4.4 en bijlagen D1 en D2) op diverse bodemeenheden in Nederlandse Douglasbossen (naar gegevens van het Bosbouwproefstation).

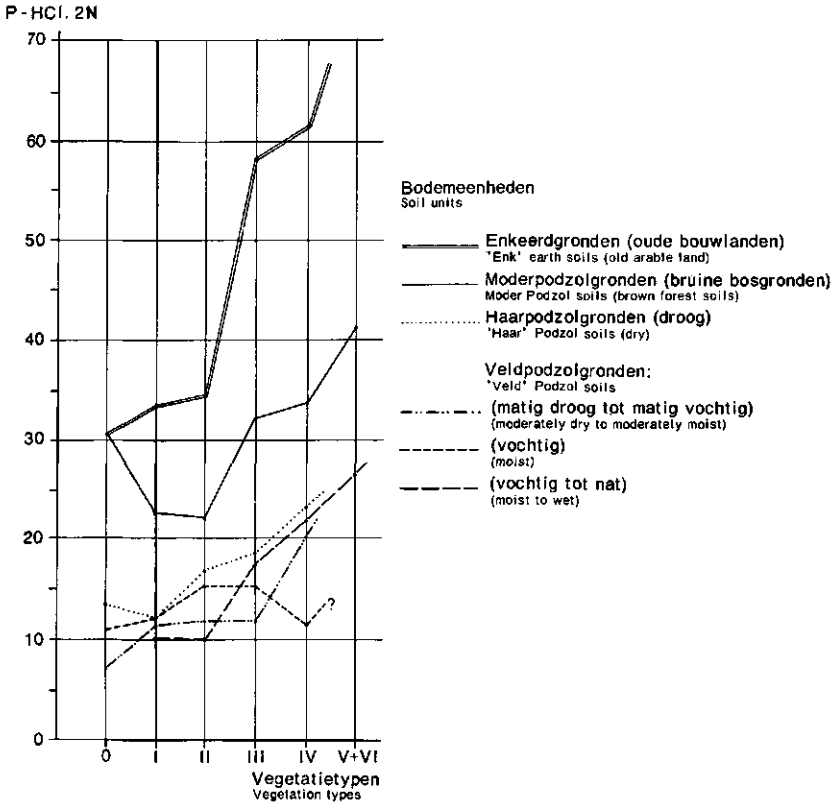


Fig. 12. The relation between P-HCl.2N-value and the vegetation type (see par. 4.4 and appendices D1 and D2) on various soil units in Douglas forests in The Netherlands (after data of the Forest Experiment Station).

wezig voor groepen van bodemeenheden<sup>1</sup>.

Hoewel bovenstaande gegevens het waarschijnlijk maken dat fosfaat een rol speelt bij verschillen in de vegetatie, dient men toch voorzichtig te zijn met deze conclusie. Er is in wezen namelijk niets anders vastgesteld dan dat de hoeveelheid in matig

1. Nadere gegevens over de relatie tussen chemische bodemeigenschappen en vegetatie kwamen ter beschikking uit nog niet gepubliceerde onderzoeken van Van Goor en Hol, waarbij ook cijfer voor de afzonderlijke soorten werden verzameld. Verder heeft Stapelveld (1955, 1956) gegevens vers meld over het samengaan van de belangrijkste mossoorten en chemische eigenschappen van de grond. Het blijkt, dat het optreden van mossoorten, kenmerkend voor de R-typen in de Lichte naaldbosformatie en de verwante vegetatietypen in de Donkere naaldbosformatie, samengaat met relatief hoge fosfaatcijfers.

sterk zuur oplosbaar fosfaat wèl, de hoeveelheid in zeer sterk of in zeer zwak zuur oplosbaar fosfaat gèen verband toont met de vegetatie. En dan nog met de restrictie dat dit verband alleen geldt binnen een groep van nauw verwante bodemeenheden. Speciaal bij de enkeerdgronden moet dit fosfaatcijfer veel hoger zijn om samen te gaan met hetzelfde vegetatietype als bij de moderpodzolgronden, en bij deze zal het (zij het als een grof gemiddelde) weer hoger moeten zijn dan bij de humuspodzolgronden.

Bodemchemici beschouwen het in 2N HCl oplosbaar fosfaat als het niet-organisch gebonden fosfaat. Men gebruikt dan ook wel de term 'anorganisch' fosfaat, die gemakshalve is overgenomen.

Het voorgaande kan leiden tot een redenering die wellicht enig inzicht verschaft in de werkelijke oorzaken van de gevonden verbanden. Ze berust op de volgende punten:

- a. Het absolute gehalte 'anorganisch' fosfaat is niet van belang.
- b. Binnen de enkeerdgronden, de moderpodzolgronden en de humuspodzolgronden is er een verband tussen 'anorganisch' fosfaat en vegetatie.
- c. In zeer arme zandgronden (stuifzand, dekszand) is de organische stof de enige fosfaatbron (zie 5.3). Dit komt vaak ook duidelijk tot uiting in de uiteenlopende fosfaatgehalten van de verschillende horizonten in een humuspodzol (ophoping in de B-horizont).
- d. Op de moderpodzolgronden mag men verwachten dat van nature 'anorganisch' fosfaat, bijvoorbeeld in ijzerverbindingen, aanwezig is zowel in de B-laag van het profiel als ook in het moedermateriaal. Op zeer oude bouwlanden zal bovendien door de bemesting uit organisch fosfaat via mineralisatie een reserve aan 'anorganisch' fosfaat zijn opgebouwd.
- e. Uit de figuren 10b en 11b blijkt dat onder de armste vegetatie-eenheden de verhouding 'anorganisch' fosfaat tot totaal fosfaat gemiddeld 1:3 is, onder de rijkere vegetatie-eenheden gemiddeld 1:2. Totaal fosfaat vertoont in deze cijfers vrijwel geen relatie met de vegetatie.

Uit a en b volgt dat slechts een deel van het 'anorganisch' fosfaat beschikbaar is voor de plant. Uit e volgt dat bemesting niet bijdraagt tot een aanzienlijke vermeerdering van het totaal fosfaatgehalte: in dat geval zou er immers ook een correlatie moeten zijn tussen vegetatie (als indicatie van de bemesting) en het totaal fosfaatgehalte.

Indien fosfaatbemesting de factor zou zijn, gaat het dus om hoeveelheden werkzaam fosfaat die zo klein zijn dat ze in het niet vallen bij de, uiteraard vrij grof bepaalde, hoeveelheid totaal fosfaat, kennelijk dus overwegend niet (direct) opneembaar fosfaat.

De punten c en e zijn enigermate met elkaar in tegenspraak. Hoewel de onder e genoemde gronden van nature zeer arm zijn, bevatten ze toch 'anorganisch' fosfaat. Hiervoor zijn twee verklaringen mogelijk:

1. òf er heeft overal enige bemesting plaatsgevonden, waarvan echter het merendeel is vastgelegd als niet-opneembaar 'anorganisch' fosfaat van een zelfde aard als in de oude bouwlanden en eventueel ook in de moderpodzolgronden aanwezig is;
2. òf het gaat om het verschijnsel dat in de grond steeds organische stof in afbraak

aanwezig is. De gehele anionen-huishouding (stikstof en fosfaat met name) berust hierop. Hoe sneller deze afbraak, hoe vruchtbaarder de grond. Is er een minder snelle toename van organische stof, dan is deze vruchtbaarheid aflopend, is er een evenwicht, dan blijft ze in stand ('oude kracht').

Het 'anorganisch' fosfaat bevat ongetwijfeld een component bestaande uit 'zo juist gemineraliseerd' organisch fosfaat.

Op grond van c zou men kunnen aannemen dat deze in humuspodzolgronden overweegt. De vraag blijft echter hoeveel van dit 'zo juist gemineraliseerd fosfaat' opneembaar is. Volgens de boven geschetste gedachtengang echter zou de hoeveelheid 'anorganisch' fosfaat een maat zijn voor de snelheid van afbraak van organische stof en niet zozeer voor de fosfaatvoorziening.

Stikstof, dat in gemineraliseerde vorm bij dit soort onderzoek niet is te bepalen, en allerlei andere aan organische stof gebonden minerale bestanddelen zouden dan een even grote rol kunnen spelen bij de veronderstelde grotere bodemvruchtbaarheid in de rijkere vegetatie-eenheden. De tendens dat 'anorganische', bij extractie met  $2\text{NHCl}$  vrijgekomen, kali parallel loopt met fosfaat is reeds vermeld. Dit vraagstuk kan alleen worden opgelost met experimenteel onderzoek. Een gekoppeld morfologisch en chemisch onderzoek van de organische stof verdient ook aanbeveling. Experimenteel onderzoek kan aansluiten bij de waarnemingen, dat fosfaat-bemesting de vegetatie deed verschuiven in de richting van de 'rijkere' typen. Men bedenke echter, dat reactie op fosfaatbemesting niet alleen op de invloed van het fosfaat behoeft te berusten. Een kalkbemesting (zie 5.5.5) is in het bos vanouds toegepast als een stimulans voor sterkere strooiselmineralisatie, waardoor stikstof en andere mineralen vrijkomen. Fosfaatmeststoffen hebben meestal een hoge pH en kunnen dus een soortgelijke stimulerende invloed op de biologische activiteit hebben.

In het kader van dit onderzoek is het niet mogelijk dieper op dit probleem in te gaan. Wij verwijzen alleen nog maar naar de onderzoekingen van Van Goor e.a. naar het verband met de boomgroei (zie hoofdstuk 6), waarop men dezelfde redeneringen als boven zou kunnen toepassen over directe en indirecte correlatie maar waar fosfaat ook als een belangrijke minimumfactor wordt beschouwd.

#### 5.5.5 De invloed van calciumcarbonaat

De aanwezigheid van calciumcarbonaat in de bovenste bodemlaag van dennenbos (tot ca. 10 cm) is tot op heden alleen aangetoond (door opbruisen met  $\text{HCl}$ ) in de rijkste vegetatie-eenheden van de duinen, onder een niet-zure en slechts dunne humuslaag. De begroeiing vertoont daar steeds een uitgesproken nitrofiel karakter (*Urtica dioica*, *Geranium robertianum* en diverse akkeronkruiden).

Dit kan worden verklaard door de mineraliserende invloed van kalk op het strooisel van het dennenbos (dat anders de neiging heeft ruwe humus te vormen), zoals uit de bosbouwliteratuur bekend is (o.a. Duchaufour, 1958; Van Goor, 1963; Wittich, 1960, en de daarin vermelde publikaties van Erdman en Volk).

Het blijkt, dat de snelle mineralisatie op uitgesproken droge gronden ook planten

aantrekt, die elders alleen in vochtiger bos voorkomen (zoals Bitterzoet, *Solanum dulcamara*), zodat er verband moet bestaan tussen stikstofvoorziening en waterbehoefte, waarop ook in 5.2 en 5.4 al is gewezen.

### 5.5.6 Conclusies omtrent minerale rijkdom

Oppervlakkig gezien kan men het resultaat van de voorgaande paragrafen pover noemen. Een verband, een causale relatie tussen vegetatie en minerale rijkdom komt wel duidelijk naar voren; dit is voor vegetatiekundigen echter weinig nieuws. Nieuwe gegevens omtrent de functie van de verschillende mineralen ieder voor zich, zijn echter niet naar boven gekomen. Toch zijn de conclusies van belang. De vaststelling van de correlaties is langs geheel verschillende wegen verkregen, namelijk door vergelijking van 'patronen' in het veld en chemische bepaling in het laboratorium. Bij nader onderzoek kan men zich bedienen van de indicatie-waarde van de vegetatie en van de gegeven beschouwingen om zo, met groter kans op succes niet alleen 'gericht' naar werkhypothesen maar ook 'gericht' naar feiten (monsterplaatsen) te zoeken.

## 5.6 Humusvorm, bodem en vegetatie in hun onderling verband

### 5.6.1 Inleiding

Daar de vegetatie het bodemmilieu beïnvloedt (5.1) en bodemvocht en minerale rijkdom hun stempel op de vegetatie drukken (5.2–5.8), beïnvloedt de vegetatie (inclusief de boomlaag) dus zichzelf via de bodem. Deze cirkelgang is echter niet altijd, in naaldhoutbossen zelfs zelden, gesloten. Dit laatste is duidelijk bij de invloed van de vegetatie op de humustoestand, ook 'humusvorm' genoemd (zie 5.6.2).

De evolutie heeft ervoor gezorgd, dat er vele plantesoorten zijn die het milieu 'bederven' door moeilijk verteerbaar strooisel en zo de humustoestand ongunstig beïnvloeden, en die tot op zekere hoogte in staat zijn die ongunstige toestand te verdragen (extreem voorbeeld: Struikheide, *Calluna vulgaris*). Planten die hogere eisen stellen brengen vaak gemakkelijker verteerbaar strooisel voort (allerlei kruiden en struiken in het bos, diverse grassen, Lijsterbes, *Prunus*-soorten, enz.). Maar de uitwerking verschilt naarmate de andere milieufactoren verschillen. Zo graaft op armere gronden de Beuk zijn eigen graf, op rijke gronden niet (Doing & Westhoff, 1959; Zonneveld & Leijs, in voorbereiding).

### 5.6.2 Humusvorm

Daar de vegetatie de bron is van de organische stof (strooisel) vormt de humus (tot de bodem behorende organische stof) in belangrijke mate het agens, het contactgebied waarin zich de relatie bodem – vegetatie afspeelt. Dit is zelfs in de meest letterlijke zin het geval bij de 'forest floor', de bovenste humeuze lagen van de bosbodem, de A0- en A1-horizonten. Deze vormen het leeuwedeel van het wortelmilieu

Tabel 5. Humus in naaldbos.

	Materiaal	Biologische omzetting	Stadium van mineralisatie	Leidt tot
a. strooisel	vnl. bladeren en naalden	niet of nauwelijks	voor mineralisatie	–
b. moder	vnl. mechanisch verkleind materiaal in de vorm van uitwerpselen	bepaald door diersoorten, deze weer beïnvloed door milieu	eerste stap naar mineralisatie	–
c. ruwe humus	grof organisch materiaal	nauwelijks	stagnerende mineralisatie, hoogstens enigermate door schimmels	verturving (stagnatie van demineralisatie)
d. disperse humus	gewoonlijk moder van stikstofarme stof <sup>1</sup> , ruwe humus	geheel omgezet, oplosbaar	eindproduct in oligotrofe omstandigheid, bij stagnerende mineralisatie	vorming B van humuspodzolen na verplaatsing van humus omlaag
e. multhumus	zeer fijnverdeelde, relatief stikstofrijke organische stof, die alleen voorkomt in hechte combinatie met minerale delen	geheel omgezet, niet oplosbaar	eindproduct bij eutrofe omstandigheden	verbinding met minerale delen

1. Op arme gronden treft men bij microscopisch onderzoek allerlei overgangen aan van niet-verslechte tot verslechte moder. Het is hetzelfde materiaal waaruit du, gliede of dopplriet is samengesteld. Naar Jongerius (1957), Zonneveld & Bannink (1960) en Minderman (1960).

voor ondergroei en boomlaag en worden zelf grotendeels door de vegetatie in stand gehouden.

Alvorens verder op de betekenis van de humus in te gaan dient onderscheid gemaakt te worden tussen *humusvorm* en *humussoort*.

Müller (1887) spreekt van 'humusvorm' wanneer hij de morfologische toestand van de humus in de bovenste profielhorizonten bedoeld, deze 'humusvorm' is gekenmerkt door de wijze waarop verschillende bestanddelen van de organische stof en de minerale delen zijn gerangschikt, ('humusvorm' in de zin van Müller is dus niet de vorm waarin de humus verkeert, maar de vorm waarin de bovenste bodemlagen (de 'forest floor') zich bevinden onder invloed van de organische stof).

'Humussoorten' worden onderscheiden alleen naar de aard van de organische stof. Helaas is later hiervoor in de literatuur ook het woord 'humusvorm' gebruikt (Kubiena, 1950; Jongerius, 1957), wat beter vermeden had kunnen worden.

De humusvorm is het resultaat van actuele en recente oecologische processen; hij indiceert deze processen dus evenzeer als de vegetatie, en sterker dan het bodempro-

fieltype als geheel.

Tabel 5 geeft een overzicht van de humus die in naalddhoutbossen voorkomt.

De belangrijkste humusvormen in de dennenbossen zijn 'mor' en 'mull'. De bodemtoestand die met 'mor' wordt aangeduid toont in het algemeen van boven naar beneden een opeenvolging van humussoorten zoals hieronder is aangegeven: 1. strooisel (soort a), 2. ruwe humus (soort c) al dan niet gemengd met moder (soort b), 3. een dunne laag met veel disperse humus (soort d), direct op: 4. minerale grond, die gewoonlijk wat disperse humus (soort d) en verslempende moder (soort b) kan bevatten.

Er zijn allerlei onderscheidingen mogelijk waarbij het aandeel van de verschillende soorten varieert. Het meest kenmerkende voor *mor* is de abrupte overgang van een nagenoeg zuivere organische laag naar een overwegend minerale horizont met een 'smerend' laagje disperse humus daartussen (Minderman, 1960). Karakteristiek voor de typische *mull*-toestand is het ontbreken van scherpe overgangen. In het meest extreme geval is er een intense menging van geheel vervormde organische stof (soort e) met minerale delen die gezamenlijk aggregaten (kruimels) vormen waarbij het, nooit zeer hoge, totale gehalte aan organische stof naar beneden in het profiel geleidelijk afneemt. Bovenin kan dan een rest van vers strooisel (soort a) en wat moder (soort b) bijgemengd zijn. Deze extreme echte *mull* is alleen op gronden met een fijnere textuur aanwezig daar alleen de lutumfractie een zo intensieve menging met organische stof kan ondergaan.

Kubiena (1950) en Jongerius (1957) onderscheiden een tussenvorm tussen *mor* en *mull* die zij aanduiden met 'moder', een woord dat zij zowel voor de humussoort (dierexcrementen) als voor de humusvorm (forest floor type) gebruiken.

Men kan meer tussenvormen onderscheiden. Hier is het echter voldoende vast te stellen dat de extreme *mor*-toestand een gevolg is van stagnerende mineralisatie van organische stof, terwijl de *mull*-toestand duidt op intensieve biologische activiteit gepaard aan snelle mineralisatie.

Zuivere *mor*-toestanden treft men in het Grove-dennenbos aan onder de A- en H-typen. Onder het A2-type is de organische laag vrijwel alleen vertegenwoordigd door een laag sterk verslempende moder en disperse humus. Als het regent kan men er over uitglijden (vandaar de term gliede). De beperkte aanvoer van naalden van de zeer armzalig groeiende dennen en het nagenoeg ontbreken van kruiden en struiken verklaart de dunne strooisellaag en het ontbreken van eigenlijke ruwe humus. Het verslempingsproces heeft alle tijd om de overgang van de schaarse aangevoerde organische stof in disperse humus te bewerkstelligen. Op den duur kunnen de dennen meer organische stof ophopen waarmee een overgang van het A2-type in het H1 (H1c)-type gepaard gaat en meer ruwe humus wordt gevormd.

In de H-typen is over het algemeen een laag ruwe humus gemengd met moder aanwezig. De hoeveelheid moder neemt toe naarmate men in de oecologische reeks meer naar rechts gaat en tegelijk wordt de overgang tussen minerale en organische laag minder scherp doordat er zich tussen de ruwe humus en de minerale grond een vrijwel zuivere moderlaag vormt, die enigermate met minerale delen gemengd kan raken door de activiteit van bodemorganismen.



Onder R1 kan zich nog ruwe humus bevinden maar onder R2 en 'rijkere' typen raakt dit bodembestanddeel meer en meer in de minderheid en is moder het hoofdbestanddeel. Bij de K-typen kan de grond duidelijk mull-achtig zijn, waarbij echter steeds wel strooisel en moderlagen aanwezig blijven, die beide vrij intensief met minerale grond gemengd zijn.

De strooiselvertering in Douglasbossen verloopt over het algemeen sneller dan die in dennenbossen. Dikke lagen ruwe humus ontbreken daar (moder heeft er een belangrijk aandeel in de A0). De bodem onder de vegetatietypen II, III en IV is voornamelijk mor-achtig, maar onder type VI treedt vooral een intensieve menging van moder en minerale delen in de bovenste horizonten van het profiel op.

Een systematisch onderzoek van de humustoestand in de bossen, liefst gekoppeld aan chemisch onderzoek van de verschillende humussoorten, zal ongetwijfeld een meer exacte typologie mogelijk maken. Deze zal vooral van belang zijn bij groeiplaatskartering van donkere bossen (type D0), waar door gebrek aan licht hiaten in het vegetatiekleed ontstaan. Hoewel in lichtere bossen de vegetatie gemakkelijker is te karteren en kennis van de humusvorm dan minder nodig is, blijft voor een goed begrip van de oecologie een gedetailleerde studie van de humusvorm ook daar onmisbaar (Zonneveld & Leijs, in voorbereiding).

### 5.6.3 Ontwikkelingen in de Lichte naaldhoutbossen

De invloed van het strooisel op de vegetatie onder dennen is fraai beschreven door Meisel-Jahn (1955; zie ook hoofdstuk 2). Zij concludeert dat op oude heidegrond de aanplant van Grove den de algemene vruchtbaarheidstoestand (beschikbaarheid van mineralen) op een hoger niveau brengt ('regradatie'), dat past bij het overgangsgedebied tussen onze vegetatie-eenheden H en R. Het terugdringen van de heide door de schaduw van de aanplant en het vervangen van het glycosiden bevattende heidestrooisel door het kennelijk minder slecht verteerbare *Pinus*-strooisel beschouwt zij als de oorzaak. Recente onderzoekingen (o.a. van Stevenson, 1959) schijnen bovendien aannemelijk te maken dat *Pinus*-soorten in staat zijn tot enige atmosferische stikstofbinding via mycorrhiza, wat uiteraard gunstig op de humusvorm werkt, zij het vaak pas in tweede-generatie bos, waarbij het armere mosbostype overgaat in *Vaccinium* bos (Hv) of *Deschampsia* bos (Hd) waarin zelfs nog enige meer eisende kruiden en struiken kunnen verschijnen. In Nederland is een dergelijke successie ook waar te nemen (zie o.a. Zonneveld & Leijs, in voorbereiding; Van der Werf, 1962).

Wanneer daarentegen het uitgangspunt een loofbos is met een humusvorm verwant aan het mull-type, opgebouwd uit strooisel van bijvoorbeeld inlandse eiken en berken en velerlei soorten struiken en kruiden, dan kan aanplant van dennen de oorspronkelijk gunstige humusvorm 'degraderen' tot een minder gunstig mortype, de beschikbaarheid van mineralen vermindert dan en de vegetatie verschuift in de bekende reeks naar links totdat ze, op het punt van evenwicht, ongeveer het eindpunt van de 'regradatie'-reeks van de heidebebossing ontmoet.

De snelheid waarmee de successie verloopt is afhankelijk van het oorspronkelijke

Fig. 13. Successielijnen bij Lichte naaldhoutbossen.

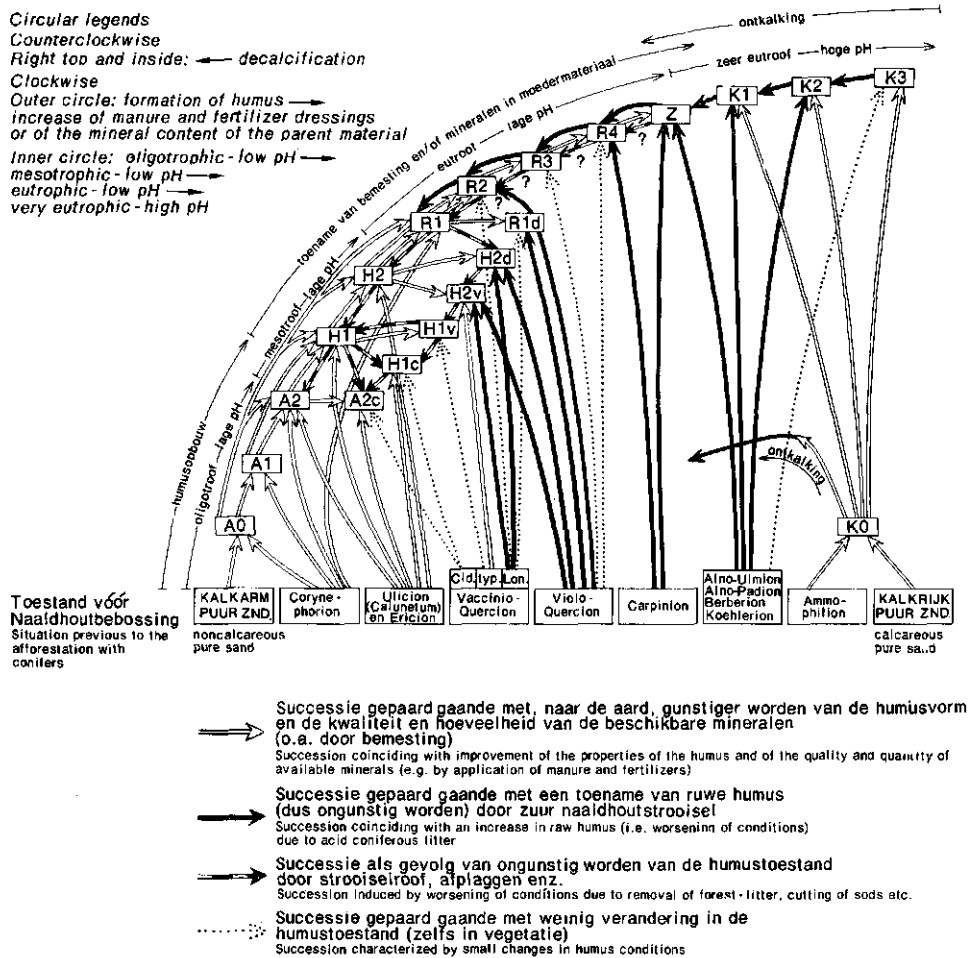


Fig. 13. Succession lines for bright coniferous forests.

bodemtype en de humusvorm zoals die ontstaan zijn onder invloed van het moeder-materiaal, de vegetatie en alle andere milieufactoren die werkten vóór de dennen aangeplant werden.

Strooiselroof kan het proces van degradatie versnellen, of eventuele regradatie vertragen of verhinderen. Bemesting en aanplant van bodembeschermende struiken met mild strooisel vertragen of verhinderen degradatie en bevorderen regradatie. Zo ligt op de humuspodzolgronden en zandige moderpodzolgronden het evenwichts-stadium in het algemeen bij type H1 of 2 (varianten v of d), op een bodem met de relatief milde mor-toestand met veel moder. Dit wordt pas aan het eind van de eerste

of in de tweede generatie bereikt. Strooiselroof kan hier echter leiden tot het ontstaan van A-typen (zelfs type A1), met bijbehorende mortoestand, die van nature alleen voorkomen op zeer steriel, uitgestoven dekzand in stuifzandgebieden (zie o.a. Zonneveld & Leijs, in voorbereiding; Van Goor & Van Oosten Slingeland, 1963).

Daarentegen kan bemesting eenheden doen ontstaan van het R-type die van nature alleen voorkomen op rijkere gronden die meestal vanuit een loofbosstadium met dennen zijn beplant. In figuur 13 zijn de verschillende ontwikkelingslijnen schematisch weergegeven.

Over de 'degraderende' invloed van exoten, waaronder sommigen ook de Grove den rekenen, is veel gespeculeerd. Hoe dan ook: het voorgaande toont aan, dat de 'lichte' naaldhoutsoorten zoals *Pinus* en *Larix* op de arme gronden in het algemeen zeker niet 'degraderend' werken in bosbouwkundige zin. Zelfs is vast komen te staan, dat de ondergroei vaak weinig afwijkt van die onder loofhout op overigens gelijke standplaatsen (zie o.a. de stippellijnen in figuur 13). De overeenkomst is zelfs vaak zo sterk, dat bij karteringen in een bosgebied de eiken- en eikenhakhoutbossen gekarteerd konden worden met vrijwel dezelfde legenda als voor de 'lichte' naaldhoutbossen. Dit is een aspect dat voor kleinschalige vegetatiekarteringen ten behoeve van landschapsoecologische en ook weer puur bosbouwkundige doeleinden van groot praktisch nut is.

#### 5.6.4 Ontwikkelingen in de Donkere naaldhoutbossen

Zoals reeds vermeld in 5.6.2 is in de Donkere naaldbossen de humusomzetting eerder sneller dan langzamer dan in de Lichte naaldbossen. Dit geldt vooral voor de Douglasbossen, die het merendeel van het donkere bos vormen. Men kan dus verwachten dat het evenwichtsstadium daar meer naar rechts in de eutrofiereeks is verschoven. Er zijn aanwijzingen dat dit inderdaad het geval is.

Het is opgevallen dat de rijkste typen, V en vooral VI, alleen voorkomen in de oudste opstanden (tweede-generatie Douglasopstanden van een redelijke ouderdom bestaan uiteraard nog niet). Nu hoeft dit niet veroorzaakt te zijn door een gunstige werking van de Douglas op de beschikbaarheid van mineralen, want oudere opstanden plegen minder dicht te zijn dan jonge, en ook een tekort aan licht of een te sterke wortelconcurrentie in jonge opstanden zou de meer eisende soorten kunnen verhinderen op te treden. Een vegetatiekaart van het Speulderbos, vervaardigd door Zonneveld en Leijs, toont echter verschillende gevallen waarin percelen Douglasbos grenzend aan percelen met Grove den of loofhout duidelijk een iets eutrofer vegetatie dragen. Men treft in het Douglasbos meer akkeronkruiden aan dan in de Lichte bossen, ook waar geen bemesting is toegepast. Het Douglasbos heeft dus zeker geen 'degenererende' invloed op Nederlandse bosgronden (zie ook het bodem-fysisch en -chemisch onderzoek van Burger, 1952).

Het is echter wel zo, dat de vegetatie in loofbossen op een rijke standplaats er heel anders uitziet en veel rijker is aan soorten. Men moet deze vorm van rijkdom echter niet verwarren met de eutrofie van de bodem zoals die in het bijzonder door het

strooisel via de humushuishouding wordt beïnvloed. De vegetatie onder Douglas op deze relatief eutrofe gronden toont wel verwantschap met de 'natuurlijke', maar dient toch afzonderlijk te worden beschreven.

### **5.7 Overeenkomst en verschil in indicatiewaarde van bodem- en vegetatie-eenheden**

In het voorgaande is duidelijk geworden dat er een causale correlatie is tussen de vegetatie en de beschikbaarheid van mineralen en vocht in de bodem. Daarbij is gebleken dat de vegetatie verschillen in de beschikbaarheid van mineralen indiceert binnen een zelfde bodemeenheid, zoals die door de Stichting voor Bodemkartering bij de groeiplaatskartering wordt onderscheiden. Voor een klein deel wordt het verschil in kaartbeeld veroorzaakt door fouten van de soort gerubriceerd onder a, b en c in figuur 4. Zo bestaan er allerlei overgangen tussen bodemeenheden en ook tussen vegetatietypen die de begrenzing arbitrair maken.

Bemesting is op humuspodzolgronden een belangrijke oorzaak van reële verschillen. De bemesting kan doelbewust gegeven zijn, maar kan lokaal ook door broedkolonies van vogels of door wild of schapen tot stand gekomen zijn. Niet te verwaarlozen is echter ook de invloed van grond en bosbehandeling. De takbemesting kan hier worden genoemd, maar ook het wroetend en mestend bestaan van een hoge wildezwijnen-stand, recent of ver in het verleden. De uiterst negatieve invloed van strooiselroof is reeds herhaalde malen genoemd. Van veel betekenis is ook de diepte en de bewortelbaarheid van het profiel. Indien zeer diepe beworteling mogelijk is, kan er een mineralenkringloop worden opgebouwd die de bovengrond sterk kan verrijken. Zijn er lange tijd bomen aanwezig geweest die niet diep konden wortelen, dan is de minerale reserve in de ondergrond niet gebruikt. In feite is de verarmende invloed van de heide gedeeltelijk aan deze ondiepe beworteling, het niet uitbuiten van diepere lagen, te wijten (zie o.a. Zonneveld & Bannink, 1960 en Zonneveld, 1965).

Dit niet dieper wortelen kan theoretisch aan de boomlaag liggen of aan het bodemprofiel. In 6.2 wordt hoog grondwater als oorzaak van armoede genoemd in de humusarme stuifzanden (duinvaaggronden). De diep tot op het C-materiaal uitgestoven podzolprofielen zijn zo uiterst arm omdat in de dichte, volkomen steriele bodem wortelactiviteit eerst langzaam op gang komt. Inderdaad wordt na één generatie de ondergroei duidelijk gunstiger.

Houdt dit alles nu in, dat de gehanteerde bodemeenheden geen waarde voor de groeiplaatskartering hebben? Een dergelijke conclusie is ongegrond omdat bodemeenheden en vegetatietypen ieder op eigen wijze een indicerende waarde hebben die elkaar aanvullen of op zijn minst elkaar bevestigen of versterken.

Het vegetatietype wordt gekarakteriseerd door een combinatie van vegetatie-eigenschappen (zoals structuur en het ontbreken van soorten of een verschillende mate van voorkomen van soorten). Het eindresultaat blijkt een indicatiewaarde te hebben voor o.a. vochttoestand en beschikbaarheid van mineralen.

De bodemeenheid wordt gekarakteriseerd door een combinatie van bodemeigenschappen (zoals bodemstructuur, kleur, het voorkomen van zand, klei, organische

stof, in bepaalde extractiemiddelen oplosbare zouten etc.). Het eindresultaat blijkt een indicatiewaarde te hebben voor o.a. vochttoestand, beschikbaarheid van mineralen.

Het principe van classificatie van beide indicatoren is eveneens nauw verwant. De benadering van de oecologische grootheden is echter verschillend. Bij de vegetatie is de benadering zuiver biologisch, het meten van een reactie via biologische processen, namelijk via de fysiologie van de planten. Vandaar dat kenmerken door oecologie veroorzaakt op hoog niveau verschijnen in het systeem. Bij de bodem is de benadering fysisch en chemisch en slechts voor een deel biologisch, namelijk waar het de resultaten van de werking van bodemorganismen betreft.

Het verschil in indicatie berust op het verschil in karakter van de gebruikte kenmerken. Bij de bodem heeft men bewust eigenschappen gekozen die niet of slechts geleidelijk aan verandering onderhevig zijn. De vegetatie daarentegen wordt gekarakteriseerd op kenmerken die vrijwel onmiddellijk (in enkele jaren of korter) reageren op veranderingen. Zo vergiftigt een grote fosfaatgift soorten als *Molinia* e.d. die dan ook onmiddellijk gaan kwijnen. Ontwatering laat binnen enkele jaren vochtindicatoren het veld ruimen. Het 'aantrekken' van planten die t.o.v. deze factoren hogere eisen stellen vraagt iets meer tijd (accessibiliteit, migratie naar de desbetreffende plaats).

Voorts blijkt het moeilijk voor bodemkartering visuele kenmerken te vinden die een directe relatie hebben met de actuele beschikbaarheid van mineralen. Voor vocht ligt dit in bepaalde gevallen iets eenvoudiger.

Bij de bodem kunnen echter ook eigenschappen worden gebruikt die onder de omstandigheden van het ogenblik van kartering geen invloed hebben, maar die van belang kunnen worden. Bijvoorbeeld: een sterk lemige laag die zich constant onder het grondwater bevindt. Bekendheid met de aanwezigheid van deze laag is van belang, òf als verklaring voor de natte toestand, òf om de toekomstige toestand te kunnen voorspellen als men tot ontwatering, diepspitten of aanplant van diepwortelende boomsoorten wil overgaan.

Een minder extreem voorbeeld is een oud tweede-generatie dennenbos op een humuspodzolgrond met vegetatietype H2 en een eerste-generatie dennenbos op een nogal gemaltraiteerde moderpodzolgrond eveneens met vegetatietype H2 en gelijke vochthoeveelheid. In actuele toestand mag men aannemen dat de beschikbaarheid van mineralen en vocht ongeveer gelijk zal zijn. Toch is het van belang te weten dat de één een humus- en de andere een moderpodzolgrond is, omdat men graag wil weten of de moderpodzolgrond lemiger is, of de vochtindicatie berust op hangwater of grondwater, of de ene bodemeenheid meer in humus vastgelegde mineralen bevat die door maatregelen eventueel beschikbaar gemaakt kunnen worden. Van de kennis van al deze zaken hangt af of men bosbouwkundige maatregelen zal kunnen nemen of niet omdat de moderpodzol potentieel bosbouwkundig gunstiger eigenschappen bezit.

Men kan het bovenstaande als volgt samenvatten: een belangrijk verschil in indicatiewaarde tussen bodem en vegetatie is dat bij de bodem het accent meer op potentiële, bij de vegetatie meer op actuele eigenschappen ligt.

Voorts heeft indicatie door de vegetatie het karakter van een biologische test. Men weet dat de aangetoonde verschillen van belang kunnen zijn voor planten; ze hebben

dus biologische waarde. Uit bodemeigenschappen is slechts uit indirecte waarneming af te leiden dat de verschillen biologisch belangrijk zullen zijn (b.v. uit proeven, interpretatie of veronderstellingen; vergelijk ook 5.5.4).

De in 5.6.2 beschreven humusvormen hebben een indicatiewaarde die het midden houdt tussen die van bodem en die van de vegetatie. Bij de groeiplaatskartering in Nederland wordt van deze waarde weinig of geen gebruik gemaakt omdat hij te sterk wisselt van opstand tot opstand. Een uitvoerige typologie opgesteld door vergelijkende studie van bodemprofiel en vegetatie zou dit bodemkenmerkencomplex wellicht ook voor karteringswerk bruikbaar kunnen maken, op dezelfde wijze als dit voor de classificatie van de vegetatie, die nog gevoeliger is voor actuele wijzigingen, is geschied.

In het voorgaande is de nadruk gelegd op de verschillen in indicatie van de groeiplaats door bodemeenheden enerzijds en vegetatietypen anderzijds, waardoor beide indicatiemethoden elkaar kunnen aanvullen. Ze lopen echter ook in hoge mate parallel.

Bijvoorbeeld, moderpodzolgronden hebben een dusdanige mineralenreserve dat ze de destructieve invloed van zure humus (onder bos of heide) beter konden weerstaan dan de humuspodzolgronden die armer aan mineralen zijn en waarbij dan ook een duidelijker uitgeloopte horizont ontstond. De kans dat op moderpodzolgronden door strooiselroof of door afplaggen van heide zó'n armoede ontstaat dat vegetatietype A ontstaat, is kleiner dan op humuspodzolgronden in armere zanden. Het verarmingsproces heeft op deze gronden minder tijd nodig. Omgekeerd heeft verrijking door bemesting er eerder gevolg.

Van nature laag gelegen gronden zullen, ook bij ontwatering, gemiddeld toch natter zijn dan wat hoger liggende gronden die, indien wateroverlast optreedt, gemakkelijker en dus goedkoper en frequenter zijn ontwaterd.

Mede als gevolg van het verschil tussen vegetatie en bodem als groeiplaatsindicatie kan de vegetatie ons helpen ook het bodemtype nader te karakteriseren. De tabellen in bijlage III verdiepen ons inzicht in de vochtuithouding en de rijkdom aan mineralen van de bodemeenheden in het algemeen.

Het blijkt dat bodemeenheden, die op grond van bodemgenetische en andere argumenten als 'rijker' worden beschouwd gemiddeld ook een rijkere vegetatie dragen. Deze wijze van voorstellen houdt dan ook de mogelijkheid in na te gaan welke bodemeenheden gemiddeld in actuele toestand identiek zijn wat de beschikbaarheid van mineralen, vocht e.d. betreft.

In 5.3 is hiervan reeds een voorbeeld gegeven (figuur 6c, 6d en 8) bij vergelijking van stuifzandgronden en al dan niet overstoven humuspodzolgronden. In 5.4.1 is de gemiddelde vochttoestand van de hoofdbodemgroep weergegeven. Uit bijlage III kunnen we de volgende rangschikking naar eutrofie voor de drie hoofdbodemgroepen maken:

Oligotroof (arm aan mineralen)	a. humusarme tot humusloze kalkarme duinvaaggronden
	b. humushoudende kalkarme duinvaaggronden en vochtige veldpodzolgronden
	c. matige droge veldpodzolgronden
	d. haarpodzolgronden en veldpodzolgronden met moerige bovengrond
	e. humeuze kalkarme duinvaaggronden
	f. zwak lemige moderpodzolgronden
	g. sterk lemige moderpodzolgronden
	h. beekerdgronden
(rijk aan mineralen) Eutroof	i. kalkrijke duinvaaggronden

Hiermee wordt o.a. fraai geïllustreerd dat de humeuze stuifzandgronden in minerale rijkdom tussen humuspodzolgronden en de moderpodzolgronden in staan. Bijlage III laat zien, dat de verschillen in gemiddelde vruchtbaarheid tussen de veldpodzolgronden, haarpodzolgronden en humeuze duinvaaggronden in vergelijking tot de overige gronden gering zijn en de spreiding in vruchtbaarheid binnen de eenheden zeer groot is.

Dit facet van het vergelijkend onderzoek is van groot belang wanneer men het beziet in het verband van 5.5.4, waar is aangetoond dat chemische analysecijfers oecologisch geheel verschillend moeten worden geïnterpreteerd al naar gelang de bodemeenheid.

De vrij grote spreiding van vegetatietypen binnen een bodemeenheid en omgekeerd, die ondanks de duidelijke relatie tussen beide toch sterk in het oog valt, is een sterk argument voor de wenselijkheid beide indicatiemethoden te gebruiken. Zeer sterk is dit bij de zo belangrijke groep van humuspodzolgronden die een aanzienlijk deel van het Nederlandse bosareaal dragen. Een vegetatie-indicatie van uiterst arm tot rijk komt hier voor. Zonder hulp van de vegetatie is dit verschil niet karteerbaar. In het volgende hoofdstuk zal het praktische belang van een combinatie van bodem- + vegetatiekartering voor de groeiplaatsbonitering worden aangetoond.

## 5.8 Mineralen en bosondergroei: conclusie

Het is nu duidelijk geworden, dat het chemisch onderzoek een sterke steun geeft aan de op vegetatiekundige leest geschoeide veronderstelling, dat de vegetatiereeksen in de Lichte bossen (A naar R) en in de Donkere bossen (I naar VI) worden bepaald door de beschikbaarheid van minerale voedingsstoffen. Tevens bleek dat daarbij het fosfaat vermoedelijk een belangrijke rol speelt. Het zal nu dus zaak zijn toekomstig onderzoek te richten op methoden om het fosfaatgehalte van de grond meer genuanceerd te bepalen. Daaronder moet dan worden verstaan: een of andere bepaling van het werkelijk opneembaar fosfaat. Een eerste stap is te zoeken naar een fosfaatbepaling die resultaten oplevert die enigermate gecorreleerd zijn met het vegetatietype, ongeacht de bodemeenheid. De P-HC1.2N-methode is dat duidelijk nog niet.

De volgende stap zal dan moeten zijn een onderzoek naar het verband tussen het ionenevenwicht in de bodem en de vegetatie, waarmee men in de landbouw al een

zekere ervaring heeft opgedaan. Voor het bos zal dit nog een lange weg zijn. Tot nu toe is men bij dit soort studies in de bosbouw uitsluitend uitgegaan van de groei van de bomen, wat het grote bezwaar heeft dat men tientallen jaren nodig heeft om hun reactie te leren kennen. De studie van de reactie van de ondergroei, die sneller waarneembaar is, samen met die van de humusvorm biedt in dit opzicht aantrekkelijke voordelen.

De correlatie tussen boomgroei en vegetatie die in 6.1 aan de orde komt, geeft dan de mogelijkheid de verkregen resultaten om te zetten in voor de praktijk van de houtteelt bruikbare gegevens. Combinatie van bodem- en vegetatiekartering is daarbij aan te bevelen (6.3).



## **6 Het verband tussen groei van Grove den, vegetatietype, bodemeenheden en boniteit**

### **6.1 Opzet, begrenzing en doel van het onderzoek**

In het voorgaande is het verband tussen de ondergroei van het bos en de bodem behandeld. Nu zijn bomen ook planten, en men zou kunnen veronderstellen dat wat voor de ondergroei is gevonden zonder meer ook van toepassing moet zijn voor de opstand. Dit is echter maar ten dele waar, want het wortelmilieu kan voor beide zeer verschillend zijn en bovendien is het bos, althans het dennenbos in Nederland, steeds aangeplant en is de ondergroei spontaan.

Bij onderzoek moet men er verder rekening mee houden, dat de aangeplante dennen (waar het hier om zal gaan) van verschillende herkomst kunnen zijn, dat de opstanden op verschillende manieren zijn behandeld en een verschillende voorgeschiedenis kunnen hebben wat betreft bodembewerking e.d.

De mogelijke invloed van de 'herkomst' wordt nogal eens aangevoerd als hoofdoorzaak om verschil in waargenomen boomgroei te verklaren. Wij hebben deze invloed uitgeschakeld door gedetailleerde vergelijkingen steeds te doen per opstand, waarbinnen genetische en verzorgingsgeschiedenis voor alle bomen gelijk geacht mag worden. Achteraf bleek echter dat de milieuverschillen in vele gevallen een veel grotere invloed hadden op de groeikwaliteiten dan de herkomst.

Om de groei van een opstand te karakteriseren gebruikt men algemeen boniteiten, kwaliteitsklassen gebaseerd op de gemiddelde hoogte in relatie tot de leeftijd. In de volgende figuren en tabellen is deze echter veelal vervangen door de gemiddelde hoogte die de opstand zou hebben gehad op 45-jarige leeftijd (bepaald met behulp van de leeftijd-hoogtegrafieken van het Staatsbosbeheer) omdat het steeds om opstanden ging van omstreeks deze leeftijd (hoogstens 5 jaar ouder of jonger) en omdat boniteitscijfers vrij grove benaderingen zijn.

De metingen<sup>1</sup>, en veelal ook de beschrijvingen van de bodemprofielen, werden uitgevoerd door de afdeling Bosbouw van de Stichting voor Bodemkartering op in totaal 627 opgenomen meetplekken verspreid over de belangrijkste bodem- en vegetatietypen.

Het doel van het onderzoek was tweeledig nl.:

1. De gemiddelde boomhoogten werden bepaald op cirkelvormige perken van ca. 100 m<sup>2</sup>. Door klemmen werd van alle bomen de diameter op 1,30 m gemeten. Van meestal 6 bomen die qua diameter het dichtst bij het gemiddelde lagen, werd de hoogte gemeten voor de berekening van de gemiddelde hoogte die diende als basis voor de bonitering.

- een analyse te geven van de invloed van de beschikbaarheid van minerale bestanddelen en het vocht op de groei van de Grove den;
- het ontwerpen van een groeiplaatsbonitering gebaseerd op bodem- en vegetatie-eenheden.

## 6.2 Het verband tussen beschikbaarheid van minerale bestanddelen en vochttoestand van de bodem, en groei van de Grove den

Zoals figuur 14 laat zien<sup>1</sup>, vertoont de groei van de Grove den een duidelijke correlatie met de reeks van uiterst humusarm naar humusrijk en met een vegetatiereeks die, zoals aangeduid in 5.3-5.7, een stijging in de beschikbaarheid van de minerale bestanddelen indiceert. De conclusie kan als volgt worden geformuleerd:

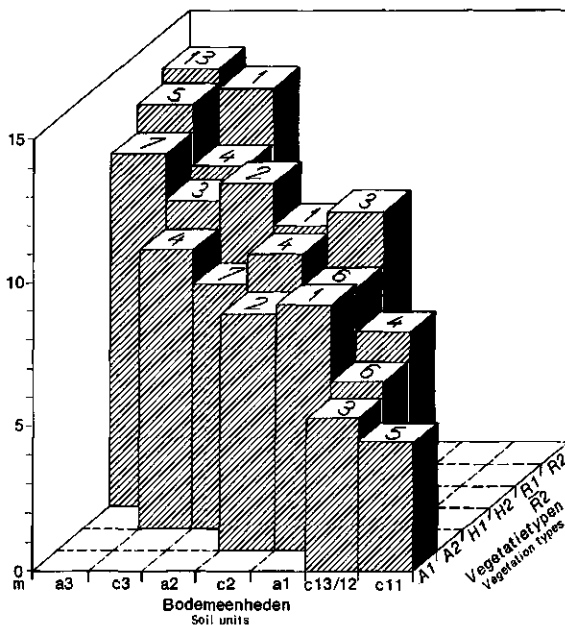


Fig. 14. Verband tussen bodemeenheden, vegetatie en boomhoogte van Grove den op stuifzand (Kootwijk). Getallen op de kolommen: aantal waarnemingen.

Humose → Uiterst humusarm  
Humose → Utterly poor in humus

Bodemeenheden volgens Schelling (1955) met weglating van de codeletters Zsj  
Soil units according to Schelling (1955), symbols abbreviated by omitting Zsj in front

a3 → a2 → a1 = > 50 cm stuifzand op podzolprofiel, afnemend humusgehalte  
> 50 cm blown sand overlying podzol profile, decreasing humus content

c3 → c2 = > 50 cm stuifzand op uitgestoven laagte, afnemend humusgehalte  
> 50 cm blown sand overlying C-material, decreasing humus content

c13 → c12 → c11 = idem met het laagste humusgehalte en afnemende dikte  
do., lowest humus content and decreasing thickness

Fig. 14. Relation between soil unit vegetation and mean height of Scots-pine on blown sand soil (Kootwijk). Figures on top of columns: number of observations.

1. De bodemgegevens zijn ontleend aan Schelling (1955).

*Conclusie 1:* de groei van de Grove den houdt verband met het humusgehalte (wat tot uiting komt in de bodemeenheid) en met het gehalte aan beschikbare minerale bestanddelen (tot uiting komend in het vegetatietype).

In 5.3 is uiteengezet, dat op de hoog gelegen kalkarme stuifzandgronden die hier aan de orde zijn nagenoeg alleen het humusgehalte een rol speelt voor de ondergroei zowel bij de watervoorziening als die aan minerale stoffen. Of het verschil in humusgehalte ook via de factor vocht invloed heeft op de groei van Grove den is uit bovenstaande gegevens niet op te maken: het in cijfers vastleggen van de hoeveelheid beschikbaar water in de humus vereist het vele malen herhalen van de vochtbepaling over vele jaren.

Gronden met een hoge grondwaterstand lenen zich hiervoor beter. In de figuren 15<sup>1</sup> en 16<sup>2</sup> is de diepte van de eerste reductievlakken als indicatie van de fluctuatietoneel van het grondwater als maat voor het grondwaterregime gebruikt en daarmee, zij het indirect, voor de beschikbaarheid van water voor bomen.

In beide figuren is op de x-as de grondwaterinvloed, op de y-as de boomhoogte en door de vorm van de punten het vegetatietype aangegeven. Het lijkt erop, dat er binnen de vegetatietypen een sterker verband tussen boomhoogte en grondwater bestaat dan voor de puntenzwerm als geheel. Zeer opmerkelijk is, dat de lijn voor de typen die met de rijkste milieus (R1 en R2) samengaan het steilst verloopt, en dat de steilheid minder wordt naarmate de rijkdom aan minerale bestanddelen afneemt. Bij de armste typen (A1 en A2) hebben de lijnen zelfs de neiging omlaag te lopen. Helaas zijn voor een zinvolle wiskundige verwerking de gegevens nog te schaars; er moge echter op worden gewezen, dat in andere bosgebieden, op geheel andere gronden, een zelfde tendens is gevonden.

Op grond van deze feiten kunnen onder zeker voorbehoud, de volgende conclusies getrokken worden:

*Conclusie 2:* de reactie van de Grove den op grondwater varieert met de beschikbaarheid van minerale bestanddelen daarin, zoals geïndiceerd door het vegetatietype.

*Conclusie 3:* bij voldoende beschikbaarheid van minerale voedingsstoffen groeit de Grove den beter naarmate er meer vocht opneembaar is.

De lijnen in figuur 15 (zie laatste grafiek daarin) vallen bij de diepste grondwaterstanden (250 cm en meer) vrijwel samen: meer of minder beschikbaar zijn van de minerale bestanddelen doet er dan blijkbaar voor de Grove den niet meer toe.

*Conclusie 4:* bij zeer diepe grondwaterstand in humuspodzolgronden op dekzand is de factor vocht voor de groei van Grove den in het minimum; de den kan eventueel beschikbare minerale voedingsstoffen niet ten volle benutten als gevolg van gebrek aan water.

Keren we terug naar figuur 14 die betrekking heeft op proefperken zonder grond-

1. Deze figuur is samengesteld uit metingen op de proefperken waarvan in het voorgaande analyses zijn vermeld. Zij hebben betrekking op het gebied dat is aangegeven op de vegetatie- en bodemkaarten van figuur 9 (Stippelberg; zie ook Zonneveld, 1966).

2. De bodemgegevens zijn ontleend aan Van Lynden (1958).

Fig. 15. Het verband tussen gemiddelde boomhoogte van Grove den, diepte van permanente reductie en vegetatietype op veldpodzolgronden (De Stippelberg).

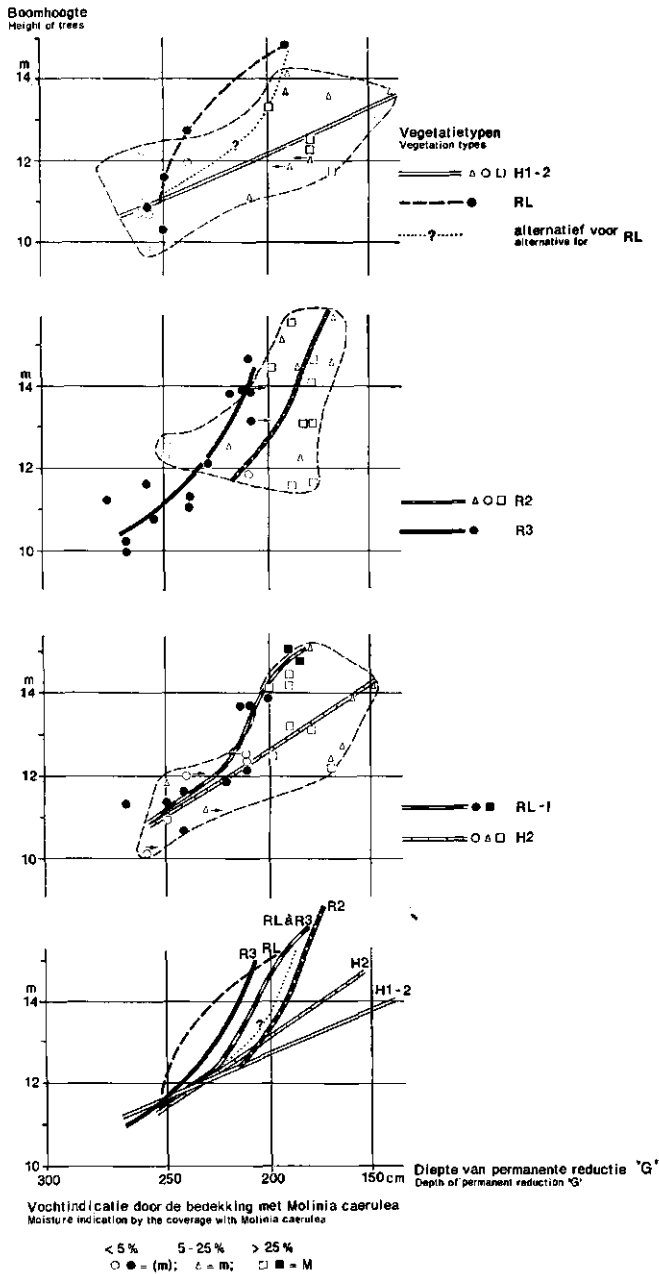


Fig. 15. Relation between mean height of Scots pine trees, depth of layer of permanent reduction in the soil and the vegetation type on 'Veld' Podzol soils (De Stippelberg).

waterinvloed<sup>1</sup>. Het nauwe samengaan tussen rijkdom en boomhoogte doet vermoeden dat de Grove den op niet al te humusarm stuifzand ook bij grotere rijkdom aan minerale bestanddelen nog voldoende vocht uit de reserve in de humus (die ook in diepere lagen aanwezig is) kan putten.

Zoals in figuur 15 aan de vorm van de stippen is te zien, reageert de ondergroei bij humuspodzolen op veel water met het optreden van vochtindicatoren (de vorming van vochtvarianten) en wel des te sterker naarmate het grondwater op geringere diepte voorkomt. Op stuifzand met zijn speciale grondwaterregime (o.a. schijnspiegels op begraven profielen) is dat veel minder het geval. De Grove den, daarentegen, reageert op stuifzand wél op grondwater. Dit verschil is te verklaren uit het wortelmilieu: de Grove den wortelt, zeker in stuifzand, veel dieper dan de ondergroei. Bovendien heeft deze boomsoort met zijn bladmassa, die veel groter is dan die van de ondergroei, meer water nodig dan de ondergroei. Vandaar dat de ondergroei nog op rijkdom aan minerale bestanddelen kan reageren op gronden waar de factor vocht voor de opstand al in het minimum is (al zullen vochtvarianten natuurlijk ontbreken). Alleen op uiterst droge gronden zonder enige humus in de bovengrond zullen de rijkere vegetatie-eenheden wel nooit kunnen groeien: ze dragen steeds A1-typen en, als er bovendien van minerale armoede aan voedingsstoffen sprake is, A2-typen.

Daar de Grove den geen water- of moerasplant is, moet ergens een grens zijn waarboven de vochtvoorziening hinderlijk groot wordt en gebrek aan lucht het normale functioneren van de wortels verhindert. Ook produktie van giftige stoffen ( $H_2S$ ) kan hierbij een rol spelen. Tenslotte kan het op gronden met een adsorptiecomplex van geringe omvang voor de boom noodzakelijk zijn om met zijn beworteling diep in de bodem door te dringen om minerale voedingsstoffen op te nemen.

Waarschijnlijk verklaart dit het aflopen van de lijn in de boomgroei op de A-typen in figuur 16 (zie ook de dalende lijnen in bijlagen IV.1 en IV.2). Ook in De Stippelberg is op humuspodzolgronden een nadelige werking van grondwater op de groei van dennen gevonden: figuur 17 (zie ook figuur 15) laat zien, dat de boomhoogte verband houdt met de bodemeenheden die gecorreleerd zijn met de grondwaterstand (zie 5.4.1, tabel 4).

Bij een onderverdeling naar *Molinia*-bedekking (als beste vochtindicator op arme gronden) ligt echter op de overgang van bodemeenheid Hv41 naar vHv41 een duidelijke knik; vermoedelijk is daarvan de oorzaak dat ook bij een zelfde gemiddelde laagste grondwaterstand nog een verschil in vochttoestand kan bestaan, bijvoorbeeld door oppervlakkige stagnatie van het water of verschil in fluctuatie. Hoewel zonder nader onderzoek de oorzaak niet precies is vast te stellen is het waarschijnlijk, dat ook hier het achterblijven van de boomgroei (zie geheel rechts in figuur 17) te wijten is aan een teveel aan water, c.q. een tekort aan zuurstof. Dit leidt tot:

**Conclusie 5:** onder bepaalde omstandigheden kunnen grondwaterstanden te hoog zijn voor een optimale groei van de Grove den, hetzij door het hinderen van de wortelactiviteit (gebrek aan zuurstof), hetzij door een zodanige beperking van de wortel-

1. Helaas zijn er geen exacte grondwatergegevens bekend. Mogelijk zijn er enkele (rijke) proefplekken met diep grondwater bij; de meeste hebben ongetwijfeld zeer diep grondwater.

Fig. 16. Het verband tussen boomhoogte, gleyverschijnselen en vegetatietype van de ondergroei in Grove-dennenbossen binnen één bodemeenheid (humusarme stuifzandgrond).

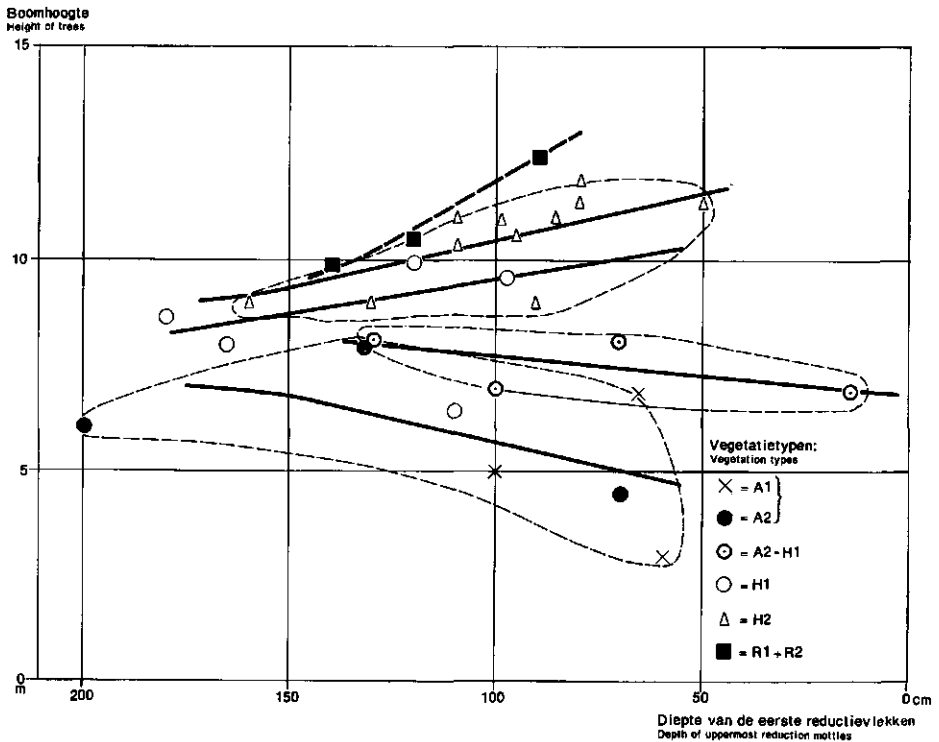


Fig. 16. The relation between the height of trees, gleyphenomena and vegetation type of the forest floor in Scots-pine forests on a single soil unit (humus-poor blown sand soil).

ruimte dat in het resterende, nog redelijk geaëreerde deel te weinig minerale voedingsstoffen aanwezig zijn.

Waar op rijkere veldpodzolgronden in dekzand met diep grondwater de bomen de beschikbare minerale bestanddelen niet ten volle kunnen benutten door gebrek aan water, is aanvulling uit hangwater (of uit schijngrondwater) nodig. Humusrijkdom kan hieraan, ook op stuifzand trouwens, in sterke mate meewerken, mits aanwezig in een laag van grotere dikte (in podzolen kan die laag hoogstens een meter zijn, in stuifzand vaak veel dikker). Daardoor is aanvulling uit grondwater alleen bij de humusarmere typen van belang (vooral bij die waar de humeuzeiteit weinig diep gaat zoals bij de meeste veldpodzolgronden).

Men kan verwachten dat iets dergelijks het geval is bij profielen die lemig zijn in onder- of bovengrond. Men treft die bijvoorbeeld aan in moderpodzolgronden die, naast de veldpodzolgronden en de duinvaaggronden, van groot belang zijn voor de bosbouw in Nederland. De gegevens over de groei van de Grove den op moderpodzolgronden (bijlage IV.3) wijzen er echter op, dat binnen deze gronden hoogstens een

Fig. 17. Het verband tussen boomhoogten van de Grove den en vegetatietypen in relatie met de bedekking door *Molinia caerulea* op bodemeenheden van de veldpodzolgronden op De Stippelberg.

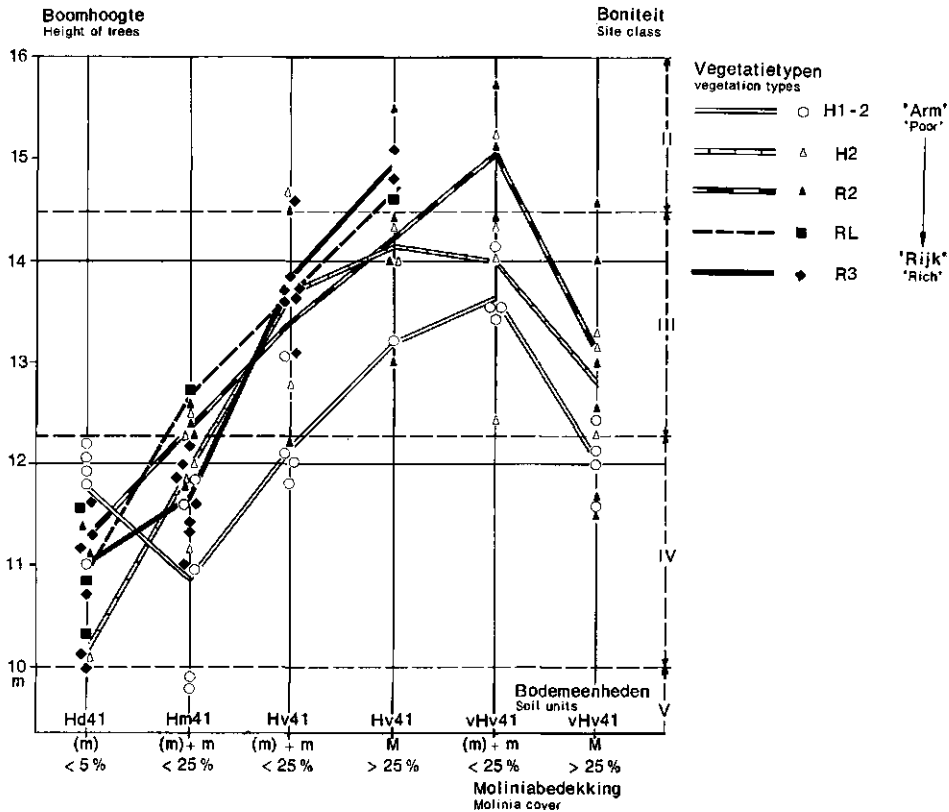


Fig. 17. The relation between the height of Scots-pine trees and the vegetation types in relation with the *Molinia* coverage on soil units of 'Veld' Podzol soils on De Stippelberg.

zwak verband bestaat tussen textuur en boniteit per vegetatietype. Wel is duidelijk dat, gemiddeld over alle moderpodzolgronden, het verband tussen vegetatietype en boniteit een zelfde tendens vertoont als op de goed met vocht voorziene veldpodzolgronden uit het voorbeeld van De Stippelberg (figuur 17). De H-typen hebben boniteit III, de R-typen II tot I. Kennelijk is, dank zij het hangwater, de vochtvoorziening van alle moderpodzolgronden zonder grondwater ongeveer van dezelfde orde als die bij de vochtige veldpodzolgronden met grondwaterinvloed.

Inderdaad was het te verwachten dat ook de minst lemige moderpodzolgronden een groter waterbindend vermogen hebben dan de humuspodzolgronden omdat het moedermateriaal altijd iets lemig is. Dat hier de watervoorraad binnen het profiel sterk is gespreid, blijkt uit het feit dat op de zwak lemige grofzandige moderpodzolgronden vochtindicatoren in de vegetatie ontbreken: de bomen vinden hun vocht kennelijk tot op aanzienlijke diepte.

Bij een nadere bestudering van de kalkloze duinvaaggronden ziet men dat ook daar de verschillen in boomgroei binnen een vegetatie-eenheid kleiner zijn op de humushoudende dan op de humusarme gronden (bijlage IV.1). Op de laatste kan de rijkdom aan minerale bestanddelen niet ten volle worden benut voor de groei van de bomen, op de eerste is dat kennelijk wel het geval.

Uit bijlage IV.2 blijkt, dat dennen op veldpodzolgronden elders in Brabant zich geheel gedragen als die uit het voorbeeld van De Stippelberg. Bij diep grondwater is de factor vocht in het minimum. Op de droge haarpodzolgronden in het Mastbos geeft enige lemigheid (Hd42) een redelijke tendens tot iets betere boniteit. Op de Veluwe (Ugchelen) echter blijken niet-lemige humuspodzolgronden voor te komen waar ook ver boven het grondwater nog enige reactie in boomgroei op beschikbaarheid van minerale stoffen blijkt op te treden. Het is echter waarschijnlijk, dat de daar op zekere diepte onder het humuspodzolprofiel voorkomende lagen van preglaciaal materiaal goed doorwortelbaar zijn en een zekere vochtreserve bevatten. Waar dit materiaal aan de oppervlakte ligt, ontstaan steeds moderpodzolgronden (Van Lynden, 1962).

Uit de voorgaande beschouwingen blijkt dat belangrijke verschillen in vochthoudendheid kunnen voorkomen die niet altijd weerspiegeld worden in de ondergroei maar wel voor de boomgroei van betekenis zijn! Voor de indicatiewaarde van de ondergroei leidt dit samen met vroeger geconstateerde feiten tot:

*Conclusie 6:* de ondergroei geeft te allen tijde een indicatie van, voor de bomen beschikbare, mineralen; de beschikbare hoeveelheid vocht wordt door de ondergroei alleen geïndiceerd voor zover deze zich in de bovengrond bevindt.

Deze conclusie leidt ons tot de praktische gevolgtrekking dat een groeiplaats-indicatie op basis van ondergroei alléén onvolledig kan zijn, vooral op gronden waar beneden de bewortelingszone van de ondergroei nog watervoorraden aanwezig zijn. Bovendien is de vochtbehoefte van de ondergroei minder dan die van de dennen, zodat een overmaat wel, maar een tekort niet wordt geïndiceerd. In vele gevallen kan dit worden opgevangen door ook de diepere lagen van het profiel te beschrijven.

Tussen de praktische uitvoering van de bodem- en de vegetatiekartering in het veld ten behoeve van groeiplaatskartering is overigens niet veel verschil. Het karteren van de vegetatie gaat in het algemeen veel sneller omdat de begroeiing direct te zien is. Dit leidt tot:

*Conclusie 7:* voor een classificatie van de groeiplaats en voor een kartering op rijkdom aan minerale bestanddelen en vocht dient men zowel bodem- als vegetatie-eenheden te gebruiken.

De manier waarop dit kan gebeuren zal in 6.3 worden behandeld.

### **6.3 Groeiplaatsbonitering en beoordeling van de bodemgeschiktheid voor de Grove den met behulp van vegetatie- en bodemeenheden**

Groeiplaatsbonitering is het classificeren van een terrein met het oog op de produktiemogelijkheid voor een bepaalde houtsoort. Men gebruikt als maat de poten-





Hun resultaten vertonen dezelfde tendens als door ons gevonden<sup>1</sup>.

In figuur 17 werd reeds het verband tussen boniteit, vegetatietype en bodemeenheid (inclusief vegetatievochtvarianten) in het proefgebied op het landgoed De Stippelberg aangegeven. In figuur 18 zijn deze gegevens nog eens op een andere manier gerangschikt. Men kan er de 'geschiktheidsklassen' voor Grove den in aflezen nadat bodem- en vegetatie-eenheid in het veld zijn bepaald. Figuur 9d geeft een voorbeeld van een geschiktheidskaart die hieruit voortvloeit.

Voor de praktijk is dit voorbeeld wel wat te gedetailleerd, mede door het gecombineerd gebruik van bodem- en vegetatievochttrappen, maar zou men tot een landelijke bonitering willen komen, dan is deze procedure in wat vereenvoudigde vorm aan te bevelen.

Daar in dit geval wel aangenomen mag worden, dat de bomen van gelijke herkomst zijn, moeten eventuele niet-passende gevallen worden verklaard uit meet- en beoordelingsfouten of te wijten zijn aan onbekende factoren.

In de grafieken van bijlage IV is al het materiaal uit de 627 opnamen op soortgelijke wijze als in het voorgaande voorbeeld verzameld. Het is gerangschikt naar bodemeenheden; een onderverdeling naar herkomst is niet gemaakt, omdat onderzoek daarnaar praktisch onmogelijk is. We zien soortgelijke tendensen als in het voorgaande bij de detailstudies zijn besproken, al zullen de verschillen in herkomst van de dennen de zaak wel vertroebelen (figuur 19).

Uit het materiaal van bijlage IV zijn ook boniteitdiagrammen gebaseerd op bodem en vegetatie op te stellen (bijlage V), maar ze zijn slechts zeer voorlopig daar nog onvoldoende gegevens bekend zijn en bovendien vele variaties en storende invloeden optreden (herkomst en andere).

Behalve aan de hand van cijfers kan een algemene geschiktheidsclassificatie ook gegeven worden op grond van een schatting gebaseerd op ervaring en inzicht van de praktische bosbeheerder. Een goed inzicht in de bodem- en vegetatie-eenheden en hun oecologische basis kan daarbij echter een grote steun zijn. En hoe meer gedetailleerd onderzoek wordt verricht naar de factoren afzonderlijk (verschillende soorten minerale bodembestanddelen, aard en fluctuatie van grondwater, etc.), hoe betere resultaten verwacht kunnen worden van een gecombineerde studie van bodem- en vegetatie-eenheden.

De beste basis voor dergelijke classificaties zijn een bodemkaart en een vegetatiekaart, en eventueel een daarvan afgeleide gecombineerde groeiplaatsindicatiekaart.

1. Van *Larix* waren te weinig gegevens bekend om boniteiten aan te geven. Aan Douglas zal een speciale publikatie worden gewijd door Van Goor en Hol. In het algemeen kan men zeggen dat het gedrag van eiken en berken op de armere gronden nagenoeg parallel loopt met dat van de Grove den. Douglas, *Larix* en *Picea* groeien het best op die gronden waar ook de Grove den optimaal is; dat zijn de rijke, vochtige maar niet te natte gronden. Voor *Larix* heeft men ervaren dat op al te stikstofrijke gronden kronkelende groei van de top optreedt. Waar de bodem een ruime vochtvoorziening aanwijst en de vegetatie rijkdom aan minerale bestanddelen indiceert, is een ruime houtsoortenkeuze mogelijk; in het tegenovergestelde geval is de keuze uiterst beperkt. Op K- en Z-typen is zeker de aanplant van loofhout te overwegen.

Fig. 19. Schematisch overzicht van de boniteit van 45-jarige Grove den op de voornaamste bodemeenheden, in relatie met de ondergroei.

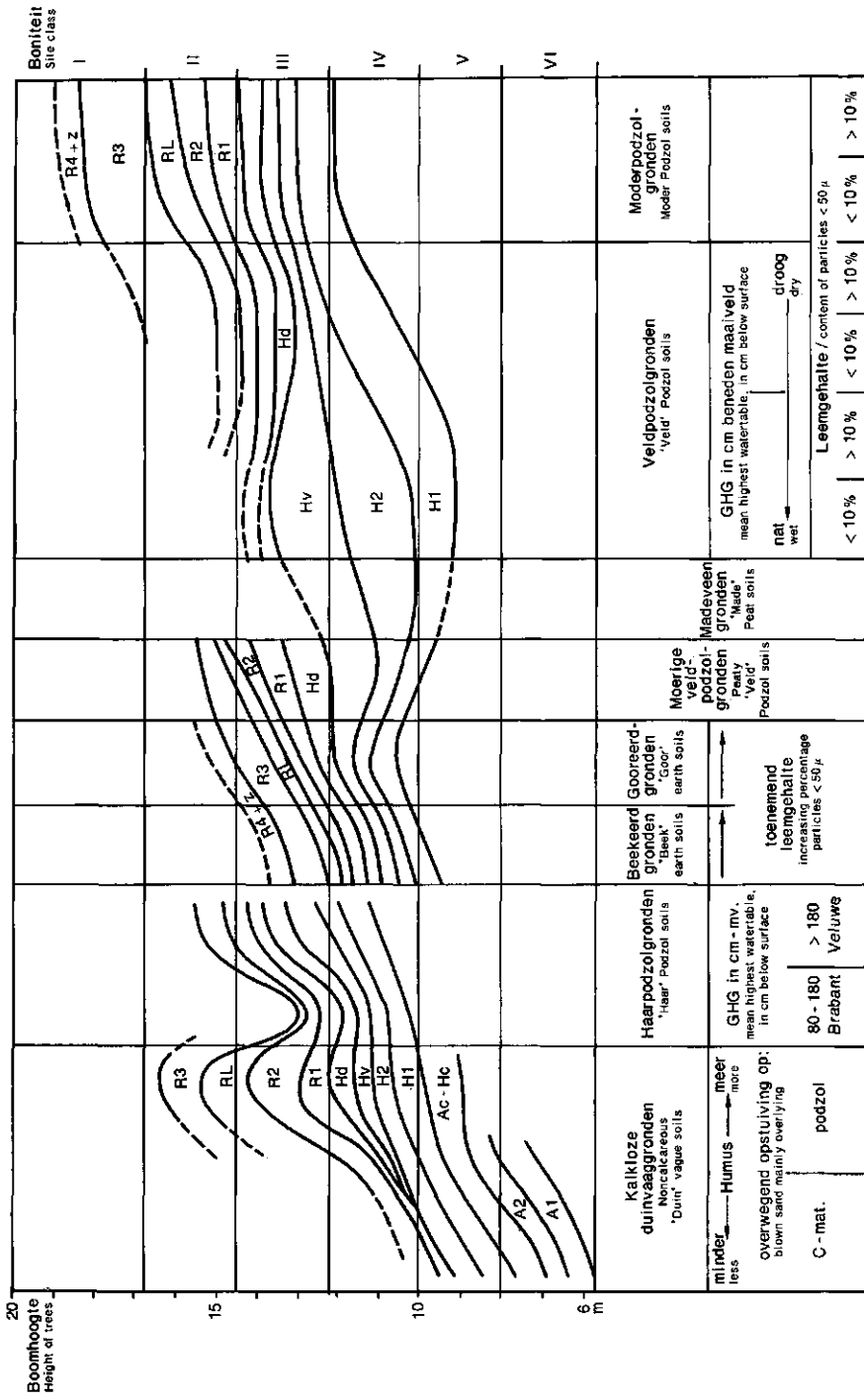


Fig. 19. Schematic diagram of the site quality of the main soil units in relation with the undergrowth in 45-year-old Scots pine.

De legenda daarvan zou men kunnen uitdrukken in eenheden als: goed vochthoudend en rijk, nat en arm, droog en arm, enz., of in een combinatie van bodemkundige en vegetatiekundige termen zoals veldpodzolgrond-Bramentype, moderpodzolgrond-Mosbos. Een dergelijke kaart kan voor een bosbeheerder die zijn gebied goed kent van grote waarde zijn, omdat het hem helpt waargenomen groeiverschillen in zijn opstanden te interpreteren. Voorts kunnen bosverjonging, herinplanting e.d. erop worden gebaseerd. Voor een nieuwe bosbeheerder, of voor degene die met het toezicht over zeer grote gebieden belast is, kan zo'n kaart een belangrijke informatiebron betekenen.

Maar niet alleen een gecombineerde kaart is van belang, ook de basisgegevens hebben hun waarde.

De bodemkaart verschaft direct aanwijzingen over ondoorlatende lagen, waarvan het nadelig of gewenst kan zijn ze te doorbreken. Ze geeft voorts aan of het goed of slecht vochthoudend zijn van het profiel op hangwater, op echt- of schijngrondwater berust, enz.

De vegetatiekaart geeft het aandeel aan van de belangrijkste plantesoorten in de ondergroei. Daar horen ook alle planten bij die bosverwildering kunnen veroorzaken en bij zaaien en planten hinderlijk kunnen zijn (Bunt, Smele, Adelaarsvaren, Bramen). Men zou kunnen zeggen dat de vegetatiekaart ook een soort bosverwilderings- of verwilderingsverwachtingskaart is, wat onder de huidige economische omstandigheden en gezien het tekort aan arbeiders van veel belang kan zijn.

Kort gezegd: de geschiktheidstaxatie gebaseerd op vegetatie en bodem is zowel van waarde bij het beoordelen van de feitelijke toestand als een stevige basis voor verder onderzoek. Dit geldt, ook al zijn de wijze van classificatie en de wijze van combinatie van vegetatie- en bodemeenheden nog onderwerp van nadere discussie, en ook al kunnen ze wellicht verbeterd worden. Suggesties voor zulke verbeteringen zijn welkom!<sup>1</sup>

1. Intussen is de hier aanbevolen methode vrij uitvoerig in de praktijk toegepast (o.a. in Drenthe) en praktisch bruikbaar gebleken.

## Samenvatting

### Doel, principes, methoden

Het doel van deze publikatie is aan te geven hoe, naast de bodem, de ondergroei van naaldhoutbossen in Nederland kan dienen voor groeiplaatsbonitering. Daarvoor was een classificatie van de vegetatie nodig, diende het verband tussen vegetatie en milieu te worden onderzocht en tenslotte moest de correlatie tussen vegetatie en boomgroei vastgesteld worden.

De bossen zijn (zie 1.2) onderscheiden naar 'lichte' (formatie L), hoofdzakelijk van *Pinus sylvestris* en *Larix leptolepis*, verder van *Pinus nigra* ssp. *nigra* en ssp. *laricio*, en van *Pinus pinaster*, en 'donkere' (formatie D), voornamelijk *Pseudotsuga menziesii* en verder *Picea abies*, *P. sitchensis* en *Abies spec. div.* Alleen bossen van twintig jaar en ouder werden onderzocht.

Voor het volledige onderzoek waren 627 van de ruim 750 proefplekken van 100 m<sup>2</sup> geschikt voor verwerking, alle dennenbossen. In de donkere bossen werden 450 proefplekken onderzocht (sterk overwegend in Douglas-opstanden) waarvan er ongeveer 300 volledig konden worden verwerkt. De proefplekken lagen verspreid over het hele land, maar het onderzoek concentreerde zich vooral in de provincies Gelderland en Noord-Brabant (fig. 1 en 2).

Bij de classificatie is scherp onderscheid gemaakt tussen de begrippen leidraad, kenmerk, eigenschap en hoedanigheid. 'Hoedanigheden' zijn eigenschappen die gebruikt worden om een gebruikswaarde aan te geven. 'Kenmerken' zijn morfometrische classificatie-eigenschappen, zoals de structuur van de vegetatie en de samenstelling naar soorten. Op het laatste ligt de nadruk; verschillen in structuur gaan er in de naaldhoutbossen in hoge mate mee samen.

Op grond van de statistische tabellenmethode zoals die sedert Braun-Blanquet gebruikelijk is (zie Ellenberg, 1956) en met behulp van ponskaarten, werden zowel uit de ca 750 opnamen in Grovedennenbossen en Lariksbossen als uit de ca 300 opnamen in Douglasbossen groepen soorten opgesteld die een zekere onderlinge 'correlatie van voorkomen' vertoonden, d.w.z. dat men deze soorten aanzienlijk meer samen aantreft dan statistisch waarschijnlijk is bij volkomen toevallige verspreiding. Een voorbeeld hiervan treft men aan in figuur 3 waarin de oorspronkelijke analysecijfers (bedekking, frequentie, constantie, enz.) zijn vervangen door lijnen; de verst uiteenstaande groepen tonen een negatieve correlatie.

Men noemt een groep van soorten die sterk de neiging hebben samen voor te komen een 'sociologische groep'. Zulke soorten zijn verwant in hun reactie op het milieu.

Wanneer de standplaatseisen van zulk een groep bekend zijn, noemt men de groep ook wel een 'oecologische groep'. Deze groepen zijn in hoofdstuk 3 aangegeven.

Er is een aantal vegetatie-eenheden onderscheiden, gekarakteriseerd door de sociologische groepen die aan de samenstelling ervan meewerken. Deze in hoofdstuk 4 beschreven eenheden vormen reeksen. Uit hoofdstuk 5 blijkt, dat verschijnselen in de bodem die in verband gebracht kunnen worden met voor het wortelmilieu belangrijke bodemeigenschappen, parallel lopen met zulk een reeks van vegetatietypen. In de formatie L gaat het hierbij om de hoofdtypen A, H, R, Z en K.

Het is gebleken dat de voornaamste verschillen in de vegetatie veroorzaakt worden door de bodem en diens waterhuishouding. Allerlei andere factoren spelen uiteraard ook een grote rol, maar ze werken binnen het Nederlandse grondgebied niet in belangrijke mate differentiërend (afgezien van aanplantingen direct langs de kust). De verschillen in vegetatie tussen oudere en jongere bossen zijn in hoofdzaak het gevolg van veranderingen in de bodem. De invloed van de mens kan zeer groot zijn (aanplant, kap, bemesting en strooiselroof), maar ook dan wordt de vegetatie veel sterker beïnvloed door in het wortelmilieu aangebrachte veranderingen dan door bosbouwkundig ingrijpen.

Als leidraad voor de classificatie op het hoogste niveau (vegetatietype) is gekozen de beschikbaarheid van minerale bodembestanddelen zoals die wordt geïndiceerd door de planten. Om twee redenen:

- a. Met chemische methoden is deze beschikbaarheid uiterst moeilijk objectief vast te stellen, laat staan te karteren (dit is veel moeilijker dan de beoordeling van de vocht- en luchthouiding in de grond, die trouwens nauw zijn gekoppeld). Vooral in dit opzicht zal de vegetatie dus hulp moeten bieden.
- b. Er blijkt in één van de sociologische reeksen een duidelijk verband te bestaan tussen de beschikbaarheid van minerale voedingsstoffen en de plaats in de reeks. De 'natuurlijke' rangschikking volgens sociologische kenmerken komt hier dus goed overeen met de gekozen eutrofiereeks. Dit verband is weliswaar niet lineair, omdat vochtindicatie en andere factoren mede een rol spelen, maar de hoofdtypen kunnen wel in een reeks (A-H-R-Z-K) worden gerangschikt (zie bijlage VII.1)

Als onderverdeling van de typen zijn varianten onderscheiden. Deze blijken samen te hangen met de vochtigheid van de grond (vochtvarianten (n), n en N: vochtrees) en met klimaatsverschillen (noordelijke varianten b en e: klimaatreeks). Faciesvorming van bepaalde planten, zoals Adelaarsvaren (p), dwergstruiken (c, v) en Bochtige smele (d), die onder meer van belang zijn bij het bestrijden van onkruid, is eveneens als variant aangeduid (structuureeks).

De definiëring en de identificatie van deze varianten geschiedt ook aan de hand van sociologische soortengroepen. Vooral bij de vochtvarianten op mineraalrijke bodem is het verschil met het hoofdtype zo groot, dat op grond van de botanische samenstelling tot geheel verschillende plantengezelschappen besloten had kunnen worden. Dit is echter met opzet niet gedaan. Hier blijkt de betekenis van de leidraad duidelijk: minerale rijkdom van het substraat is consequent voor de hoofdindeling gebruikt, vochtindicatie en andere factoren voor de onderverdeling. Binnen de varianten is

geen hiërarchie: een gegeven begroeiing behoort steeds tot één hoofdtype, maar kan tot verscheidene varianten behoren.

### **Synsystematische verwantschappen**

Bij de vegetatiebeschrijvingen in hoofdstuk 4 is steeds de verwantschap met bestaande natuurlijke loof- en dennenboseenheden aangegeven, evenals in het overzicht van de synsystematische verwantschappen (tabel 2) en in bijlage VII. Deze gegevens kunnen van belang zijn bij het opnemen van de ondergroei van kunstmatig aangeplante coniferenbossen in algemene vegetatiesystemen.

Hoofdstuk 2 is een samenvatting van de literatuur over de vegetatie in naaldhoutbossen. Daarbij is gewezen op de nauwe verwantschap met de natuurlijke *Pinus*-bossen in Europa en de loofbossen op relatief arme gronden. Mede vanwege die verwantschappen verdient het aanbeveling de ondergroei van aangeplante lichte coniferenbossen op alle niveaus van de hiërarchie op te nemen in het algemene systeem van de natuurbossen. In andere gevallen kan men de ondergroei bijvoorbeeld op verbondsniveau inpassen, waarbij dan een bijzondere onderscheiding 'Cultuurbosgezelschappen' ('Forstgesellschaften') gemaakt zou kunnen worden. Bij sterkere verwantschap met natuurlijke bossen zou men eventueel op lager niveau 'cultuurbosvarianten' kunnen onderscheiden.

Voorts is bij de vegetatiekarteringen (zie 4.5) gebleken, dat de loofbosvegetaties op niet al te rijke gronden zo nauw verwant zijn met de naaldbosvegetaties aldaar, dat men de eenheden gewoon door kan karteren. De lichte loofbossen, zoals die van Inlandse eik en Berk, worden daarbij tot de formatie L gerekend, de donkere bossen van Amerikaanse eik en Beuk tot de formatie D.

### **Methoden van oecologische inventarisatie en onderzoek**

Het complex van milieufactoren moet in zijn werking gezien worden als één geheel daar de invloed van de afzonderlijke factoren vaak moeilijk is te meten. De bemestingsleer, gebaseerd op chemische analysecijfers uit laboratoria, is in hoofdzaak nog empirisch: via proefvelden moet het effect van een bemesting steeds gecontroleerd worden, zodat een werkelijk causale benadering met de beschikbare hulpmiddelen soms zelfs misleidend kan zijn. Naast chemische analyses, fysische metingen en kwalitatieve beschrijvingen verdient dan ook het onderzoek via kartering de aandacht. De kaartbeelden van onderdelen van het landschap, zoals bodem en vegetatie, verschaffen informatie over het milieu, zij het niet zozeer door de in de kaartlegenda gegeven beschrijvingen als wel door het patroon van de kaart zelf. Dit wint nog aan betekenis door het vergelijken van verschillende kaarten.

Bodemkaarten en vegetatiekaarten, op gelijke schaal opgenomen, werden met elkaar vergeleken door over beide een gelijk puntenraster te leggen met een dichtheid van 1 punt per cm<sup>2</sup>. Daarbij werd genoteerd welk percentage van de punten binnen één vegetatie-eenheid binnen de diverse bodemeenheden voorkwam, en omgekeerd (zie 1.7). De

figuren waarin de mate van voorkomen van de vegetatietypen per bodemeenheid zijn aangegeven, worden 'vegetatiespectra' van de bodemeenheden genoemd. Wanneer de vegetatie als basis wordt genomen, krijgt men 'bodemspectra' van de vegetatietypen. Een voorbeeld geeft tabel 1.

Dergelijke spectra kunnen alleen worden verkregen als de kaartvlakken van de bodemkaart en van de vegetatiekaart niet volkomen gelijk zijn. Dit is in het algemeen het geval, zoals bijvoorbeeld in de figuren 6a t/m 6d. De oorzaken daarvoor zijn aangegeven in figuur 4.

Voor de verwerking van het materiaal van alle proefplekken zie bijlage III.

Bij het karteren van bodem en vegetatie van hetzelfde gebied, met het doel om uit beide kaarten samen een geschiktheidskaart af te leiden, kunnen zich bij de generalisatie enkele problemen voordoen. Figuur 5 geeft daarvan een beeld. Deze moeilijkheden zijn te omzeilen door een goede integratie van het onderzoek.

### **Het complex van milieufactoren in verband met vegetatie en groeiplaats**

Voor de vegetatievorming zijn van groot belang de factorencomplexen historisch-geografische omstandigheden, (micro)klimaat, bodem en reliëf, waterhuishouding, levende organismen en de mens. De werking van deze op zichzelf ook weer complexe factoren moet gezien worden in relatie met de tijd.

De bodem en de waterhuishouding zijn binnen een beperkt gebied als Nederland zo overheersend dat aan hun oecologische betekenis een aparte paragraaf (5.2) is gewijd.

Historisch-geografische omstandigheden spelen in ons land nauwelijks een rol. Het klimaat weerspiegelt zich enigszins in de vegetatie. De 'noordelijke' soorten komen uitsluitend voor in de noordelijke helft van Nederland (groepen L17 t/m L19). Het is echter de vraag, of het klimaat de enige bepalende factor is, of dat de binding van groep L19 aan naaldhoutbos niet een even belangrijke rol speelt.

Binnen naaldhoutbossen beïnvloedt het microklimaat in sterke mate de vegetatie. Om deze reden vooral is onderscheid gemaakt tussen 'lichte' en 'donkere' bossen, al spelen aard en omzettingwijze van het strooisel ook een rol.

De organismen, inclusief de componenten van de vegetatie zelf, hebben een grote invloed zowel op het microklimaat als op de bodem. Het omgekeerde is eveneens het geval, zodat een praktisch onontwaaar geheel ontstaat. Toch resulteert de onderlinge gebondenheid van de oecologische factoren niet in een chaos: er treden groepen van planten op die zich van andere groepen onderscheiden in hun reactie op het milieu. Deze geven de mogelijkheid tot het opstellen van vegetatie-eenheden, elk karakteristiek voor een bepaalde oecologie die gecorreleerd is met bodemeigenschappen en andere milieufactoren. De vegetatie-eenheden bieden voor de indicatie van de groeiplaats meer kans op succes dan de aparte plantesoorten.

Naast het verlenen van steun aan de plant levert de bodem zuurstof, mineralen en water. De laatste drie staan niet los van elkaar. Een teveel aan water kan een tekort aan zuurstof betekenen en te weinig zuurstof beperkt de opname van mineralen (vooral anionen), een tekort aan water brengt het transport- en transpiratiesysteem



van de plant in de war en daarmee ook zijn wortelactiviteit. De voorziening met mineralen is zeer gecompliceerd. Het mechanisme voor de opname van kationen en anionen loopt van plant tot plant uiteen. Bovendien worden de ionen niet in gelijke mate opgenomen. Ionenantagonisme speelt een rol en verder wordt de beschikbaarheid (oplosbaarheid) in de bodem sterk beïnvloed door andere bodemfactoren. Een bekend voorbeeld is de relatie tussen stikstof- en vochtvoorziening; planten die normaliter op vochtige plaatsen voorkomen, kunnen zich soms door toevoeging van stikstof ook op droge plaatsen handhaven. Het optreden van planten uit vochtige bossen (*Solanum dulcamara*, *Humulus lupulus*) op droge maar kalkrijke gronden, waar het strooisel snel mineraliseert en waar dus relatief veel stikstof per tijdseenheid wordt vrijgemaakt, is hiervan een goed voorbeeld (zie K-typen).

Voor een goed begrip van wat zich in de plant afspeelt in relatie tot wat buiten de plant beschikbaar is aan mineralen, zal nog veel fysiologisch onderzoek nodig zijn. Het is echter mogelijk (met behulp van de methoden geschetst in 1.3) de invloed op de vegetatie van de factoren water, zuurstof en de voorziening met mineralen te volgen, hier en daar zelfs voor bepaalde mineralen apart.

De invloed van de mens en zijn huisdieren is zeer direct bij het planten en zaaien, bij de bestrijding van onkruid en bij het verzamelen van hout en mos. Het selectief eten van plantedelen door dieren leidt waarschijnlijk niet tot wezenlijke veranderingen in de vegetatie. Drainering kan het wortelmilieu zo sterk beïnvloeden dat verschillen tussen natuurlijke bodemeenheden vervagen. Omgekeerd kunnen daardoor binnen een natuurlijke eenheid verschillen ontstaan die veel belangrijker zijn voor de plantegroei dan die tussen de natuurlijke eenheden; ook daarom is het gebruik van de vegetatie-eenheden naast de bodemeenheden als indicator voor de groei-plaatsboniteit zo belangrijk.

De rol die de tijd speelt, blijkt bij het vergelijken van de vegetatie in aanplantingen van uiteenlopende ouderdom. Enerzijds hangen de geconstateerde verschillen samen met de kroonsluiting, anderzijds met ontwikkelingen in de bodem door strooiselvertering en het 'tot rust komen' na intensieve bodembewerking. In bossen ouder dan twintig jaar voltrekken veranderingen in de vegetatie zich voornamelijk parallel met veranderingen in de bodem.

### **Het verband tussen het humusgehalte van de bodem en de bosondergroei**

In 5.3 is het verband tussen het humusgehalte van de bodem en de bosondergroei besproken aan de hand van de minst gecompliceerde gronden, namelijk de kalkarme stuifzandgronden met overwegend diep (> 140 cm) grondwater. In stuifzand zonder oud profiel in de ondergrond variëren alleen de dikte en het humusgehalte van de stuifzandlaag. Men mag aannemen dat de niet-organische bestanddelen van deze gronden vrijwel geen mineralen adsorberen, dat alle mineralen die niet aan het adsorptiecomplex zijn gebonden snel uitspoelen en dat water alleen beschikbaar is op het moment dat het de bodem passeert op zijn snelle weg omlaag, zodat nooit sprake is van zuurstofgebrek. Alleen de organische stof, indien aanwezig, kan een zekere

hoeveelheid water vasthouden. De figuren 6a en 6b geven een indruk van de vegetatie en de bodemgesteldheid bij dergelijke gronden: de correlatie treedt duidelijk aan het licht. In de figuren 6c en 6d is dit nader uitgewerkt volgens de in 1.7 beschreven methode. Dit heeft geleid tot de in tabel 3 gegeven oecologische rangorde van de bodemeenheden in stuifzanden zonder oud profiel in de ondergrond.

Het duidelijke verband tussen de humusgehalten en de vegetatietypen in figuur 7 is bijna zeker causaal. Het vocht is hier niet de overheersende factor, want op de even droge, even humusarme, even doorlatende maar in mineralogisch opzicht rijkere zandgronden van de zeeduinen ontbreken de A-typen en domineren typen die verwant zijn aan R-typen en aan nog verder naar rechts in de oecologische reeks liggende vegetatietypen (Z en K). Bij de stuifzandgronden op een bedolven podzolprofiel is het beeld weinig anders (fig. 6c). Bij het matig humusarme en matig humeuze stuifzand blijken de R-typen sterker te domineren op dunnere stuifzanddekken dan op een dik dek; de invloed van de humus van het podzolprofiel is hier evident (zie ook fig. 8).

Noemen we de bodem van de R-typen 'rijker' dan die van de A-typen, dan blijkt matig humeus stuifzand op humuspodzol 'rijker' dan een puur humuspodzol. Bij vergelijking van de figuren 6c en 6d blijkt dat zelfs het uiterst humusarme stuifzand nauwelijks A-typen draagt indien er op 1 à 2 meter diepte een podzol in de ondergrond aanwezig is.

Volgens hoofdstuk 6 is de boomgroei op overeenkomstige wijze met de boven besproken bodemeigenschappen gecorreleerd als de ondergroei. Bomen wortelen diep; dit verklaart de samenhang met diepere lagen. De coïncidentie van verschillen in de ondergroei met die in de boomgroei, en tegelijkertijd dus met verschillen in eigenschappen van de ondergrond, is op drie manieren te verklaren: (1) er is minder wortelconcurrentie van de bomen in de bovenste grondlagen en daardoor is er meer vocht beschikbaar voor de ondergroei, (2) er vindt verrijking van de bovengrond plaats via de voedselkringloop, (3) de organische stof is van oorsprong plaatselijk reeds rijker aan mineralen doordat tijdens elke stilstandsfase in het stuiven de natuurlijke stuifzandvegetatie minerale voedingsstoffen omhoog bracht via de mineralenkringloop.

### **De relatie tussen grondwaterverschijnselen en bosondergroei**

Voor een onderzoek naar het in 5.4 besproken verband tussen grondwater en vegetatie zijn de humuspodzolgronden het meest geschikt. In de tabellen 4a en 4b is voor een beperkt gebied het verband weergegeven tussen de aan de hand van profielkenmerken vastgestelde grondwaterinvloed ( $H_d = \text{droog} \rightarrow vH_v = \text{vochtig}$ ) en de vegetatie-eenheden (gekenmerkt o.a. door de sociologische groepen L22, L23 en L24). In figuur 15 is ook de begindiepte van de permanent gereduceerde laag als indicatie voor de recente gemiddelde zomergrondwaterstand in deze profielen vermeld.

In bijlage III.2 zijn tien bodemgroepen met toenemende vochtigheid onderscheiden: de volgorde daarvan is redelijk in overeenstemming met wat de bodemkundige inter-

pretatie over de vochthuishouding kan voorspellen.

Vochtindicatie hangt in feite natuurlijk alleen samen met de hoeveelheid beschikbaar water in het wortelmilieu, dus boven het freatisch niveau. Zo laten de gegevens in bijlage III.2 duidelijk de invloed zien van de lemigheid bij de hoog boven het grondwater gelegen moderpodzolgronden.

Een afzonderlijke beschouwing is gewijd aan de waarde als bodemindicator van de op vochtige tot natte gronden zeer algemeen optredende *Molinia caerulea* (5.4).

Deze plantesoort verdraagt enige overstuiving en voelt zich in het bijzonder thuis op vochthoudende gronden met sterk fluctuerend grondwater. Grondbewerking en branden bevorderen zijn concurrentiekracht. Daar de factor 'storing door grondbewerking' in alle dennenbossen in min of meer gelijke mate optreedt, is deze soort bruikbaar ter karakterisering. Verder is *Molinia* een fosfaatmijdende plant. Zijn afwezigheid in vochtige bossen op voedselrijke plaatsen (*Salicion*, *Abnion incanae*, enz.) berust dan ook waarschijnlijk op een hoog fosfaatgehalte van de bodem. Een fraai voorbeeld geeft figuur 9.

*Molinia* is slechts één van de vochtindicatoren uit de groep L22, resp. D10; andere soorten uit de groepen L22, L23 en L24 (zogenaamde vochtgroepen) bepalen mede de vochtindicatie.

### **De ondergroei en de minerale rijkdom van de bodem**

Bij de interpretatie van chemische analysecijfers doen zich enkele moeilijkheden voor (zie 5.5). Zo is het onbekend, in welke vorm het fosfaat in de bodem opneembaar is, of opneembaar wordt gemaakt door macro- en micro-organismen. Voor stikstof geldt dat de beschikbaarheid veel meer afhangt van de snelheid waarmee de organische stof in de bodem wordt omgezet dan van de aanwezige totale hoeveelheid stikstofhoudende organische stof.

In de hier besproken bosgronden zijn de kationen moeilijk te bestuderen, omdat ze slechts in zeer kleine hoeveelheden voorkomen. Chemisch bepaalde gehalten aan minerale bodembestanddelen geven bovendien nooit een exacte directe informatie over een milieufactor, al kunnen ze wel een steun zijn bij het onderzoek.

Dat de begrippen 'rijk' of 'arm' aan mineralen inderdaad een rol spelen bij de verschillen in de hier besproken vegetaties, is aannemelijk gemaakt in 5.5.2.

In de naaldhoutbossen in Nederland komen plantesoorten voor die ook in andere zeer zure milieus, zoals heidevelden, zijn te vinden. Er zijn echter enkele soorten die ook op schrale akkers voorkomen, zoals *Holcus mollis* en *Rumex acetosella*. Beide behoren tot de sociologische groepen die de R-typen karakteriseren (zie 4.2). Op plaatsen waar dennenbos is aangeplant op oud bouwland (te herkennen aan een dikke opgebrachte laag in het bodemprofiel) treft men nooit A- of H-typen aan, maar uitsluitend R-typen of zelfs Z- of K-typen. Waar een akker grenst aan een heideveld met vliegdennen, werd verscheidene malen een strook met *Holcus* en *Rumex* aangetroffen, terwijl deze soorten in de hei zelf ontbraken. In deze situaties dient gedacht te worden aan de invloed van bemesting. Hoewel men voorzichtig moet zijn met het vergelijken

van bos-, hei- en akkermilieus, zou men ruwweg kunnen concluderen dat de allerarmste landbouwakkers op zandgronden in rijkdom aan minerale voedingsstoffen ongeveer overeenkomen met vegetatietype R3, dat in de van uiterst arm naar rijk gaande oecologische reeks A-H-R-Z-K iets rechts van het midden ligt. Met de Z- en K-typen corresponderen dan de gemiddelde akkers. Een duidelijke antropogene invloed komt ook uit in de figuren 9b en 10b, waar type R3 een duidelijke binding aan perceelsgrenzen laat zien en de natuurlijke bodemgrenzen negeert.

De oecologische reeks A-H-R-Z-K loopt parallel met de reeks uiterst humusarm stuifzand – humuspodzol – moderpodzol (= Brown Podzolic = podzolige Braunerde) – brikgrond (= Gray Brown Podzolic = podzolige Braunerde) – diverse lage en hoge bruine gronden met een zeker leemgehalte.

De natuurlijke loofbosgezelschappen zijn als volgt verwant aan de vegetatietypen in het naaldbos:

*Quercu-Betuletum*: A- en H-typen en de armere R-typen,

*Violeto-Quercetum*: de rijkere R-typen R3 en R4,

*Quercu-Carpinetum*: K-typen,

*Alno-Ulmion*: Z- en K-typen.

De gronden van deze gezelschappen vertonen een reeks die overeenkomt met bovengenoemde. Uit de literatuur valt te destilleren dat in deze reeksen het gehalte aan minerale bestanddelen toeneemt, wat zich uit in toenemende basenverzadiging, stijging van de pH en hogere waarden voor fosfaat en C/N-verhouding.

### **Verband tussen ondergroei en chemische bodemanalyse**

In 5.5.3 zijn de chemische analyses vergeleken met de vegetatietypen. Telkens echter binnen één bodemeenheid, omdat eenzelfde chemisch cijfer bij twee verschillende bodemeenheden niet hetzelfde behoeft te betekenen. Ter verdere eliminatie van alle niet-chemische invloeden werden de grondmonsters verzameld in nauw verwante gronden in een beperkt gebied (het landgoed 'De Stippelberg'): onder *Pinus sylvestris* op humuspodzolgronden in dekzand dat door eeuwenlang gehandhaafde begroeiing met heide nog extra was verarmd. De verschillen in de grond hadden voornamelijk betrekking op de hoeveelheid, de vorm en de wijze van verdeling van de organische stof in het bodemprofiel, veroorzaakt door verschillen in hoogteligging boven het (voedselarme) grondwater. Van honderd proefveldjes van 100 m<sup>2</sup> werden uitvoerige beschrijvingen gemaakt van vegetatie en bodemprofiel; voorts werd de gemiddelde boomhoogte bepaald en de stand van het grondwater gemeten. Van ieder proefveld werd op veertig plaatsen een grondmonster gestoken tot een diepte van 25 cm met een 2 cm wijde boor.

De pH-KCl, variërend tussen 2,8 en 3,7, bleek noch met de vegetatietypen, noch met de bodemeenheden parallel te lopen; het percentage organische stof evenmin.

Het N-gehalte van de organische stof, variërend tussen 1,35 en 2,10%, was meestal in monsters van nattere gronden duidelijk hoger dan in die van droge gronden. Met de vegetatie bleek echter geen verband te bestaan.

Ook de gehalten aan  $K_2O$ , variërend van 10 tot 29 mg per 100 g grond, waren op droge gronden wat lager maar verder valt er niets over te zeggen.

De figuren 10a en 11a laten zien, dat er in het fosfaatgehalte noch via P-HCl.2N, noch via P-totaal enig verband te vinden was met de bodemeenheden onderverdeeld naar *Molinia*-bedekking, wel echter met de vegetatietypen gerangschikt van 'arm' naar 'rijk'. Het verloop van het 2N-HCl-cijfer voor fosfaat komt in grove trekken overeen met het vegetatietype in de reeks H1-2 → R3: de mostypen (H) hebben lage gehalten, het *Holcus*-type (R3) hoge, de overige liggen volgens de sociologische rangschikking daar tussenin.

In de Douglasbossen was het resultaat dienovereenkomstig: lage correlatie tussen vegetatie en totaal-N en K-HCl-gehalte of pH, een wat hogere bij het fosfaat oplosbaar in 2N HCl. Dit was te verwachten daar de sociologische reeks in donkere bossen nauw verwant is met die in de lichte. Hoewel de spreiding van de punten zeer groot was, loopt het fosfaatgehalte voor diverse groepen van bodemeenheden duidelijk sterk uiteen. Alleen binnen de groepen van bodemeenheden komt het verband vegetatie en fosfaat oplosbaar in 2N HCl tot uiting (fig. 12).

Bovenstaande gegevens maken het waarschijnlijk, dat fosfaat een rol speelt bij het ontstaan van de verschillen in de vegetatie. Om samen te gaan met hetzelfde vegetatietype als bij moderpodzolgronden moet echter speciaal bij de enkeerdgronden het cijfer voor in 2N HCl oplosbaar fosfaat veel hoger zijn, en bij de moderpodzolgronden weer hoger dan bij humuspodzolgronden. Dit kan aanleiding geven tot velerlei beschouwingen over de vorm waarin het fosfaat aanwezig is, de opneembaarheid voor de planten en de methode van chemische analyse.

Vermoedelijk is het vooral de snelheid van afbraak van de dode organische stof die leidt tot grotere bodemvruchtbaarheid. Vanouds wordt dan ook in bossen een kalkbemesting toegepast ter stimulering van de strooiselmineralisatie, waardoor fosfaat, stikstof en andere mineralen vrijkomen.

Calciumcarbonaat komt in de bovenste bodemlaag alleen voor in de rijkste vegetatie-eenheden van de zeeduinen (K-typen). De begroeiing vertoont daar steeds een uitgesproken nitrofiel karakter (*Urtica dioica*, *Geranium robertianum*), wat kan worden verklaard door de mineraliserende invloed van kalk op het strooisel van het dennenbos.

### **Humusvorm, bodem en vegetatie in hun onderling verband**

Humus is in belangrijke mate het produkt van de vegetatie en de bodem (5.6). Er wordt onderscheid gemaakt tussen 'humusvorm' volgens Müller (1887) en 'humussoort', voor welk begrip o.a. Kubiëna (1950) eveneens de aanduiding humusvorm heeft gebezigd. Met het eerste begrip geeft men de morfologische toestand van de humus in de bovenste horizonten weer; humussoorten worden onderscheiden naar de aard van de organische stof.

De belangrijkste humusvormen in *Pinus*-bossen zijn 'mor' en 'mull'. 'Mor' is in het algemeen gekenmerkt door een duidelijk begrensde opeenvolging van lagen en een

abrupte overgang van bijna zuiver organisch materiaal naar een sterk overwegend minerale horizont. Karakteristiek voor de typische 'mull'-toestand is het ontbreken van scherpe overgangen en een intense menging van organische stof en minerale delen tot aggregaten waarbij het (nooit zeer hoge) gehalte aan organische stof geleidelijk naar beneden afneemt. De echte mull is alleen op gronden met fijne textuur aanwezig en duidt op intensieve biologische activiteit.

Mor treft men in het *Pinus*-bos aan onder de A- en H-typen als gevolg van stagnerende mineralisatie van de organische stof. Onder de K-typen kan de grond duidelijk mull-achtig zijn.

De strooiselvertering in Douglasbossen verloopt over het algemeen sneller dan die in *Pinus*-bossen. Dikke strooisellagen ontbreken daar. De bodem onder de vegetatietypen II, III en IV is voornamelijk mor-achtig, maar onder VI vaak mull-achtig. Vooral in de donkere bossen, waar het vegetatiekleed door gebrek aan licht hiaten vertoont, is een verder onderzoek van de humustoestand bij de groeiplaatsbonitering van belang.

Onder bepaalde omstandigheden kan na het aanplanten van Grove den een oorspronkelijk gunstige humusvorm 'degraderen' tot een minder gunstig mor-type; de vegetatie verschuift dan in de bekende reeks naar links. Omgekeerd is het mogelijk dat aanplanten op een heidegrond de algemene vruchtbaarheidstoestand op den duur op een wat hoger niveau brengt ('regradatie'). De vegetatie verschuift dan naar rechts. Strooiselroof remt deze ontwikkeling of kan zelfs degraderend werken; daarentegen kan bemesting vegetatietypen doen ontstaan die van nature alleen voorkomen op rijkere gronden met een gunstiger humusvorm. In figuur 13 zijn de verschillende ontwikkelingslijnen schematisch weergegeven.

Zoals reeds vermeld, verloopt de humusomzetting in Douglasbossen sneller dan in *Pinus*- of *Larix*-bossen. Men kan dus verwachten dat het evenwichtstadium daar naar rechts in de eutrofiereeks is verschoven. Inderdaad treft men in onbemeste percelen Douglasbos grenzend aan percelen *Pinus sylvestris* meermalen een iets eutrofere vegetatie aan. Ook treden in Douglasbos meer akkeronkruiden op dan in Grove-dennenbos of loofbos. Het Douglasbos heeft dus zeker geen 'degenererende' invloed op de Nederlandse bosgronden. Wel ziet in lichte loofbossen, en ook in Grove-dennenbos, op overeenkomstige standplaatsen de vegetatie er wel heel anders uit en is ze rijker aan soorten dan in donkere bossen. Men moet echter deze vorm van (floristische) rijkdom niet verwarren met de eutrofie van de bodem.

Doordat de eutrofie tot uiting komt in de vegetatietypen zoals die hier in een reeks zijn opgesteld, vullen vegetatie- en bodemkartering elkaar aan. Bij de bodem zijn bewust eigenschappen gekozen die niet of slechts zeer geleidelijk aan verandering onderhevig zijn. De vegetatie daarentegen is gekarakteriseerd op kenmerken die snel (enkele jaren of korter) reageren op veranderingen in het milieu. Beide indicatiemethoden zijn van belang bij de bosbouwkundige beoordeling. Een combinatie van bodem- en vegetatiekartering is dan ook aan te bevelen. Dit geldt in feite voor elke kartering waaraan men biologische waarde wil hechten. De vrij grote spreiding van vegetatietypen binnen een bodemeenheid, en omgekeerd, die ondanks de duidelijke

relatie tussen beide toch sterk in het oog valt, is een sterk argument voor de wenselijkheid beide indicatiemethoden te gebruiken.

### **Het verband tussen groei van Grove den, vegetatietype, bodemeenheid en boniteit**

Voor het onderzoek van de boomgroei is de Grove den gekozen (hoofdstuk 6). Daar hiervan vele aanplantingen tussen de 40 en 50 jaar in Nederland aanwezig zijn, is in de figuren 14 t/m 19 en in bijlage IV de gemiddelde boomhoogte herleid tot de hoogte bij een leeftijd van 45 jaar met behulp van de leeftijd-hoogte-grafieken van het Staatsbosbeheer.

In het algemeen kan men zeggen dat het gedrag van eiken en berken op de armere gronden parallel loopt met dat van de Grove den. Douglas, *Larix* en *Picea* groeien het best op die gronden waar ook Grove den optimaal is.

De gegevens in figuur 14 leiden tot:

*Conclusie 1:* de groei van de Grove den houdt verband met het humusgehalte (wat tot uitdrukking komt in de bodemeenheid) en met het gehalte aan beschikbare minerale bestanddelen (tot uitdrukking komend in het vegetatietype). Op grond van de figuren 15 en 16 kan gesteld worden:

*Conclusie 2:* de reactie van de Grove den op grondwater varieert met de beschikbaarheid van minerale bestanddelen daarin, zoals geïndiceerd door het vegetatietype, en

*Conclusie 3:* bij voldoende beschikbaarheid van minerale voedingsstoffen groeit de Grove den beter naarmate er meer vocht opneembaar is.

In de laatste grafiek van figuur 15 vallen bij de diepste grondwaterstanden (250 cm en meer) de lijnen vrijwel samen. In verband hiermee luidt

*Conclusie 4:* bij zeer diepe grondwaterstand in humuspodzolgronden op dekzand is voor de Grove den de factor vocht in het minimum zodat de bomen eventueel beschikbare minerale voedingsstoffen niet ten volle kunnen benutten door gebrek aan water.

Anderzijds zal er een grens zijn waarboven de hoeveelheid water hinderlijk groot wordt en gebrek aan lucht het normale functioneren van de wortels hindert, maar op gronden met een adsorptiecomplex van geringe omvang kan het voor de boom noodzakelijk zijn, dat de wortels diep in de bodem doordringen om de benodigde minerale voedingsstoffen op te nemen. Waarschijnlijk verklaart dit het aflopen van de lijn in de boomgroei op de A-typen in figuur 16 (zie ook de dalende lijnen in bijlage IV.2). Ook op humuspodzolgronden in De Stippelberg is een nadelige werking van grondwater gevonden: figuur 17 laat zien dat de boomhoogte verband houdt met de bodemeenheden die gecorreleerd zijn met de grondwaterstand (zie ook fig. 15 en tabel 3). Bij een onderverdeling naar *Molinia*-bedekking (als beste vochtindicator op arme gronden) ligt echter op de overgang van bodemeenheid Hv41 naar vHv41 een duidelijke knik. Hoewel zonder nader onderzoek de oorzaak daarvan niet precies is vast te stellen, is het waarschijnlijk dat ook hier het achterblijven van de boomgroei (geheel rechts in figuur 17) te wijten is aan een teveel aan water, c.q. een tekort aan zuurstof.

Dit leidt tot

*Conclusie 5:* onder bepaalde omstandigheden kunnen de grondwaterstanden te hoog zijn voor een optimale groei van de Grove den, hetzij doordat ze de wortelactiviteit hinderen (gebrek aan zuurstof), hetzij doordat ze de wortelruimte zodanig beperken dat in het resterende nog redelijke geaëreerde deel te weinig minerale voedingsstoffen aanwezig zijn.

Op rijkere humuspodzolgronden in dekzand met diep grondwater is aanvulling uit hangwater nodig. Humeuze lagen kunnen hieraan in sterke mate meewerken, mits ze voldoende dik zijn. Daardoor is aanvulling uit grondwater alleen bij humusarme bodemeenheden van belang.

Iets dergelijks is te verwachten bij lemige gronden zoals de meeste moderpodzolgronden. De groeigegevens van de Grove den (bijlage IV.3) wijzen hier echter hoogstens op een zwak verband tussen de textuur en de boniteit per vegetatietype. Wel vertoont, over alle moderpodzolgronden gezien, het verband tussen vegetatie en boniteit eenzelfde tendens als bij de goed van vocht voorziene veldpodzolgronden (bijlage IV.2): de H-typen hebben boniteit III, de R-typen II tot I. Dank zij het hangwater is de vochtvoorziening van alle moderpodzolgronden zonder grondwater van dezelfde orde als die bij de vochtige veldpodzolgronden met grondwater: ook de minst lemige moderpodzolgronden zijn altijd nog zwak lemig.

Voorts blijkt dat op niet-lemige humuspodzolgronden met geologisch andere ondergrond binnen 180 cm (bijlage IV.2) ook ver boven het grondwater nog enige reactie in boomgroei op beschikbaarheid van minerale stoffen optreedt.

Uit het voorgaande volgt dat voor de boomgroei belangrijke verschillen in vochthoudendheid van de grond kunnen voorkomen die niet altijd weerspiegeld worden in de ondergroei. Voor de indicatiewaarde van de ondergroei leidt dit, samen met vroeger geconstateerde feiten tot

*Conclusie 6:* de ondergroei indiceert steeds de voor de bomen beschikbare mineralen; ze duidt de hoeveelheid beschikbaar vocht alleen aan voor zover deze zich in de bovengrond bevindt.

Deze conclusie leidt tot de gevolgtrekking dat een groeiplaatsindicatie uitsluitend gebaseerd op de ondergroei onvolledig kan zijn, vooral daar waar beneden de wortelingszone van de ondergroei watervoorraden aanwezig zijn.

*Conclusie 7:* voor een classificatie van de groeiplaats, en voor een kartering op rijkdom aan minerale bestanddelen en vocht, dienen zowel de bodem- als de vegetatie-eenheden gebruikt te worden.

### **Waardering van groeiplaats en beoordeling van bodemgeschiktheid met behulp van vegetatie- en bodemeenheden**

Figuur 18 geeft het verband tussen boniteit, vegetatietype en bodemeenheid inclusief vegetatievochtvarianten in het gebied 'De Stippelberg' zodanig gerangschikt dat men er de 'geschiktheidsklassen' voor Grove den gemakkelijk uit kan aflezen, nadat bodem- en vegetatie-eenheid in het veld zijn bepaald. Figuur 9d geeft een voorbeeld van



een geschiktheidskaart die hieruit voortvloeit.

In bijlage IV is al het materiaal uit de 627 opnamen op overeenkomstige wijze als in het voorgaande voorbeeld verzameld. Een onderverdeling naar herkomst van de Grove den kon niet gemaakt worden. Al zullen verschillen in herkomst het beeld wat vertroebelen, toch zien we soortgelijke tendenzen als bij de detailstudies zijn besproken. Figuur 19 geeft een samenvattend overzicht.

Uit het materiaal van bijlage IV kunnen overeenkomstig figuur 18 diagrammen worden opgesteld (bijlage V) die evenwel als zeer voorlopig moeten worden beschouwd, daar nog onvoldoende gegevens bekend zijn.

De geschiktheidsbeoordeling gebaseerd op vegetatie en bodem is echter inmiddels ook elders (Drenthe) waardevol gebleken.

## Summary

### *Vegetation, habitat and site class in Dutch conifer forests*

#### **Purpose, principles, methods**

The purpose of this publication is to demonstrate how, along with the soil, the forest-floor vegetation of coniferous forests in the Netherlands can help in the determination of site quality. For this purpose a classification of the vegetation is necessary, the connection between vegetation and environment had to be investigated and finally the correlation between vegetation and the growth of trees had to be determined.

The forests (see 1.2) are divided into 'light formation' (L), mainly of *Pinus sylvestris* and *Larix leptolepis*, also including *Pinus nigra* ssp. *nigra* and P.n. ssp. *larico* and *Pinus pinaster*, and 'dark formation' (D) which is mainly *Pseudotsuga menziesii* and also includes *Picea abies*, *P. sitchensis* and *Abies* spec. div. Only those forests of twenty years of age and more were studied.

For the complete study 627 of the more than 750 experimental plots each of 100 m<sup>2</sup> were suitable for processing, all of them pine forests. In the dark forests, 450 trial plots were studied (most of them Douglas stands) and of these about 300 could be completely processed. The trial plots were scattered over the whole country but the investigation was concentrated especially in the provinces of Gelderland and Noord-Brabant (Figs 1 and 2).

In the classification distinction is made between the concepts 'guiding principle', 'characteristic', 'property' and 'quality'. 'Qualities' are properties which are used to indicate a value for use. 'Characteristics' are morphometric classification properties, such as the structure of the vegetation and the composition according to species. Emphasis falls on the latter; in coniferous forests differences in structure go together with composition to a large degree.

With statistical tables in common use since Braun-Blanquet (see Ellenberg, 1956) and with punched cards, groups of types were determined, for about 750 records from *Pinus sylvestris* forests and from *Larix* forests and for about 300 records from Douglas forests. The records show a certain mutual 'correlation of occurrence', i.e. these species are more frequently found together than is statistically probable in a completely fortuitous distribution. An example of this can be seen in Figure 3, where the original analysis data (cover, abundance, constancy, etc.) are replaced by lines; the groups appearing the furthest apart show a negative correlation.

A group of species which has a strong tendency to occur together is called a 'sociological group'. Such species are related in their reaction to the environment. When

the stand requirements of such a group are known, then the group is also referred to as an 'ecological group'. These groups are indicated in Chapter 3.

A number of vegetation units can be distinguished, characterized by the sociological groups which contribute to the composition of the units. These units, described in Chapter 4, form series. It appears from Chapter 5, that phenomena in the soil that can be connected with soil properties, which are important for the rhizosphere, run parallel with such a series of vegetation types. In formation L it is the main types A, H, R, Z and K which are concerned.

It appears that the principal differences in vegetation are caused by the soil and its water economy. Naturally other factors are involved, but within the Netherlands they do not cause much differentiation (except for plantations directly along the coast). The differences in vegetation between older and younger forests are principally caused by changes in the soil. The influence of man can be very great (plantation, felling, manuring, removal of forest floor, etc.), but even so the vegetation is more strongly influenced by changes in the rhizosphere resulting from forest management.

The availability of nutrients in the soil, such as is indexed for the plants, is taken as the guiding principle for the classification at the highest level (vegetation type) for the following two reasons:

a. It is extremely difficult to determine this availability objectively by chemical methods, not to speak of mapping it (this is far more difficult than the estimation of the moisture and air economy of the soil, which factors are, after all, closely connected). It is especially in this respect that help must be sought from the vegetation.

b. In one of the sociological series there seems to be a distinct connection between the availability of nutrients and the position in the series. Here 'natural' classification according to sociological characteristics correlates well with the eutrophy series chosen. Although relationship is not linear, because indications of moisture and other factors also play a role, the main types can be arranged in a series (A-H-R-Z-K) (see Appendix VII.1).

Variants are distinguished as subdivisions of the types. These appear to be connected with the degree of moisture in the soil (moisture variants (n), n and N: moisture series) and with differences in climate (northern variants b en e: climate series). The forming of density phases of certain plants, such as *Pteridium aquilinum* (p), dwarf-shrubs (c, v) and *Deschampsia flexuosa* (d), which are of importance in the prevention of weeds, is also shown as a variant (structure series).

These variants are also defined and identified on the basis of sociological groups of species. Especially for moisture variants on soils rich in nutrients, the difference from the main type is so great, that on the basis of the botanical composition entirely different plant communities could have been decided upon. This is, however, deliberately not done. The significance of the guiding principle is clear: the nutrients status of the substrate (eutrophy) has consistently been used for the main division, indication of moisture and other factors for the subdivision. There is no hierarchy within the variants: a given vegetation always belongs to one main type, but can belong to various variants.

## Synsystematic relationships

In the descriptions of vegetation in Chapter 4 the relationship between existing communities (syn-taxonomic units) of natural coniferous and of deciduous forests is always shown. It is also shown in the summary of the synsystematic relationships (Table 2) and in Appendix VII. These data can be of importance in recording the undergrowth in artificially planted forests of conifers in general vegetation systems.

Chapter 2 is a review of the literature about the vegetation in coniferous forests. Attention is drawn to the close relationships of this vegetation with the natural pine forests in Europe and with broad-leaved forests on relatively poor soils. Also because of these relationships, it is recommended that the forest-floor vegetation in plantation of light coniferous forest should be included in the general system of the natural forests at all levels of hierarchy. In other cases the forest floor vegetation can, for example, be fitted in at alliance level, in which case a special distinction such as 'communities of cultivated forests' (Forstgesellschaften) could be made. In the event of closer relationship with natural forest, perhaps a division could be made at lower level such as 'cultural-forest variants'.

Further, it has been found during vegetation survey and mapping (see 4.5) that the deciduous forest vegetations on not very rich soils are so closely related to the pine-forest vegetations in the same area, that the mapping of the vegetation units can be carried on neglecting the differences in the tree stratum. The light deciduous forests, such as *Quercus robur* and *Betula verrucosa*, are then included in formation L and dark forests of *Quercus borealis* and *Fagus sylvatica* in the formation D.

Remarkably, the poorer types (A-H), and especially their northern variants, very much resemble natural pine forest associations in Central Europe, such as in Poland. Planting pines tends to introduce plant communities from other areas to Holland where they are what may be called 'neo-associations'.

## Methods of ecological inventorization and research

The complex of environmental factors must be seen as having one combined effect, because it is often difficult to measure the influence of the separate factors. The practise of fertilizing and manuring, based on chemical-analytical data from laboratories, is in the main still empirical; the effect of fertilizing still has to be checked in trial fields. Thus a truly causal approximation with the available equipment can sometimes even be misleading. In addition to chemical analyses, physical measurements and qualitative descriptions, investigation by mapping is also worthy of attention. Those features of the landscape which appear on the map, such as soil and vegetation, provide information about the environment, not only through the descriptions given in the legends but especially also through the *pattern* of the map. More information is obtained when various maps are compared.

Soil maps and vegetation maps, surveyed on equal scales, were compared by laying over both a similar point grid with a density of one point per cm<sup>2</sup>. It was then noted

what percentage of the points within a given vegetation unit also appeared in the various soil units, and vice versa (see 1.7). The figures in which the degree of occurrence of the vegetation types per soil unit is shown, are known as the 'vegetation spectra' of the soil units. When the vegetation is taken as basis, then 'soil spectra' of the vegetation types are obtained. An example is given in Table 1.

Such spectra can only be obtained if the patches on the map of the soil and that of the vegetation are not exactly the same. In general this is so, for example in Figures 6a to 6d. The reasons for this are given in Figure 4.

The processing of the material from all the trial plots can be found in Appendix III.

In the course of mapping soil and vegetation from one and the same area, with the objective of deriving a suitability map from the two maps together, certain problems can arise in the generalization. Figure 5 gives an example of this. These difficulties can be avoided by good integration of the research.

### **The complex of environmental factors in connection with vegetation and habitat**

Of great importance for the forming of the vegetation are the complexes of factors: historical and geographical circumstances, (micro)climate, soil, landform, water economy, living organisms and man.

The effects of these factors, also complex in themselves must be regarded in relation with time.

The soil and the water economy within such a limited area as the Netherlands are of such dominating importance that a separate paragraph (5.2) is devoted to their ecologic significance.

Historical and geographical circumstances barely play a role in the coniferous forests of this country. The climate is reflected to some extent in the vegetation. The 'northern' species occur exclusively in the northern half of the Netherlands (groups L17 to 19).

Within coniferous forests the microclimate influences the vegetation very strongly. Especially for this reason a differentiation is made between 'light' and 'dark' forests, although the nature and transformation of litter also plays a role.

The organisms, including components of the vegetation itself, have a great influence both on the microclimate and the soil. The converse is also true, so that a practically inextricable totality is formed. All the same, since the ecological factors are mutually closely connected, chaos does not arise: groups of plants occur which are differentiated from other groups in their reaction to the environment. These render it possible to establish vegetation units, each one characteristic of a specific ecology which is correlated with soil properties (qualities) and other environmental factors. The vegetation units offer more hope for success in indicating the habitat than do the separate plant species.

As well as supporting the plant mechanically, the soil supplies it with oxygen, nutrients and water. These last three are closely related. Excess of water can mean a shortage of oxygen and too little oxygen limits the uptake of nutrients (especially

anions). A lack of water confuses the transport and transpiration system of the plant and as a result disturbs its root activity. The nutrient supply system is very complicated. The take up-mechanism for cations and anions differs from plant to plant. In addition, the ions are not retained to an equal extent. Antagonism between ions plays a role and the availability (solubility) in the soil is also influenced by other soil factors. A well-known example is the relationship between the nitrogen and moisture supplies: plants which normally grow in damp places can sometimes be kept alive in dry places by the addition of nitrogen. For example plants of damp forests (*Solanum dulcamara*, *Humulus lupulus*) can grow on dry, but calcareous soils where the forest litter mineralizes quickly and where, as a consequence, relatively much nitrogen is liberated per unit of time (see K types).

To understand what happens in a plant in relation to the nutrients externally available, a great deal of physiologic research will be necessary. It is, however, possible (by means of the methods sketched in 1.3) to study the influence of the factors water, oxygen and nutrient-supply on the vegetation, in some cases even for specific minerals separately.

The influence of man and his domestic animals is very direct in seeding and planting, in combating weeds and in the gathering of wood, moss and litter. The eating of selected parts of plants by animals probably does not lead to fundamental changes in the forest floor vegetation of our coniferous forests. Drainage can influence the rhizosphere so strongly that the ecological differences between natural soil units become blurred. On the other hand, differences can arise within a natural soil unit as a result of drainage which is much more important for the growth of plants than are those between the natural units; it is also for this reason that the use of the vegetation units alongside the soil units is so important as an indicator of the site-quality determination.

The role played by time becomes evident when the vegetation in plantations of different ages is compared. On the one hand the differences which are noted are connected with crown density, on the other with developments in the soil due to decomposition of litter and due to 'coming to rest' after intensive cultivation of the soil. In forests more than twenty years old, changes in the vegetation generally take place parallel to changes in the soil.

### **The connection between organic-matter content of the soil and the forest-floor vegetation**

The connection between the organic-matter content of the soil and the forest-floor vegetation is discussed in 5.3 in relation to the least complicated soils, namely the non-calcareous inland dune soils with preponderately deep (> 140 cm) groundwater. In inland dune soils without a buried podzol profile in the subsoil, only the thickness and the organic-matter content of the blown-sand layer vary. It may be accepted that the moderately fine non organic material in these soils adsorbs practically no nutrients, that all nutrients which are not bound to the adsorption complex are rapidly leached out and that water is only available during the short time it needs to pass the

soil on its rapid way downwards. There is, thus, never any question of lack of oxygen. Only the organic matter, if it is present, can retain a certain quantity of water. The figures 6a and 6b give an impression of the vegetation and the soil conditions in such soils: the correlation becomes evident. This is further elaborated in figures 6c and 6d according to the method described in 1.7. All this has given rise to the ecological ranking (Table 3) of the soil units in inland dune soils without a buried podzol profile in the subsoil.

The clear connection between the organic-matter content and the vegetation types in Figure 7 is almost certainly causal. Here moisture is not the dominating factor, because on dune soils that are equally dry, equally poor in organic matter, equally pervious but richer in mineral nutrients, the A types of vegetation are lacking and types dominate which are related to R types and to other types found still further to the right in the ecological series (Z and K). In the inland dune soils with a buried podzol profile in the subsoil the picture is only slightly different (Fig. 6c). In the inland dune soils that are moderately poor in organic matter and moderately humose the R types appear to dominate more strongly on a thinner cover of blown sand than on a thick; in this case the influence of the podzol profile is evident (see also Fig. 8).

If we call the soil of the R types 'richer' than that of the A types, then a moderately humose cover of blown sand on a humus podzol appears 'richer' than a pure humus podzol. It appears from comparison of figures 6c and 6d that even the blown sand, extremely poor in organic matter, usually supports types richer than A if a podzol is present in the subsoil at a depth of 1 to 2 metres, though the roots of the forest-floor vegetation do not penetrate so deeply.

In Chapter 6 it appears that the growth of trees like the forest-floor vegetation can be correlated with the above-mentioned soil properties. Trees however, root deeply; this explains the connection with deeper layers. Differences in the properties of the forest-floor vegetation coincide with those in the growth of trees, and at the same time, thus, with differences in the properties of the subsoil. This coincidence can be explained in three ways: (1) there is less competition from the rooting of the trees in the uppermost soil layers and as a result there is more moisture available for the forest-floor vegetation, (2) an enrichment of the topsoil takes place via the nourishment cycle, (3) in some places the organic matter is already richer in nutrients because during each phase of cessation of movement of the sand, the natural dune-sand vegetation brought up nutrients via the nutrient cycle.

### **The relationship between groundwater phenomena and forest-floor vegetation**

The humus podzol soils are the most suitable for an investigation into the relationship between groundwater and vegetation as is discussed in 5.4. In tables 4a and 4b the connection is shown for a limited area, between the influence of groundwater Hd = dry  $\rightarrow$  vHv = moist), established on the basis of soil characteristics, and the vegetation units (characterized, amongst other things, by the sociological groups L22, L23 and L24). In Figure 15 the depth at which the layer of permanent reduction

begins is shown, it indicates of the recent average phreatic level in summer in these soils.

In Appendix III.2 the soil groups with increasing degrees of moistness are differentiated by means of vegetation indication; the sequence of these agrees reasonably with the forecast which can be made about the moisture economy by pedological interpretation.

Indications of moisture are naturally only linked with the quantity of available water in the rhizosphere, that is to say above the phreatic level. Thus, the data in Appendix III.2 clearly show the influence of the silt and clay content for the Moder Podzol soils situated high above the groundwater.

It would be going too far to take into consideration all the important plant species which occur in pine forests with respect to their value as soil indicators. However in 5.4 *Molinia caerulea*, very common on moist to wet soils, is described. This plant species tolerates a shallow burying with blown sand and is particularly at home on relatively moist soils with a strongly fluctuating ground water level. Tillage of the soil and burning increase its capacity for competition. Since the 'disturbance by tillage' factor applies to a more or less equal degree in all pine forests, this species is usable for characterization. An additional factor is that *Molinia* is a plant which rejects phosphates; it is absent in forests on moist but eutrophic places (*Salicon*, *Alnion incanae*, etc.) probably because of the high phosphate content of the soil. Figure 9 gives a good example.

*Molinia* is only of the moisture indicators from the group L22 or D10; other species from the groups L22, L23 and L24 (the so-called moisture groups) also determine the moisture indication.

### **The forest-floor vegetation and the nutrient status of the soil**

Several difficulties arise (see 5.5) in the interpretation of the results of chemical analysis. For one thing it is not known in what form the phosphate in the soil is absorbable, or is made absorbable, by macro and micro organisms. In the case of nitrogen the availability is far more dependent upon the rapidity with which the organic matter the soil is converted than upon the total amount of nitrogen-holding organic matter present.

As with all environmental factors, moisture acts not independently. An example of interaction gives *Molinia caerulea*, a very common plant on moist to wet soils (see 5.4).

It is difficult to study the cations in the forest soils discussed here, because they only occur in very small amounts. Contents of nutrients in the soils determined by chemical means also never give exact, direct information about an environmental factor, although they can be a support in the investigation.

The concepts of 'rich' or 'poor' in nutrients do indeed play a role in the differences between the vegetations discussed here; this is confirmed in 5.5.2.

Plant species occur in the coniferous forests in the Netherlands which are also to be found in other very acid environments, such as heath. There are, moreover, a few



species which also occur on poor arable land, such as *Holcus mollis* and *Rumex acetosella*. Both of these species belong to the sociological groups which characterize R types (see 4.2). In places where pine forest is planted on plaggen soils<sup>1</sup> (which can be recognized by a thick raised layer in the soil profile), one never encounters A or H types, but only R types or even Z or K types. Where arable land borders on heath with spontaneously growing pines, a strip was often found of *Holcus* and *Rumex*, whereas these species were not present on the heath itself. In this situation attention should be paid to the influence of manuring. These examples indicate the relativity of fertility judgment: what is 'poor' on arable land is 'rich' in forests. Although care needs to be taken in comparing habitats in forests, heath and arable land, it can be roughly concluded that the very poorest arable land on sand soils correspond approximately in wealth of mineral nutrients with vegetation type R3, which in the ecological series running A-H-R-Z-K from extremely poor to rich, lies somewhat to the right of the middle. Average arable lands correspond with the Z and K types. A clear anthropogenic influence appears in figures 9b and 10b, where type R3 shows a clear tie with the borders of the management divisions but ignores the natural soil limits.

The ecological series A-H-R-Z-K corresponds with the series extremely humus-poor, blown sand – Humus podzol – Moder podzol (= Brown Podzolic = podzolige Braunerde) – 'Brikgrond' (= Gray Brown Podzolic = podzolige Braunerde) – various low and high Brown soils with a certain content of silt and clay fractions.

The natural plant communities in broad-leaved forest are connected with the vegetation types in pine forests as follows:

*Quercu-Betuletum*: A and H types and the poorer R types,

*Violeto-Quercetum*: the richer R types R3 and R4

*Quercu-Carpinetum*: K types

*Alno-Ulmion*: Z and K types.

The soils of these communities show a series which corresponds with the above. It can be established from literature that in these series the mineral-component content increases, which is expressed in increasing base saturation and pH, and higher values for phosphate and C/N.

### **Relationship between forest-floor vegetation and chemical soil analysis**

The chemical analyses are compared with the vegetation types in 5.5.3. Each time, however, within one soil unit; this is because one particular chemical quantity does not necessarily have the same significance in two different soil units. To eliminate all non-chemical influences, the soil samples were taken from closely connected soils within a limited area (the estate 'de Stippelberg'): beneath *Pinus sylvestris* on Humus Podzol soils in cover sand which was extra impoverished by a centuries-old growth

1. Man-made soils on old arable land, also called 'Enkeerd' soils.

of heather. The differences in the soil were mainly concerned with the quantity, the form and the distribution of the organic matter in the soil profile, caused by differences in elevation above the (oligotrophic) groundwater. Detailed descriptions were made of the vegetation and soil profiles in one hundred trial plots each of 100 m<sup>2</sup>; the average height of the trees and the level of the watertable were also measured. In each trial plot soil samples were taken at forty places down to a depth of 25 cm, with a 2-cm wide auger.

The pH-KCl, which varied between 2.8 and 3.7, appeared not to correspond with either the vegetation types or the soil units; neither did the percentage of organic matter.

The N content of the organic matter, which varied between 1.35 and 2.10%, was usually distinctly higher in samples from moister soils than in those from dry soils. No relationship with the vegetation appeared to exist, however.

The K<sub>2</sub>O contents, ranging from 10 to 29 mg per 100 g soil, were somewhat lower in dry soils, but nothing further can be said about them.

The figures 10a and 11a show that no relationship could be found, via either P-HCl.2N or the P-total, between the phosphate content and the soil units subdivided according to *Molinia* coverage. There was, however, a relationship with the vegetation types classified from 'poor' to 'rich'. The series of 2N HCl values for phosphate corresponds, broadly speaking, with the vegetation type in the series H1-2 → R3; the moss types (H) have low contents, the *Holcus* type (R3) high, and the remainder lie in between according to the sociological classification.

The result in the Douglas forests was in accordance with above low correlation between vegetation and total N and K-HCl content or pH, somewhat higher for phosphate soluble in 2N HCl. This was to be expected since the sociological series in dark forests is closely related to that in light ones. Although the scattering of the points was very great, the phosphate content was clearly different for various groups of soil units. The relationship between vegetation and phosphate soluble in 2N HCl only becomes apparent within each group of soil units.

The above-mentioned data render it probable that phosphate plays a role in the origin of the differences in the vegetation. To correspond with the same vegetation type as on the Moder Podzol soils however, the value for phosphate soluble in 2N HCl must be much higher for 'enkeerd' soils in particular, and for the Moder Podzol soils it must be higher again than for the Humus Podzol soils. This can lead to various opinions as to the form in which the phosphate is present, the absorbability for the plants and the chemical-analysis method. 2N HCl would attack only non organic phosphate. In Humus Podzol soils there is supposed to be no inorganic phosphate except that just liberated by decomposition of the organic matter.

Probably it is above all the speed with which the dead organic matter breaks down which leads to greater soil fertility. For very many years it has been the custom to dress forests with lime to stimulate the mineralization of the litter, whereby phosphate, nitrogen and other minerals become liberated. The quantity of phosphate soluble in 2N HCl probably supplies important information on the speed of humus minerali-

zation and not only or even not mainly on the phosphate availability.

Calcium carbonate in the uppermost soil layer only occurs in the richest vegetation units of the sea dunes (K types), where forest floor vegetation always has a distinctly nitrophile character (*Urtica dioica*, *Geranium robertianum*), which can be explained by the mineralizing influence of lime on the pineforest litter.

### **The mutual relationship between humus form, soil and forest-floor vegetation**

Humus is to a great extent the product of the vegetation- and the soil formation (5.6). A distinction is made between 'humus form' according to Müller (1887) and 'kind of organic matter', for which concept Kubiena (1950), among others, also made use of the term 'humus' form. The first term reflects the morphological situation of the humus in the uppermost horizons which is almost identical with forest-floor type; the kinds of organic matter are classified according to their nature.

The most important humus forms in *Pinus* forests are mor and mull. Mor is generally characterized by a distinctly circumscribed succession of layers with specific kinds of organic matter and an abrupt transition from almost pure organic matter to a very predominantly mineral horizon.

Characteristic of the typical mull form is the absence of sharp transitions and an intense mixing of organic matter and mineral particles into aggregates whereby the organic-matter content (never very high) gradually decreases with depth. The real mull is only present in soils of a fine texture and indicates intensive biological activity.

Mor is encountered in *Pinus* forest among the A and H types as a result of stagnating mineralization of the organic matter. Soils which fall under the K types can have a mull-like character.

In general the litter decomposes more rapidly in Douglas forests than in *Pinus* forests, where thick layers of forest litter are not to be found. The soil underneath vegetation types II, III, and IV is mostly mor-like, but under VI it is often mull-like. Especially in the darker forests, where there are breaks in the vegetation cover due to lack of light, closer examination of the condition of the organic matter is of importance in site-quality determination.

Under certain circumstances, an originally favourable humus form can 'degenerate' to a less favourable mor-type after planting with *Pinus sylvestris*; the vegetation then shifts to the left in the well-known series. On the other hand, plantation on heath can possibly lead to a certain level of improvement in fertility ('regradation') in the long run. Then the vegetation moves to the right in the series. Removal of the forest-floor litter slows this development down and can even have a degradation effect; on the other hand, manuring can cause vegetation to appear which naturally only occurs on richer soils with a more favourable humus form. Figure 13 gives a schematic impression of the various lines of development.

As has already been mentioned, the transformation of humus takes place more rapidly in Douglas forests than for *Pinus* or *Larix*. Thus the state of equilibrium should be moved to the right in the eutrophy series. In fact, a slightly more eutrophic vegeta-

tion is frequently found in unmanured lots of Douglas forest which border on lots of *Pinus sylvestris*. More weeds characteristic of arable land are found in Douglas forests than in *Pinus sylvestris* forests or deciduous forests. The Douglas forest, therefore, certainly has no 'degenerating' influence on forest soils in the Netherlands. It is noticeable that in light deciduous and also in *Pinus sylvestris* forests, the vegetation at comparable points is quite different and is richer in species than in the dark forests. Care should be taken, however, not to confuse this form of (floristic) richness with the eutrophy of the soil.

Because the eutrophy is expressed in the vegetation types such as they are here classified in a series, vegetation mapping and soil mapping complement each other. For the soil, characteristics are carefully chosen which are not subject to change, or only very slightly. The vegetation on the other hand, is characterized by features which react rapidly (some years or less) to changes in the environment. Both methods of indication are of importance in evaluation for forestry. A combination of soil and vegetation mapping is to be recommended. This applies, in fact, for any mapping to which it is desired to attach biological value. The fairly wide spread of the vegetation types within a soil unit, and vice versa, which is clearly noticeable despite the clear relationship between both, is a strong argument for the desirability of employing both methods.

#### **The relationship between the growth of *pinus sylvestris*, vegetation type, soil unit and site class**

For research into the growth of trees, *Pinus sylvestris* was chosen (Chapter 6). In Figures 14–19 and in Appendix IV the average height of the trees is related to the height at the age of 45 years using the age-height graphs made by the National Forestry Service, because many stands in the Netherlands are between 40 and 50 years old.

In general it can be said that on the poorer soils oak and birch perform similarly to *Pinus sylvestris*. Douglas, *Larix* and *Picea* grow best on those soils which are also optimum for *Pinus sylvestris*.

The data in Figure 14 lead to the following conclusions:

1. The growth of *Pinus sylvestris* is related to the humus content (which is expressed in the soil unit) and to the available-nutrient content (expressed in the vegetation type). On the basis of Figures 15 and 16 it can be concluded that:
2. The reaction of *Pinus sylvestris* to groundwater depends on the availability of nutrients contained therein, as is indicated by the vegetation type, and
3. With a sufficiency of available nutrients, *Pinus sylvestris* grows better with increasing availability of moisture.

In the last graph in Figure 15, the lines in the case of the deepest watertables (250 cm and deeper) correspond almost exactly. This leads to the conclusion:

4. In the event of a very deep watertable under Humus Podzol soils on cover sand, the factor of moisture for *Pinus sylvestris* is minimum, so that the trees are not able to take full advantage of the available nutrients due to lack of water.

However, there must be a limit above which the quantity of water becomes excessive and lack of air impedes the normal function of the roots. On soil with an adsorption complex of limited extent it can be necessary for the tree that the roots penetrate deep into the soil to take up the nutrients needed. This probably explains the downward slope of the graph of growth on the A types in Figure 16 (see also the declining lines in Appendix IV.2). An unfavourable influence of the groundwater has also been found in Humus Podzol soils at 'De Stippelberg': Figure 17 shows that the height of the trees is related to the soil units which are correlated with the watertable (see also Fig. 15 and Table 3). For a subdivision according to *Molinia* cover, however, a definite bend appears at the transition from soil unit Hv41 to vHv41. Although the exact cause cannot be determined without further research, it is probable that also here the lag in growth of the trees (extreme right in Figure 17) is due to an excess of water and consequent shortage of oxygen. This leads to the conclusion:

5. Under certain circumstances the watertables can be too high for an optimum growth of *Pinus sylvestris*, either because they hinder the rooting activity (lack of oxygen), or because they so limit the rhizosphere that in the remaining and still reasonably well aerated part, too few nutrients are present.

On richer Humus Podzol soils in cover sand with a deep watertable, a complementary supply is needed from perched groundwater. Humous layers can contribute to this to a great extent, provided that they are sufficiently thick. Replenishment from groundwater is only of importance for soil units, that are poor in humus.

Something of this nature is to be expected in loamy soil such as most Moder Podzol soils. The data relating to the growth of *Pinus sylvestris* (appendix IV.3) show at most a slight relationship between the texture and the site class per vegetation type. For the Moder Podzol soils as a whole, the connection between vegetation and site class does show the same tendency as for 'Veld' Podzol soils with a good supply of moisture (Appendix IV.2): the H types have site class III, the R types II to I. Due to the perched groundwater, the moisture supply in all Moder Podzol soils without groundwater is of the same order as that in the moist 'Veld' Podzol soils with groundwater: the least loamy Moder Podzol soils are also always still slightly loamy.

Further it appears that on non-loamy Humus Podzol soils with a geologically different subsoil within 180 cm (Appendix IV.2) some reaction between growth and availability of nutrients appears far above the groundwater also.

Hence differences in the moisture-holding capacity of the soil which are important for the growth of the trees, can occur and these are not always reflected in the forest-floor vegetation. The fact that the forest-floor vegetation has value as an indicator, together with earlier observed facts, leads to the conclusion:

6. The forest-floor vegetation always indicates the nutrients available for the trees; it only gives a measure of the quantity of available moisture that is to be found in the topsoil.

This conclusion leads to the deduction that a site-quality determination solely based on the forest-floor vegetation can be incomplete, especially in cases where supplies of water are present under the rooting zone of the forest floor vegetation but

within the reach of tree roots.

7. For classification of site quality, as well as for mapping of richness of nutrients and moisture, both the soil units and the vegetation units must be used.

#### **Site quality evaluation and appraisal of soil suitability making use of vegetation- and soil units**

Figure 18 shows the relationship between site class, vegetation type and soil unit including variants in vegetation moisture in the area known as 'De Stippelberg' – arranged in such a way that the suitability classes for *Pinus sylvestris* can be easily read off, after the soil and vegetation units have been determined in the field. Figure 9d gives an example of such a suitability map.

All the material from the 627 observations is collected in Appendix IV in a similar way to the previous example. A subdivision according to provenance of the *Pinus sylvestris* could not be made. Although differences in provenance somewhat disturb the image, we do see tendencies similar to those discussed in the detailed studies. Figure 19 gives a summary.

From the material in Appendix IV, diagrams corresponding with Figure 18 can be drawn (Appendix V); these must also be considered as strictly provisional, since data are insufficient.

This site-quality evaluation based on vegetation and soil has, however, in the meantime been applied in practical forestry and has been proved to be of value in various parts of the Netherlands (e.g. in the province of Drenthe).

## Literatuur

- Bakker, H. de & J. Schelling, 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. PUDOC, Wageningen.
- Boer, Th. A., 1956. Een globale graslandvegetatiekartering van Nederland. Versl. landbouwk. Onderz. Ned. nr. 62.5.
- Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensoziologie. 3. Aufl. Springer, Wien.
- Brun-Hool, J., 1962. Über indirekte ecologische Deutungsmöglichkeiten von Gesellschaftstabellen Mitt. flor.-soz. ArbGemein. 9: 62-70.
- Buchwald, K., 1951. Wald- und Forstgesellschaften der Revierförsterei Diensthoop, Forstamt Syke bei Bremen. Angew. PflSoziol. 1.
- Burger, D., 1953. Bodemkundige onderzoeken in het ongestoorde en bewerkte profiel van het droge *Querceto-Betuletum*. Jaarb. K. ned. bot. veren.
- Diemont, W. H., 1937. De betekenis van de plantensociologie voor den boschbouw, speciaal met het oog op exotische houtsoorten. Ned. Boschb. Tijdschr. 10: 98-103.
- Doing, H., 1962. Systematische Ordnung und floristische Zusammensetzung niederländischer Wald- und Gebüschgesellschaften. Diss. Wageningen. Noordhollandse Uitgeversmaatschappij, Amsterdam.
- Doing, H., 1963. Übersicht der floristischen Zusammensetzung, der Struktur und der dynamischen Beziehungen niederländischer Wald- und Gebüschgesellschaften. Meded. Landb. Hogesch. 63 (2): 1-60.
- Doing Kraft, H. & V. Westhoff, 1959. De plaats van de beuk (*Fagus sylvatica*) in het Midden- en Westeuropese bos. Jaarb. ned. dendrol. Veren. 21: 226-254; Belmontia 2 (5); Meded. RIVON 64.
- Duchaufour, P., 1958. L'Utilisation des engrais en forêt, Revue for. fr. 6: 377-392.
- Edelman, C. H., 1950. Inleiding tot de bodemkunde van Nederland. Noordhollandse Uitgeversmaatschappij, Amsterdam.
- Ellenberg, H., 1956. Grundlagen der Vegetationsgliederung. Teil 1: Aufgaben und Methoden der Vegetationskunde. In: H. Walter, Einführung in die Phytologie, Band IV. Ulmer, Stuttgart.
- Ellenberg, H., 1958. Über die Beziehungen zwischen Pflanzengesellschaft, Standort, Bodenprofil und Bodentyp. Angew. Pfl. Soziol. 15: 14-18.
- Goor, C. P. van, 1950. Bodem en vegetatie. Ned. BoschbTijdschr. 22: 33-43.
- Goor, C. P. van, 1963. Bemestingsvoorschrift voor naaldhoutculturen. Ned. BoschbTijdschr. 35: 129-142; Korte Meded. BosbProefstn 'De Dorschkamp' 56.
- Goor, C. P. van & K. Jager, 1962. Het voorkomen van bodemverwildering in bosculturen met behulp van Simazin. Ber. BosbProefstn 'De Dorschkamp' 23.
- Goor, C. P. van & J. F. van Oosten Slingeland, 1963. De bodemvruchtbaarheid van de Sysselet: plaggenwinningsgebied van de voormalige Buurtschap Maanen. Ned. BoschbTijdschr. 35: 1-13. Korte Meded. BosbProefstn 'De Dorschkamp' 53.
- Goor, C. P. van & F. Tiemens, 1963. De invloed van eenmalige strooiselwinning op de aanwas van grovedennebos. Ber. BosbProefstn 'De Dorschkamp' 37; Ned. BoschbTijdschr. 35: 42-47.
- Grosser, K., 1964. Die Wälder am Jagdschloß bei Weiszwasser (01.). Waldkundliche Studien in der Muskauer Heide. Abh. Ber. des Naturk. Mus. Forschungsstelle, Görlitz.
- Guinocet, M., 1955. Logique et dynamique du peuplement végétal. In: Evolution des sciences 7. Masson, Paris.

- Hennipman, E., 1969. De Nederlandse Cladonia's (Lichenes). Wet. Meded. k. ned. natuurh. Veren., 79.
- Heukels, H. & S. J. van Oostroom, 1962. Flora van Nederland. 15e dr. Noordhoff, Groningen.
- Jahn, S., 1952. Die Wald- und Forstgesellschaften des Hils-berglandes (Forstamtbezirk Wenzel). Angew. Pflsoziol. 5.
- Jongorius, A., 1957. Morfologische onderzoekingen over de bodemstructuur. Diss. Wageningen; Versl. landbouwk. Onderz. Ned. 63.12; Bodemk. Stud. 2.
- Køie, M., 1951. Relations of vegetation, soils and subsoil in Denmark. Dansk bot. Ark. 14 (5).
- Kopp, D., 1956. Standortkundliche und vegetationskundliche Grundlagen für die Umwandlung eines Märklischen Kiefernreviers. Berlin.
- Kozłowski, Th. T., 1958. Water relations and growth of trees. J. For. 56: 498-502.
- Kubiěna, W. L., 1953. Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas. Enke Verlag, Stuttgart.
- Kundler, P. 1958. Abhängigkeit der Bodenentwicklung, der natürlichen Waldgesellschaft und der Kiefern-Wuchsleistung vom Silikatgehalt der Sandböden im Gebiet des norddeutschen Pleistozäns. Angew. PflSoziol. 15: 31-41.
- Kuoch, R., 1957a. Die Standortstypenbildung. Mitt. schweiz. forstl. VersWesen. 32 (8).
- Kuoch, R., 1957b. Vegetationskundliche Schulen. Mitt. schweiz. Anst. forstl. VersWes. 32 (8).
- Leijs, H. N., 1964a. Een vegetatiekartering van het Speulderbos. Levende Nat., 67: 17-24.
- Leijs, H. N., 1964b. Een onderzoek naar de botanische waarde van enkele Grove-dennenbossen op stuifzand bij Kootwijk. Levende Nat. 67: 121-133.
- Leijs, H. N., 1965. Een vegetatiekartering van het Liesbosch. Levende Nat. 68: 63-72, 91-94.
- Lemée, G., P. Lossaint, H. Mettauer & R. Weissebecker, 1956. Recherches préliminaires sur les caractères bio-chimiques de l'humus dans quelques groupments forestiers de la Plaine d'Alsace. Angew. PflSoziol. 15: 93-101.
- Marel, H. W. van der & G. Plaisance, 1960/1961. Contribution a l'étude des limons plateaux de la forêt de Chauz (Jura). Anns. agron. 11: 601-620, 12: 259-269.
- Margadant, W. D., 1959. Mossentabel. Ned. Jeugdbond voor Natuurstudie, Amsterdam.
- Matuszkiewicz, W., 1962. Zur Systematik der natürlichen Kiefernwälder des mittel- und osteuropäischen Flachlandes. Mitt. flor.-soz. ArbGemein. N.F. 9: 145-186.
- Meisel-Jahn, S., 1955. Die Kiefernforstgesellschaften des nordwestdeutschen Flachlandes. Angew. PflSoziol. 11.
- Meisel, K., 1958. Vergleich zwischen Boden- und Vegetationskarte. Angew. PflSoziol. 15: 118-130.
- Minderman, G., 1960. Mull and Mor (Müller-Hesselman) in relation to the soil-waterregime of a forest. Plant Soil 13: 1-27; Meded. Itbon 49.
- Mráz, K., 1961. Zur Frage der ökologischen Bewertung von Waldböden. Communicationes Inst. for Czechosloveniae 2, Praha.
- Müller, P. E., 1887. Studien über die natürlichen Humusformen. Berlin.
- Oberdorfer, E., 1956. Übersicht der süddeutschen Pflanzengesellschaften in südwest Deutschland. Band XV.
- Pallman, H., F. Richard & R. Bach, 1949. Über die Zusammenarbeit von Bodenkunde und Pflanzensoziologie. 10ième Congr. int. Un. Forest. Res. Org. Zürich 1948.
- Passarge, H., 1959. Pflanzengesellschaften zwischen Trebel, Grenz-Bach und Peene (O. Mecklenburg). Beih. Reprium. nov. Spec. Regni. veg. 13: 1-56.
- Passarge, H., 1962. Zur Gliederung und Systematik der Kiefernforstgesellschaften im Hagenower Land. Arch. Forstw. 11 (3).
- Passarge, H. & G. Hofmann, 1964. Soziologische Artengruppen mitteleuropäischer Wälder. Arch. Forstw. 13: 913-937.
- Rogister, J. E., 1955. De vegetatietypen van de Hoge Kempen. Rijkslandbouwhogeschool Gent.
- Runge, F., 1959. Pflanzengeographische Probleme in Westfalen. Abh. Landesmus. Naturk. Münster.
- Scamoni, A., 1960. Waldgesellschaften und Waldstandorte: dargestellt am Gebiet des Diluviums der Deutschen Demokratischen Republik 3. Aufl. Akademie-Verlag, Berlin.



- Schelling, J., 1960. De Hoge bosgronden van Midden-Nederland. Wageningen. Versl. landbouwk. Onderz. 66.9; Bodemk. Stud. 5; Uitvoerig Versl. BosbProefstn 'De Dorschkamp' 5 (1).
- Sebald, O., 1961. Die Waldbodenvegetation der Buntsandstein-Standorte des Baar-Schwarzwaldes und ihr ökologischer Zeigerwert. Mitt. Ver. forstl. Standortsk. Forstpflanzenzüchtung 11.
- Seibert, P., 1953. Zur Ertragsleistung einiger Kiefern-Forstgesellschaften in Schlitz. Mitt. flor.-soz. ArbGemein. N.F. 4: 160-165.
- Sissingh, G., 1939. Het exotenvraagstuk en de plantensociologie. Ned. BoschbTijdschr. 12.
- Sissingh, G., 1950. Onkruid-associaties in Nederland. Diss. Wageningen; Versl. landbouwk. Onderz. Ned. 56.15.
- Staatsbosbeheer, 1926. De zandverstuivingen bij Kootwijk in woord en beeld. Utrecht.
- Stapelveld, E., 1955a. *Ptilium crista-castrensis* (L) De Wet in Drente. Buxbaumia 9 (1, 2).
- Stapelveld, E., 1955b. Over de mossen in Drentse lariksbossen en hun oecologie. Buxbaumia 9 (3,4): 38-48; Med. biol. St. Wijster.
- Stapelveld, E., 1956. De bodemvegetatie van lariksbossen in Drente. Dodonaea 23: 290-305.
- Stevenson, Greta, 1959. Fixation of nitrogen by non-nodulated seedplants. Ann. Bot. N.S. 23: 622-635.
- Stoutjesdijk, P., 1959. Heath and inland dunes of the Veluwe. Diss. Utrecht; Wentia 2: 1-96.
- Traets, J., 1959. Verklarende tekst bij het kaartblad Kalmthout, 6E van de Vegetatiekaart van België.
- Traets, J., 1960. idem kaartblad Kalmthoutse Hoek, 6W van de Vegetatiekaart van België.
- Tüxen, R., 1950. Neue Methoden der Wald- und Forstkartierung. Mitt. flor.-soz. ArbGemein. N.F. 2: 217.
- Tüxen, R., 1954. Pflanzengesellschaften und Grundwasserganglinien. Angew. PflSoziol. 8: 31-36.
- Tüxen, R., 1955. Das System der nordwestdeutschen Pflanzengesellschaften. Mit. flor.-soz. ArbGemein. N.F. 5: 155-176.
- Tüxen, R. & W. Jahns, 1962. *Ranunculus hederaceus* and *Corydalis claviculata* im Gebiet der Mittel-Weser. Mitt. flor.-soz. ArbeitGemein. N.F. 9: 20-25.
- Vlieger, J., 1935. Het belang van plantensociologische overwegingen voor het boschbedrijf. Ned. BoschbTijdschr. 8: 130-138, 377-392.
- Vlieger, J., 1936. Over enkele natuurlijke en door den invloed van den mensch ontstane bosschen. Natuurw. Tijdschr. 18: 130-138.
- Vries, D. M. de, J. P. Baretta & G. Hamming, 1954. Constellation of frequent herbage plants, based on their correlation in concurrence. Vegetation 5-6: 105-111.
- Werf, S. van der, 1962. Vegetatie-onderzoek in enige dennenbossen op de Veluwe. Jaarb. K. ned. bot. Veren.
- Westhoff, V., 1954. Die Vegetationskartierung in den Niederlanden. Veröff. Kärnter Inst. angew. PflSoziol. Festschrift Aichinger 2: 1223-1231.
- Westhoff, V., 1957. Een gedetailleerde vegetatiekartering van een deel van het bosgebied van Mid-dachten. Veenman, Wageningen.
- Westhoff, V., 1958. Boden- und Vegetationskartierungen von Wald- und Forstgesellschaften im *Quercion robori-petraeae*-Gebied der Veluwe (Niederlande). Angew. PflSoziol. 15: 23-30; Meded. Rivon 35.
- Westhoff, V., 1960. Bosmieren en mierenbossen. Levende Nat. 63: 121-128; Onderz. Natuurbeh. Rivon, 1.
- Westhoff, V. & J. N. Westhoff-De Jongcheere, 1942. Verspreiding en nestoecologie van de mieren in de Nederlandsche bosschen. Tijdschr. Plziekt. 48; Meded. Com. Bestud. Bestrijd. InsectPlag. Bosschen 9.
- Westhoff, V., M. F. Mörzer Bruijns & S. Segal, 1959. The vegetation of Scottish pine woodlands and Dutch artificial coastal pine forests; with some remarks on the ecology of *Listera cordata*. Acta bot. neerl. 8 (4).

- Wittich, W., H. J. Fiedler & H. H. Krauss, 1960. Möglichkeiten der Produktionsteigerung in der Forstwirtschaft durch Düngung und die sich daraus ergebenden Forschungsprobleme. Sber. dt. Akad. Landwiss. 9 (6).
- Zoller, H., 1956. Die natürliche Grossgliederung der fennoscandischen Vegetation und Flora. Ber. geobot. Forsch. Inst. Rübél 1955.
- Zonneveld, I. S., 1959. Het verband tussen bodem- en vegetatie-onderzoek. Boor & Spade 10: 38-58.
- Zonneveld, I. S., 1960. De Brabantse Biesbosch, een studie van bodem en vegetatie van een zoetwater-getijdendelta. Diss. Wageningen; Versl. landbk. Onderz. 65.2; Bodemk. Stud. 4.
- Zonneveld, I. S., 1963. Vegetatie en bodem van het Speulderbos. Jaarb. K. ned. bot. Veren.
- Zonneveld, I. S., 1966. Zusammenhänge Forstgesellschaft-Boden, Hydrologie und Baumwuchs in einigen niederländischen *Pinus*-Forsten auf Flugsand und auf Podsolen. In: Anthropogene Vegetation, Junk, Den Haag, p. 312-335.
- Zonneveld, I. S. & H. N. Leijds, 1961. Groeiend veen op het Kootwijkse stuifzand. Levende Nat. 64: 247-253.
- Zonneveld, I. S., 1965. Studies van landschap, bodem en vegetatie in het westelijk deel van de Kalmthoutse Heide. Boor & Spade 14: 216-238.

Verder moge verwezen worden naar de volgende rapporten die op aanvraag bij de desbetreffende instituten verkrijgbaar zijn (voor zover voorradig):

- Bannink, J. F., 1963. De vegetatie in Douglasbossen. Intern rapport Stichting voor Bodemkartering Wageningen.
- Bannink, J. F. & I. S. Zonneveld, 1960. Voorlopig rapport van het vegetatie-onderzoek in 1958 en 1959. Intern rapport Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Goor, C. P. van, 1966. Productieniveau-onderzoek voor Douglas. Intern rapport Stichting Bosbouwproefstation 'De Dorschkamp', Wageningen.
- Goor, C. P. van, P. Zonderwijk & J. van der Drift, 1957. Chemische bestrijding van enkele grassen en houtige gewassen in de bosbouw (Chemische Bekämpfung einiger Gräser, Sträucher und Holzarten im Waldbau). Uitvoerig Verslag Bosbouwproefstation 'De Dorschkamp' 3, Wageningen.
- Kuipéri, H. G., 1937. Plantensociologie en stuifzandbebossing op de Veluwe. Ingenieursscriptie afdeling Plantensystematiek en -Geografie van de Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Lynden, K. R. baron van, 1958. De bodemgesteldheid van de boswachterij Kootwijk. Rapport 493, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Lynden, K. R. baron van, 1962. De bodemgesteldheid van de boswachterijen Hoenderlo en Ugchelen. Rapport 569, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Schelling, J., 1955. Stuifzandgronden. Uitvoerig verslag Bosbouwproefstation TNO, Band 2, Verslag nr. 1, Wageningen.
- Zonneveld, I. S. & J. F. Bannink, 1960. Studies van bodem en vegetatie op het Nederlandse deel van de Kalmthoutse Heide. Intern rapport Stichting voor Bodemkartering 2429, Wageningen.
- Zonneveld, I. S. & H. N. Leijds, 1963. Oecologische toetsing van de bodemgesteldheid met behulp van de vegetatie in een deel van de gemeente Horst. Intern rapport Stichting voor Bodemkartering 3268, Wageningen.

## **Bijlagen**

## Bijlage I. Code voor bodemeenheden

### 1. Bodemkundige hoofdonderscheidingen

- S = Duinvaaggronden, hetzij kalkloze stuifzandgronden, hetzij kalkrijke tot kalkhoudende duinzandgronden  
H = Haarpodzolgronden (zeer droge humus podzolgronden)  
H = Veldpodzolgronden (overige humuspodzolgronden), soms met moerige bovengrond  
Y = Moderpodzolgronden (humusijzerpodzolen)  
Z = Gooreerd- en beekerdgronden (beekdalgronden)  
V = Madeveengronden (veengronden)

### 2. Onderverdeling van duinvaaggronden

*naar humositeit:*

- hS... = humushoudend tot humeus (> ca. 2% humus)  
aS... = humusarm tot humusloos (ca. 2% humus)

*naar gemiddelde hoogste grondwaterstand  
GHG:*

- ...z = > 180 cm  
...d = 80–180 cm  
...v = 40–80 cm  
...n = < 40 cm

*naar dikte van het stuifzanddek:*

- ...0 = 0–40 cm  
...1 = 40–100 cm  
...3 = 100–180 cm  
...5 = > 180 cm

*naar ligging stuifzanddek:*

- ...p = op oud bodemprofiel (podzol)  
...z = op minerale C (uitgestoven laagte)

*naar kalkgehalte*

- ...(A) = kalkarme bovengrond, kalkhoudendheid beginnend tussen 80 en 120 cm  
...(B) = idem, tussen 40 en 80 cm  
...(C) = idem, tussen 5 en 40 cm  
...(D) = profiel kalkhoudend vanaf 0 à 5 cm

### 3. Onderverdeling andere gronden

*naar aard van bovengrond:*

- c... = cultuurdek  
b... = bruine bovengrond

## Appendix I. Code for soil units

### 1. Main pedologic units

- 'Duin' vague soils, either calcium carbonate-free blown sands or sandy dune soils more or less rich in carbonate  
'Haar' Podzol soils (very dry humus podzol soils)  
'Veld' Podzol soils (other humus podzol soils, sometimes with peaty upper layer)  
'Moder' Podzol soils (humus-iron podzols)  
'Goor' earth and 'Beek' earth soils (river valley soils)  
'Made' peat soils

### 2. Subdivision of 'Duin' vague soils

*according to humosity:*  
> 2% organic matter

ca. 2% organic matter

*according to mean highest watertable:*

*according to thickness blown sand layer:*

*according to position sand cover:*

- on old soil profile (podzol)  
on mineral C (blown-out depression)

*according to CaCO<sub>3</sub> content:*

- topsoil poor in CaCO<sub>3</sub>, entering between 80 and 120 cm  
ditto, entering between 40 and 80 cm  
ditto, entering between 5 and 40 cm  
CaCO<sub>3</sub> already starting between 0 and 5 cm

### 3. Subdivision of other soil types

*according to character of topsoil:*

- cultivation layer  
brown topsoil

*bij veldpodzolen (H) met moerige bovengrond of bij madeveengronden (V):* *for 'Veld' Podzol soils (H) with peaty top-soil, and for 'Made' peat soils (V):*  
 v... = moerige bovengrond (A1) peaty topsoil (A1)  
 m... = mildere humus in de A1 less acid organic matter in A1  
 a... = kleiarne madeveengronden 'made' peat soils poor in clay

*naar gemiddelde hoogste grondwaterstand GHG:* *according to mean highest groundwater:*  
 voor gooreerd- en beekerdgronden (Z) en voor madeveengronden (V): als onder 2  
 voor de podzolgronden (H, H en Y): *for 'Goor' earth and 'Beek' earth soils (Z) and for 'Made' peat soils (V): see under 2 for the podzol soils (H, H and Y):*

...z = > 180 cm  
 ...d = 80-180 cm  
 ...m = 60-80 cm  
 ...v = 40-60 cm  
 ...n = < 40 cm

*naar korrelgrootte (gekaracteriseerd door zandmediaan M50): eerste cijfer:* *acc. to granular composition (characterized by sand median M50): first figure:*

1	2	3	4	5	6	7	8
50-105 µm	50-150 µm	105-150 µm	105-210 µm	150-210 µm	150-420 µm	210-420 µm	420-2000 µm
uiterst		zeer		matig		matig	zeer
fijnzandig		fijnzandig		fijnzandig		grofzandig	grofzandig
extremely		very		moderately		moderately	very
fine		fine		fine		coarse	coarse

*naar de lemigheid van het zand: tweede cijfer:* *according to silt + clay fraction (< 50 µm): second figure:*

1	2	3	4	5	6	7	8
0-10%	0-17%	10-17%	10-32%	17-32%	17-50%	32-50%	> 50%
leemarm		zwak lemig		sterk lemig		zeer sterk	leem
poor in		slightly		strongly		lemig	loam
loam		loamy		loamy		very strongly	loamy

*naar ondergrond bij gooreerd- en beekerdgronden (Z):* *according to subsoil for 'Goor' earth and 'Beek' earth soils (Z):*  
 ...g = roest ondieper dan 35 cm rust at less than 35 cm deep

*naar ondergrond bij normale veldpodzolgronden (H):* *according to subsoil for normal 'Veld' podzol soils (H):*  
 ...a = B-horizont humusarm B horizon poor in organic matter

*naar diepte van begin andere geologische formatie (podzolgronden H, H en Y):* *according to depth of other geological formation (podzol soils, H, H and Y):*

I	II	III
tussen 50 en 100 à 120 cm	tussen 100 en 180 cm	dieper dan 180 cm
	(bij zgn. II <sub>0</sub> -leem op 120-280 cm)	(bij zgn. II <sub>0</sub> -leem dieper dan 280 cm)
between 50 and 100-120 cm	between 100 and 180 cm	deeper than 180 cm
	(for 'II <sub>0</sub> -loam' at 120-280 cm)	(for 'II <sub>0</sub> -loam' below 280 cm)

**Bijlage II. Code voor de in Hoofdstuk 4 beschreven vegetatietypen en -varianten**  
**Appendix II. Code for the vegetation types and variants described in Chapter 4**

Code Gezelschap van / Community of

- A1 Rendiermos en Zandgaffeltandmos / *Cladonia* spp. and *Dicranum spurium*  
 A2 Rendiermos en Klauwtjesmos / *Cladonia* spp. and *Hypnum cupressiforme*  
 Ac Struikheide-variant / variant of *Calluna vulgaris*  
 H1 Bronsmos, Klauwtjesmos en Gewoon gaffeltandmos / *Pleurozium schreberi*, *Hypnum cupressiforme* and *Dicranum scoparium*  
 H2 Bronsmos en Groot laddermos / *Pleurozium schreberi* and *Pseudoscleropodium purum*  
 Hv Bosbesvariant / variant of *Vaccinium myrtillus*  
 Hd Bochtige smele-variant / variant of *Deschampsia flexuosa*  
 R1 Bronsmos en Lijsterbes of Bronsmos en Struisgrassen / *Pleurozium schreberi* and *Sorbus aucuparia*, or *Pleurozium schreberi* and *Agrostis* spp.  
 R2 Braam, Stekelvarens en Groot laddermos / *Rubus 'fruticosus'*, *Dryopteris austriaca* + *Dr. spinulosa* and *Pseudoscleropodium purum*  
 RL Kamperfoelie en Braam of Kamperfoelie en Zachte witbol / *Lonicera periclymenum* and *Rubus 'fruticosus'*, or *Lonicera periclymenum* and *Holcus mollis*  
 R3 Zachte witbol, Valse salie en Braam / *Holcus mollis*, *Teucrium scorodonia* and *Rubus 'fruticosus'*  
 R4 Framboos en Braam / *Rubus idaeus* and *R. 'fruticosus'*  
 Z Witte klaverzuring, Hazelaar en Drienvrige muur / *Oxalis acetosella*, *Corylus avellana* and *Moehringia trinervia*  
 K1 Grote brandnetel en stekelvarens / *Urtica dioica* and *Dryopteris austriaca* and *Dr. spinulosa*  
 K2 Dauwbraam, Vlasleewebe en Hondstong / *Rubus caesius*, *Linaria vulgaris* and *Cynoglossum officinale*  
 K3 Dauwbraam en Robertskruid / *Rubus caesius* and *Geranium robertianum*

**Bijlage III. Vegetatie- en bodemspectra in Grovedennenbossen**  
**Appendix III. Vegetation and soil spectra in Scots pine forests**

De vegetatietypen zijn in deze bijlage, behalve in tabel 2, niet in vochtvarianten onderverdeeld.

Voor de betekenis van de benamingen en coderingen van de bodemeenheden zie bijlage I.

De codes voor de vegetatietypen staan in bijlage II. De namen van de bodemtypen zijn gelijk aan die van De Bakker & Schelling (1966).

In veel gevallen is het aantal waarnemingen (n) in de tabellen 1 en 2 groter dan in de overeenkomstige deeltabellen van tabel 3. Waarnemingen waarbij de bodemkundige of vegetatiekundige indelingen minder of anders gedetailleerd waren konden namelijk soms niet in de deeltabellen worden ingepast.

In this appendix the vegetation types have not been divided into moisture variants, except in table 2.

For names and code of soil units see appendix I. The code for vegetation types is in appendix II. Names of soil types agree with those used by de Bakker & Schelling (1966).

Often the number of observations (n) in tables 1 and 2 is higher than in the corresponding parts of table 3. Cases with less detail or detailed in a different way could not always be included in the partial tables.

Tabel 1. Procentuele verdeling van de bodemeenheden over de vegetatietypen voor alle 725 onderzochte meetperken (bodemspectra).

Vegetatietype Vegetation type	Bodemeenheden / Soil units <sup>1</sup>														n
	1	2	3	4	5	6	7	8	9+10	11	12	13	14		
A1	86	14													21
A2	67	22	5	5½											18
Ac	38	12	25	25											8
H1	9	11	5	8	1	12	28	19	6		1				170
H2	5½	11	13	5½	2		21	14	25	3		2			110
Hv				64			8	11	6	11					53
Hd				70			20			10					10
R1	19	6	56	13							6				16
R2	½	1	17	25			17	4	14	10	7	5			195
RL	2		2	10			15	7	2	22	34	5			41
R3			3	9			54	9	6	3	9	6			33
R4							17	67			17				6
Z	10		5	5					15			68	5		19
K1												14	86		7
K2													100		6
K3													100		12
n	61	42	71	122	4	21	134	70	72	39	34	30	25		725

Table 1. Percentile distribution of the soil units over the vegetation types for all 725 investigated plots (soil spectra).

1. De nummering van de bodemeenheden komt overeen met die in tabel 2. / The numbers of the soil units agree with those in Table 2.





8 vochtig en matig droog, lemig moist and moderately dry, loamy	d	1½	3	3	4	0	1	3	16								
	v/m	14	10	6	4	3	3	3	43								
	n/w	30	9	0	1½	1½	0	0	42								
70																	
9 met moerige bovengrond en with peaty top soil and 10 madeveengronden 'Made' peat soils	d	0	0	0	0	0	0	0	0								
	v/m	4	8	3	7	1½	0	1	25								
	n/w	11	29	1	30	0	3	0	75								
72																	
<i>Moderpodzolgronden / 'Moder' Podzol soils:</i>																	
11 zwak lemig slightly loamy	d	8	15	2½	41	23	2½		92								
	v/m	0	0	0	8	0	0		8								
	n/w	0	0	0	0	0	0		0								
39																	
12 sterk lemig very loamy	d	3			3	32	35	6	3	82							
	v/m	0			0	9	3	3	0	15							
	n/w	0			0	3	0	0	0	3							
34																	
<i>13 Beekeerdgronden / 'Beek' earth soils:</i>																	
14 Kalkrijke duinvaaggronden (kalkhoudende duinzandgronden) / Calcareous 'Duin' vague soils (calcareous dune sand soils):	d	0			0	0	0	0	3	3							
	v/m	7			13	3	0	7	0	30							
	n/w	0			20	3	7	37	0	67							
7																	
33																	
6																	
7																	
44																	
3																	
30																	
0																	
4																	
0																	
12																	
4																	
8																	
16																	
32																	
4																	
8																	
16																	
32																	
4																	
24																	
48																	
25																	
725																	
Aantal gegevens / Number of data																	
		21	18	8	170	110	53	10	16	195	41	33	6	19	7	6	12

Table 2. Percentile distribution of the vegetation types and moisture variants over the soil units for all plots (vegetation spectra).

1. Vochtindicatie: d = droog, v = vochtig, n = nat.  
Moisture indication: d = dry, m = moist, w = wet.

Tabel 3. Vegetatie- en bodemspectra / Vegetation and soil spectra.

Vegetatiespectra / Vegetation spectra		Bodemspectra / Soil spectra																			
Bodemseenheden/ Soil units		Veg. Bodemeenheden / Soil units typ.																			
Vegetatietypen/Vegetation types																					
<i>Kalkloze duinvaaggronden / Non-calcareous 'Duin' vague soils</i>																					
		A1	A2	H1	H2	R1	R2	RL	n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	n
1	hS(z/d)(1,3)p				8	15	77	13	A1					6	12	6	12	18	47	17	
2	hS(z/d)5p		4	28	12	52	4	25	A2				14	7	14	14	28	22	14		
3	hS(z/d)(1,3,5)z		11	33	44	11		9	H1		3	3	14	14	3	43	11	11	37		
4	hS(z/d)Oz			83	17			6	H2	4	26	11	4	37	7	7		4	27		
5	aS(z/d)(1,3)p	6	11	28	55			18	R1	22	33	44							9		
6	aS(v/n)(1,3)p	33	17	17	33			6	R2	40	52	4				4			25		
7	aS(v/n)5p		100					2	RL	100									1		
8	aS(z/d)5p	4‡	9	73	9	4‡		22	n	13	25	9	6	18	6	2	22	10	11	8	130
9	aS(z/d)(1,3)z	20	40	40				10													
10	aS(z/d)5z	27	27	37	9			11													
11	aS(z/d)Oz	100						8													
n		17	14	37	27	9	25	1	130												
<i>Haarpodzolgronden / 'Haar' Podzol soils</i>																					
		A2	Ac	H1	H2	Hv	Hd	R1	R2	RL	R3+Z	n									
Hz41 II	2	4	2	32	6	4	50		A2			50							1		
Hz41 III		4	4	7	52	7	26		Ac			27		100					1		
Hz41 I + 42				33			67		H1		15	9		8					13		
Hd41 + 51		37	11				22	11	H2		17	27		33					6		
n		1	1	13	6	33	5	2	Hv		49	113		42		9			33		
									Hd		60			40					5		
									R1		100								2		
									R2		57			16		14			44		
									RL										100		
									R3+Z										100		
									n		50			27		9			27		133

Бодом- еенheden/ Soil units	Veg. Bodemeenheden / Soil units typ.																																	
	Veldpodzolgronden / 'Veld' Podzol soils																																	
Bodem- eenheden/ Soil units	Vegetatietypen / Vegetation types																																	
	H1	H2	Hv	Hd	RL	R3	+4	n	Hn	Hn	Hn	Hn	Hn	Hv	Hm/	Hm/	Hm/	Hm/	Hm/	Hv	Hv	Hv	Hv	Hm/	Hm/	n								
	51	53	33	35	7	7	7	4	H1	H2	Hv	Hd	RL	R3	+4	n	4	1	13	7	8	25	31	56	14	1	1	15	8	32	13	229		
Hn51	50	50						4	H1							4	1	15	20	11	1	1	12	8			10	102						
Hn53	100							1	H2							1	10	15	7	22		7					22	7	40					
Hn33	100							13	Hv							10	30										60	10	10	2				
Hn35	100							7	Hd							100																		
Hv31a	12	50						8	R2							5	10	20	35	12	12						17	40						
Hm/v51	60	24						25	RL							11	33	22									33	9						
Hm/v31	64	10						31	R3+4								69	4									27	26						
Hm/v42	20	16	2	25	5	33	56		n							4	1	13	7	8	25	31	56	14	1	1	15	8	32	13	229			
Hm42	7	21	14	36	14	7	14	134																										
Hv53	100							1																										
Hv55	100							1																										
Hv35	80	20						15																										
Hv35a	100							8																										
Hm/v44	28	19	22	9	22	32																												
Hm33	77	23						13	70																									
n	102	40	10	2	40	9	26																											

Veldpodzolgronden met moerige bovengegrond + madeveengronden / 'Veld' Podzol soils with peaty topsoil + 'Made' peat soils

Veldpodzolgronden met moerige bovengegrond + madeveengronden / 'Veld' Podzol soils with peaty topsoil + 'Made' peat soils	Veg. Bodemeenheden / Soil units typ.																	
	Veldpodzolgronden met moerige bovengegrond + madeveengronden / 'Veld' Podzol soils with peaty topsoil + 'Made' peat soils																	
	H1	H2	Hv	R2	RL	R3	Z	n	vHv44	mHn37	vHn37	vHn44	vHn41	mHn33	vHn41	aVn41	n	
vHv44			75	25				4	H1								18	11
mHn37	8	38	54					13	H2	9	4	15	26	11	7		27	
vHn37		33	67					3	Hv	19		100					3	
vHn44		44	33	22				9	R2	26	7	7	41	7			27	
vHn41	28	24	38	7	3	29			RL	11							1	
mHn33		60	40					5	R3	100							2	
vHn41	29	71						7	Z								1	
aVn41		100						2										
n	11	27	3	27	1	2	1	72	n	4	13	3	9	5	7	2	72	

Table 3. Vegetatie- en bodemspectra (vervolg) / Vegetation and soil spectra (continued).

Vegetatiespectra / Vegetation spectra				Bodemspectra / Soil spectra			
Bodem- Vegetatietypen / Vegetations types				Veg. Bodemeenheden / Soil units			
eenheden/ Soil units				typ.			
<i>Moderpodzolgronden - Moder Podzol soils</i>							
H1	H2	Hv	Hd	R2	RL	Z3	n
Yz42	33	67					HI
Yz44/45	10		60	10	20	10	H2
Yz23			40	60		5	Hv
Yz25			44	56		9	Hd
Yz73		9	4	74	13	23	R2
Yz75			29	71		7	RL
n	1	2	6	1	31	17	Z3
							n
Yz42				6			6
Yz44/45			100				10
Yz23							5
Yz25							9
Yz73							23
Yz75							7
n							60
<i>Beekeerdgronden / 'Beek' earth soils</i>							
H2	R2	RL	R3	Z	Z	n	n
Zn33g	10	35	5	10	40	20	2
bZn35g		25			75	4	8
n	2	8	1	2	11	24	1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11
							24
Zn33g							2
bZn35g							8
n							1
							2
							11

**Bijlage IV. Grove den: verband tussen boomhoogte en vegetatietype op verschillende bodemeenheden**

**Appendix IV. Scots pine: relation between height and vegetation type on different soil units**

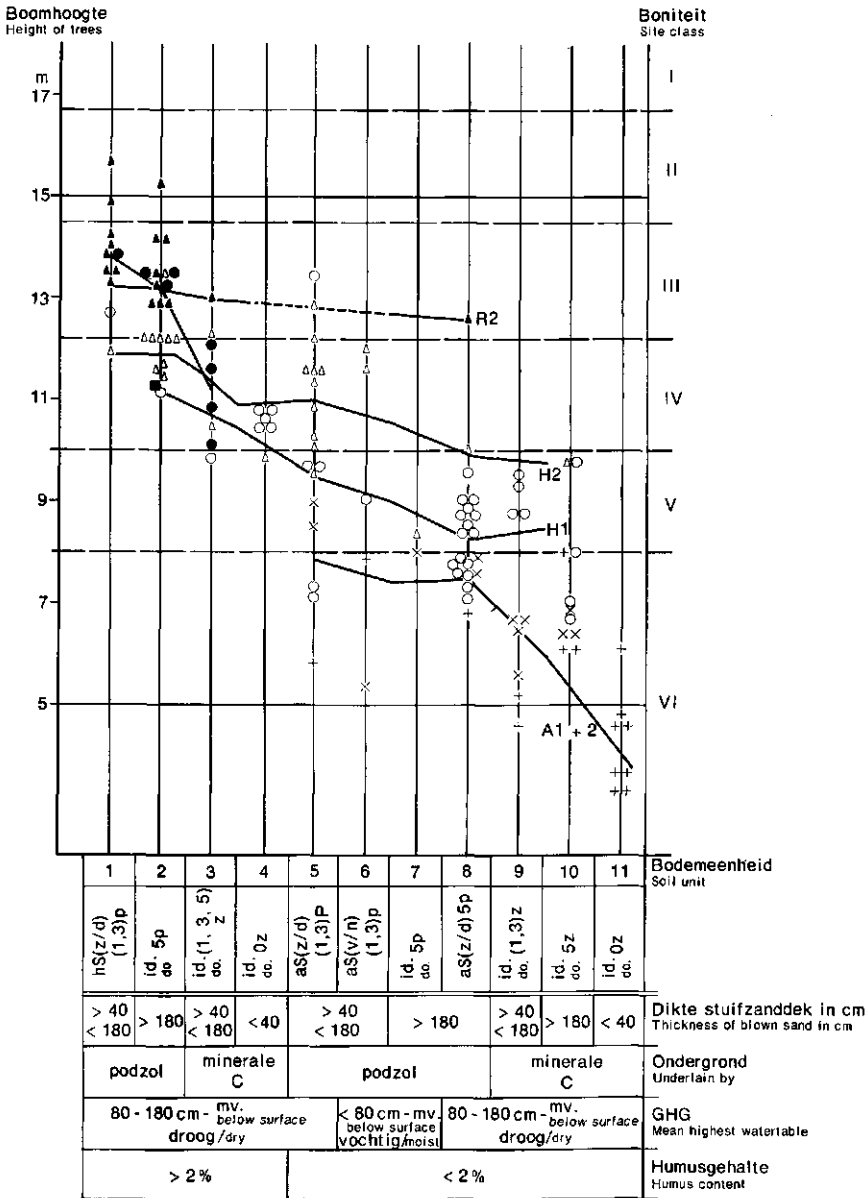
Verklaring van de voor de vegetatietypen gebruikte symbolen

Grafieken	1, 3 & 4	2
+	A1	
×	A2	
○	H1	H1
△	H2	H2 + Hv
□	Hv	
▽	Hd	
●	R1	
▲	R2	R1 + R2
■	RL	
◆	R3	R3 + RL
⊙	Z	

Graphs 1, 3 & 4 2

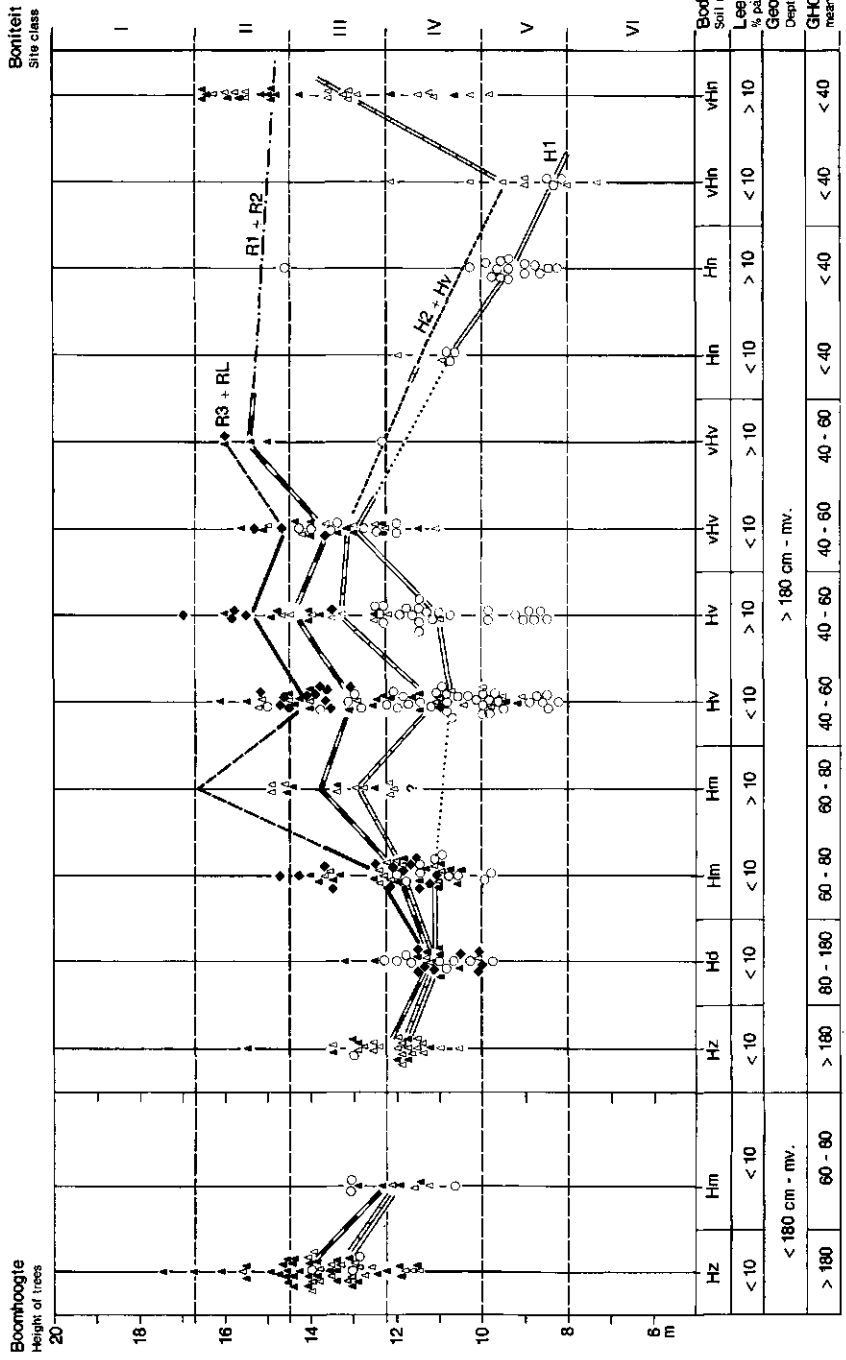
Symbols used for indicating the vegetation types

1. Duinvaaggronden in de gebieden Kootwijk en Kootwijk-radio. Bij de gemiddelde lijnen zijn in de bodemeenheden 3 + 4, 6 + 7 en 9 + 10 paarsgewijs samengenomen.



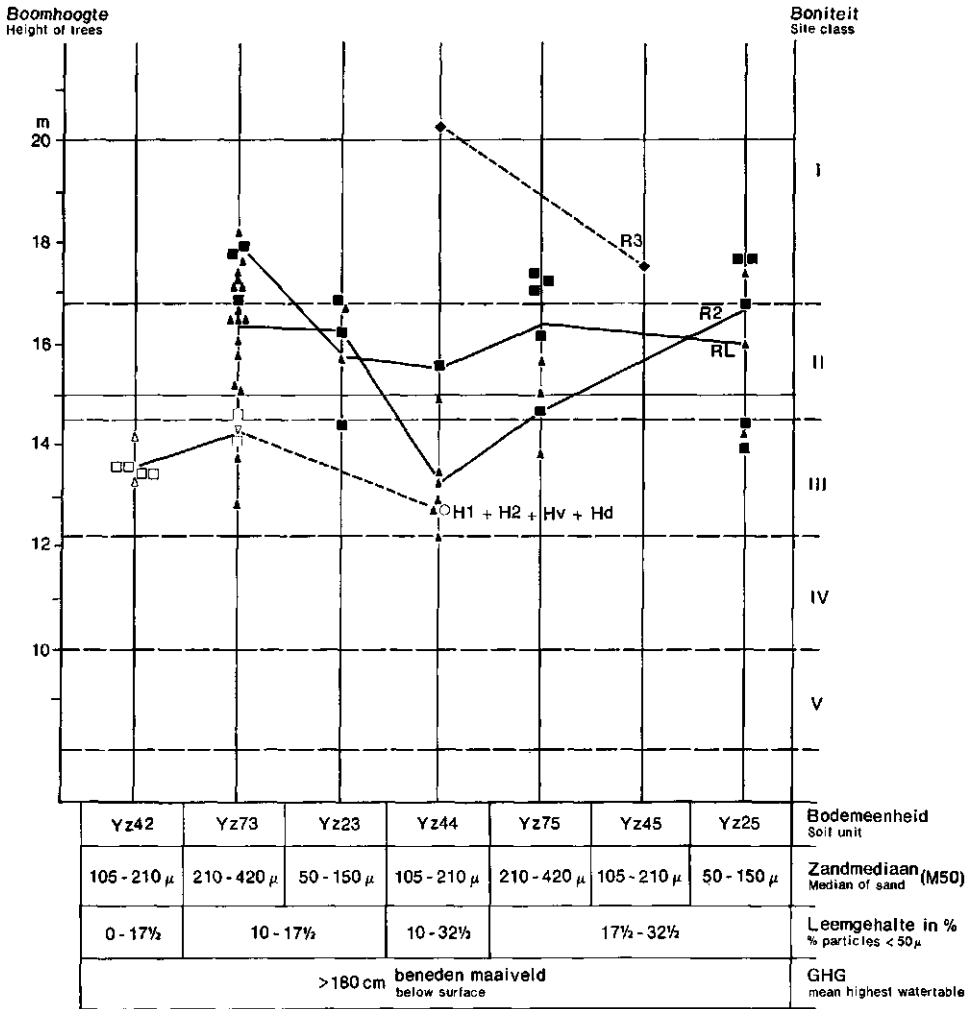
1. 'Duin' vague soils in the sample areas Kootwijk and Kootwijk-radio. For drawing the average value lines the soil units 3 + 4, 6 + 7 and 9 + 10 were taken in pairs.

2. Humuspodzolgronden (haarpodzolgronden en veldpodzolgronden, de laatste deels met een moerige bovengrond) in de gebieden De Rips, Aschepot, Het Mastbos, Erp, Heeze en Chaam.



2. Humus Podzol soils ('Haar' and 'Veld' Podzol soils, the latter partly with a peaty topsoil) in the areas De Rips, Aschepot, Mastbos, Erp, Heeze and Chaam.

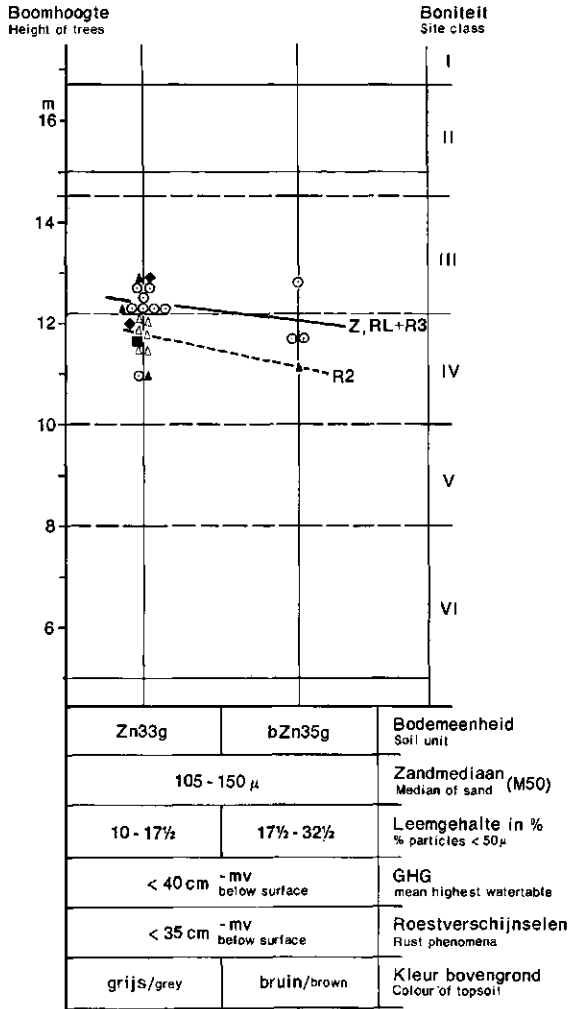
### 3. Moderpodzolgronden in de gebieden Speulde en Ugchelen.



### 3. Moder Podzol soils in the Speulde and Ugchelen areas.



#### 4. Beekerdgronden in het gebied Erp.



#### 4. 'Beek' earth soils in the Erp area.

**Bijlage V. Voorlopige boniteitstabellen voor *Pinus sylvestris* gebaseerd op bodem en vegetatie**

**Appendix V. Preliminary site-class tables for *Pinus sylvestris* based on soil and vegetation**

De gegevens voor deze tafels zijn gebaseerd op de grafieken uit bijlage IV, die betrekking hebben op waarnemingen en schattingen bij ruim 600 proefvelden. Daar de betrokken opstanden opgegroeid zijn uit zaad van verschillende herkomst, en gezien het grote aantal variabelen, is dit aantal niet voldoende geweest voor een statistisch over de gehele linie betrouwbaar resultaat.

The data for these tables have been calculated with the aid of the graphs in Appendix IV, based on measurements and estimates from some 600 plots. The seeds from which these plots have been reared were of various origin, and keeping in mind the great number of varying ecological factors, this number has been too small for an always statistically reliable result.

Tabel 1. Spreiding van de boniteiten over de vegetatietypen en de bodemeenheden.

Bodemeenheden/ Soil type	Vegetatietypen / Vegetation types											
	A1	A2	Ac	H1	H2	Hv	Hd	R1	R2	RL	R3	Z
<i>Kalkloze duinvaaggronden / Non-calcareous 'Duin' vague soils</i>												
hS(z/d)(1,3)p					IV			III	III	II?		
hS(z/d)5p				IV	IV			III	III			
hS(z/d)(1,3,5)z				IV	IV			IV	III			
hS(z/d)Oz				IV	IV			IV?	III?			
aS(z/d)(1,3)p	VI	V		V	IV							
aS(v/n)(1,3)p	VI	VI		V	IV							
aS(v/n)5p	VI	VI		V?	V							
aS(z/d)5p	VI	VI		V	V			IV?	III?			
aS(z/d)(1,3)z	VI	VI		V	V?							
aS(z/d)5z	VI	VI		VI	V							
aS(z/d)Oz	VI	VI		VI	V							
<i>Haarpodzolgronden / 'Haar' Podzol soils</i>												
H <sub>z</sub> 41 II		III	III?	III	III	III	III	III	II/III			
H <sub>z</sub> 41 III		IV	IV	?	IV	IV	III/IV	?	III			
H <sub>z</sub> 41									III			
H <sub>d</sub> 42						IV	?	?	III/IV			
H <sub>d</sub> 41				IV	IV	?	?	?	IV	IV		IV
H <sub>d</sub> 51					IV	?	?	?	IV			
<i>Veldpodzolgronden / 'Veld' Podzol soils</i>												
H <sub>m</sub> /v44					III	III	III?		III	II		II
H <sub>m</sub> /v41				IV	III	III?	III?		III	III		III
H <sub>m</sub> /v42					III	III	III		III	III		III
H <sub>m</sub> /v33					III							
H <sub>m</sub> /v51				III	III							
H <sub>m</sub> /v35				IV	IV		?					IV
H <sub>m</sub> /v53				IV	IV							
H <sub>m</sub> /v55				IV	IV							
H <sub>n</sub> 51				IV	IV							



Table 2. Globale boniteitstabel voor Grove den naar bodemeenheid en vegetatietype.

Bodemeenheden / Soil units	Vegetatietypen / Vegetation types											
	A1	A2	Ac	H1	H2	Hv	Hd	R1	R2	RL	R3	Z
<i>Kalkarme duinvaaggronden / Non-calcareous 'Duin' vague soils</i>												
humusarm tot humusloos / poor in or devoid of organic matter	VI	VI	VI	V	V							
humushoudend / slightly humose	VI	V	V	V	V				→ IV?			
humus / strongly humose			V	IV	IV	IV	IV	III	III	II	II	
<i>Haarpodzolgronden / 'Haar' Podzol soils</i>												
in Brabant			IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
op de Veluwe / on the Veluwe		IV	IV	IV	III	III	III	III	III	II	?	
<i>Yeldpodzolgronden / 'Yeld' Podzol soils</i>												
nat, < 10% leem / wet, < 10% loam				V	IV	III		→ ?				
nat, > 10% leem / wet, > 10% loam				V	IV	III		→ ?				
vochtig en matig droog, < 10% leem			IV	IV	III	III	III	III	III	III	II?	
moist and moderately dry, < 10% loam				III	III	III	III	III	III	III	II	
vochtig en matig droog, > 10% leem												
moist and moderately dry, > 10% loam				IV	IV	IV	III	III	II/III	II/III	II/III	
met moerige bovengrond / with peaty topsoil				IV	IV	IV	→ ?					
<i>Madeveengronden / 'Made' peat soils</i>												
<i>Moderpodzolgronden / 'Moder' Podzol soils</i>												
zwak lemig / slightly loamy			III	III	III	III	III	III/III	III/III	II	I	I?
sterk lemig / strongly loamy			III	III	III	III	III	III/III	III/III	II	I	I?
<i>Beekveengronden / 'Beek' earth soils</i>												
			IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III	III

Table 2. Rough site class table for Scots pine according to soil unit and vegetation type.

**Bijlage VI. Lijst van soorten en socio-ecologische groep waartoe ze behoren (naaldhoutbos)**

**Appendix VI. List of species, and corresponding socio-ecological group (conifer forest)**

Latijnse naam/ Latin name	Nederlandse naam/ Dutch name	Socio-occo- logische groep <sup>1</sup> in		Latijnse naam/ Latin name	Nederlandse naam/ Dutch name	Socio-occo- logische groep <sup>1</sup> in	
		licht bos	donker bos			licht bos	donker bos
<i>Phanerogamen</i>							
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Esdoorn	L12	D7	<i>Epilobium hirsutum</i>	Harig wilgeroosje	L24	
<i>Achillea millefolium</i>	Duizendblad	L16		<i>Epilobium montanum</i>	Bergbasterdwederik	L12	D9
<i>Aegopodium podagraria</i>	Zevenblad	L14		<i>Epipactis helleborine</i>	Wespenorchis	L10	
<i>Aesculus hippocastanum</i>	Paardekastanje	L16		<i>Equisetum hiemale</i>	Schaafstro	L15	
<i>Agropyron littorale</i>	Strandkweek	L20b		<i>Equisetum palustre</i>	Lidrus	L24	
<i>Agrostis canina</i>	Kruipend struisgras			<i>Erica tetralix</i>	Dopheide	L22a	D10
var. <i>fascicularis</i>	(var.)	L23		<i>Eupatorium cannabinum</i>	Leverkruid	L24	
<i>var. arida</i> (ssp. <i>montana</i> )	(var.)	L4a	D7	<i>Euonymus europaeus</i>	Kardinaalsmuts	L21	
<i>Agrostis tenuis</i>	Gewoon struisgras	L5	D6	<i>Fagus sylvatica</i>	Beuk		D4
<i>Ajuga reptans</i>	Zenegroen	L24		<i>Festuca ovina</i>	Schapegras	L4a	
<i>Ainus glutinosa</i>	Zwarte els	L24		<i>Festuca rubra</i>	Rood zwenkgras	L4a	
<i>Alopecurus pratensis</i>	Vossestaart	L13		<i>Filipendula ulmaria</i>	Moerasspirea	L24	
<i>Amelanchier laevis</i>	Drents krenteeboompje	L4a	D4	<i>Fragaria vesca</i>	Bosaardbei	L12	
<i>Ammophila arenaria</i>	Helm	L20b		<i>Frangula alnus</i>	Vuilboom (Sporkehout)	L22b	D3
<i>Annocalamagrostis baltica</i>	Noordse helm	L20b		<i>Fraxinus excelsior</i>	Es	L15	
<i>Anemone nemorosa</i>	Bosanemoon	L12		<i>Galeopsis tetrahit</i>	Hennepnetel	L12	D5
<i>Angelica sylvestris</i>	Engelwortel	L24		<i>Galium aparine</i>	Kleefkruid	L14	
<i>Athoxanthum odoratum</i>	Reukgras	L4a		<i>Galium hercynicum</i>	Liggend walstro	L6a	D6
<i>Anthriscus sylvestris</i>	Fluiterkruid	L15		<i>Galium mollugo</i>	Glad walstro	L16	
<i>Arctium lappa</i>	Grote klis	L14		<i>Galium palustre</i>	Moeraswalstro	L24	
<i>Asparagus officinalis</i>	Asperge	L21		<i>Galium verum</i>	Echt walstro	L16	
<i>Athyrium filix-femina</i>	Wijfjesvaren	L24	D11	<i>Genista anglica</i>	Stekelbrem	L4a	
<i>Atriplex patula</i>	Uitstaande melde	L24		<i>Genista pilosa</i>	Kruipbrem	L4a	
<i>Betula pubescens</i>	Zachte berk	L24		<i>Gentiana pneumonanthe</i>	Klokjessgentiaan	L22b	
<i>Betula verrucosa</i>	Ruwe berk	L5	D3	<i>Geranium robertianum</i>	Robertskruid	L15	
<i>Blechnum spicant</i>	Dubbelloof	L23		<i>Geum urbanum</i>	Nagelkruid	L15	
<i>Bryonia dioica</i>	Hegerank	L21		<i>Glechoma hederacea</i>	Hondsdraf	L15	
<i>Calamagrostis canescens</i>	Pluimstruisriet	L24		<i>Goodyera repens</i>	Denmenorchis	L19	

Calamagrostis epigejos	Duinriet	L20a	Hedera helix	Klimop	L12	D9
Calluna vulgaris	Struikheide	L1	Heracleum sphondylium	Bereklauw	L15	
Campanula rapunculoides	Akkerklokje	L16	Hieracium pilosella	Muizeoortje	L4b/L4a	
Cardamine pratensis	Pinksterbloem	L24	Hieracium umbellatum	Schermbhavikskruid	L10	
Carduus crispus	Kruldistel	L15	Hippophaë rhamnoides	Duindoorn	L21	
Carduus nutans	Knikkende distel	L16	Holcus lanatus	Witbol	L8	D7
Carex arenaria	Zandzegge	L4b	Holcus mollis	Zachte witbol	L10	
Carex nigra	Gewone zegge	L23	Humulus lupulus	Hop	L14/L24	
Carex ptiluifera	Pilzegge	L4a	Hydrocotyle vulgaris	Waternavel	L23	
Carex trinervis	Drienerfve zegge	L21	Ilex aquifolium	Hulst	L10	
Castanea sativa	Tamme kastanje	L6a	Juncus conglomeratus	Biezeknoppen	L23	
Cerastium arvense	Akkerhoornbloem	L16	Juncus effusus	Pitrus	L23	
Cerastium holsteoides	Hoornbloem	L13	Juncus squarrosus	Trekrus	L23	
Cirsium arvense	Akkerdistel	L14	Juniperus communis	Jeneverbes	(L1)	
Cirsium palustre	Kale jonker	L24	Lamium album	Witte dovenetel	L14	
Convallaria majalis	Lelietje van dalen	L12	Larix spp.	Lorkensoorten		D4
Cornus sanguinea	Rode kornoelje	L16	Ligustrum vulgare	Liguster	L21	
Corydalis claviculata	Rankende helmbloem	L10	Linaria vulgaris	Vlasleeuwebek	L16	
Corylus avellana	Hazelaar	L12	Linnaea borealis	Linnaeusklokje	L19	
Corynephorus canescens	Buntgras	L4b	Listera cordata	Kleine keverorchis	L19	
Crataegus monogyna	Eénstijlige meidoorn	L12	Listera ovata	Keverorchis	L15	
Crataegus oxyacantha	Tweestijlige meidoorn	L12	Lonicera periclymenum	Wilde kamperfoelie	L9	D8
Cynoglossum officinale	Hondstong	L20a	Lotus corniculatus	Rolklaver	L16	
Dactylis glomerata	Kropaar	L16	Lotus uliginosus	Moerasrolklaver	L24	
Deschampsia cespitosa	Smele	L24	Luzula campestris	Veldbies	L4a	D7
Deschampsia flexuosa	Bochtige smele	L3	Luzula pilosa	Ruige veldbies	L12	
Digitalis purpurea	Vingerhoedskruid	L7	Lychnis flos-cuculi	Koekoeksbloem	L24	
Dryopteris austriaca	Brede stekelvaren	L7	Lycopodium annotinum	Stekende wolfsklauw	L19	
Dryopteris filix-mas	Mannejesvaren	L12	Lycopodium clavatum	Grote wolfsklauw	L19	
Dryopteris linnaeana	Gebogen beukvaren	L19	Lycopodium complanatum	Kleine wolfsklauw	L19	
Dryopteris spinulosa	Smalle stekelvaren	L7	Lycopodium selago	Dennewolfsklauw	L19	
Echium vulgare	Slangekruid	L21	Lycopus europaeus	Wolfspoot	L24	
Empetrum nigrum	Kraaiheide	L18	Lysimachia vulgaris	Wederik	L24	
Epilobium angustifolium	Wilgeroosje	L8	Lythrum salicaria	Kattestaart	L24	



Latijnse naam/ Latin name	Nederlandse naam/ Dutch name	Socio-occo-lo- gische groep <sup>1</sup> in		Latijnse naam/ Latin name	Nederlandse naam/ Dutch name	Socio-occo-lo- gische groep <sup>1</sup> in	
		licht bos	donker bos			licht bos	donker bos
<i>Maianthemum bifolium</i>	Dalkruid	L6b		<i>Sieglingia decumbens</i>	Tandjesgras	L23	
<i>Melandrium rubrum</i>	Dagkoekoeksbloem	L15		<i>Solanum dulcamara</i>	Bitterzoet	L14/L24	D11
<i>Melica uniflora</i>	Eénbloemig parelgras	L16		<i>Solanum nigrum</i>	Zwarte nachtschade		D5
<i>Mentha aquatica</i>	Watermunt	L24		<i>Solidago virgaurea</i>	Guldenroede	L12	
<i>Moechringia trinervia</i>	Drienvervige muur	L12	D8	<i>Sonchus asper</i>	Ruwe melkdistel	L13	
<i>Molinia caerulea</i>	Pijpestrootje	L22a	D10	<i>Sorbus aucuparia</i>	Lijsterbes	L5	D4
<i>Myrica gale</i>	Gagel	L23		<i>Spergula vernalis</i>	Heidespurrie	L4b	
<i>Nardus stricta</i>	Borstelgras	L23		<i>Stachys palustris</i>	Moerasandoorn	L24	
<i>Osmunda regalis</i>	Koningsvaren	L23		<i>Stachys sylvatica</i>	Bosandoorn	L15	
<i>Oxalis acetosella</i>	Witte klaverzuring	L12	D9	<i>Stellaria holostea</i>	Grootbloemige muur	L12	
<i>Pastinaca sativa</i>	Pastinaak	L16		<i>Stellaria media</i>	Muur	L13	D5
<i>Phragmites communis</i>	Riet	L24		<i>Symphoricarpos rivularis</i>	Sneeuwbes	L16	
<i>Picris hieracioides</i>	Bitterkruid	L16		<i>Symphytum officinale</i>	Smeerwortel	L15	
<i>Plantago lanceolata</i>	Smalle weegbree	L16		<i>Taraxacum 'officinale'</i>	Paardebloem	L13	D5
<i>Poa annua</i>	Straatgras		D5	<i>Taxus baccata</i>	Taxus	L12	
<i>Poa pratensis</i>	Beemdgras	L13		<i>Teucrium scorodonia</i>	Valse salie	L10	D9
<i>Poa trivialis</i>	Ruw beemdgras	L13		<i>Torilis japonica</i>	Heggedoornzaad	L16	
<i>Polygonatum multiflorum</i>	Veelbloemige salomons- zegel	L12		<i>Ulmus spp.</i>	Iep	L16	
<i>Polygonatum odoratum</i>	Salomonszegel	L21		<i>Urtica dioica</i>	Grote brandnetel	L14	D8
<i>Polygonum amphibium</i>	Veenwortel	L24		<i>Vaccinium myrtillus</i>	Bosbes	L3	D4
<i>Polygonum dumetorum</i>	Heggeduizendknoop	L16		<i>Vaccinium uliginosum</i>	Rijsbes	L19	
<i>Polygonum persicaria</i>	Perzikkruid	L13	D5	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	Rode bosbes (Vossebes)	L17	
<i>Polypodium vulgare</i>	Eikvaren	L11		<i>Valeriana officinalis</i>	Valeriaan	L24	
<i>Populus alba</i>	Witte abeel	L16		<i>Verbascum spp.</i>	Toortsen	L21	
<i>Populus candidans</i>	Balsempopulier	L16		<i>Veronica chamaedrys</i>	Gewone ereprijs	L16	
<i>Populus tremula</i>	Ratelpopulier (Trilesp)	L6a		<i>Veronica officinalis</i>	Manneijes-ereprijs	L8	
<i>Potentilla erecta</i>	Tormentil	L23		<i>Veronica serpyllifolia</i>	Tijmbladige ereprijs	L13	
				<i>Viburnum opulus</i>	Gelderse roos	L24	D9

Potentilla reptans	Vijfvingerkruid	L24	Vicia sativa ssp. angustifolia	Smalbladige wikke	D5
Prunella vulgaris	Brunel	L13	Vicia cracca	Vogelwikke	L16
Prunus avium	Zoete kers	L11	Vicia hirsuta	Ringelwikke	D5
Prunus padus	Vogelkers	L15	Viola canina	Hondsviooltje	L8
Prunus serotina	Amerikaanse vogelkers	L5	Viola hirta	Ruig viooltje	L16
Prunus spinosa	Sleedoorn	L16	Viola odorata	Maarts viooltje	L16
Pseudotsuga menziesii	Douglaspasp	L6b	Viola riviniana	Rivinus viooltje	D9
Pteridium aquilinum	Adelaarsvaren	L19	Viola tricolor	Driekleurig viooltje	L12 L16
Pyrola minor	Klein wintergroen	L11			
Pyrola rotundifolia	Rondbladig wintergroen				
Quercus robur	Zomereik	D3			
Quercus rubra	Amerikaanse eik	D3	<i>Cryptogamen</i>		
Ranunculus acris	Scherpe boterbloem	L13	Atrichum undulatum	Rimpelmoss	L12
Ranunculus ficaria	Speenkruid	L15	Aulacomnium androgynum	Knopjesmos	L2
Ranunculus repens	Kruipende boterbloem	L24	Aulacomnium palustre	Rood viltmos	L22b
Ribes nigrum	Zwarte bes	L24	Barbilophozia barbata	levermos	L1
Ribes sylvestre	Aalbes	L15	Brachythecium rutabulum	Dikkopmos	L13
Ribes uva-crispa	Kruisbes	L15	Calyptogeia spec. div.	Buidelmossen	D10
Rosa canina	Hondsroos	L16	Campylopus flexuosus	Kronkelsteeltje	L22b
Rosa pimpinellifolia	Duinroos	L21	Cantharellus aurantius	Valse hanekam	D2a
Rubus caesius	Dauwbraam	L15	Cephalozia spec. div.	levermossen	L22b
Rubus 'fruticosus' = R. sectie Morifera excl. subsectie Trivialis	Braam	L8	Ceratodon purpureus	Purpersteeltje	L2
Rubus idaeus	Framboos	L11	Cladonia coccifera var. pleurota	Cladonia's: Rendier- mos en andere korst- mossen	L1
Rumex acetosa	Veldzuring	L13	Cladonia crispata		L1
Rumex acetosella	Schapezuring	L4a	Cladonia floerkeana		L1
Salix spp.	Wilgesoorten	L23	Cladonia foliacea		L1
Sambucus nigra	Vlier	L14	Cladonia furcata		L1
Scutellaria galericulata	Gliedkruid	L24	Cladonia glauca		L1
Scophularia nodosa	Helmkruid	L12	Cladonia gracilis		L1
Senecio jacobaea	Jacobskruid	L16	Cladonia impexa		L1
Senecio sylvaticus	Boskruid	L8	Cladonia macilenta		L1
Senecio vulgaris	Klein kruiskruid	L13	Cladonia mitis		L19
			Cladonia rangiferina		

Latijnse naam Latin name	Nederlandse naam Dutch name	Socio-oeco- logische groep <sup>1</sup> in		Latijnse naam Latin name	Nederlandse naam Dutch name	Socio-oeco- logische groep <sup>1</sup> in	
		licht bos	donker bos			licht bos	donker bos
<i>Cladonia squamosa</i>		L1		<i>Mycena galopoda</i>	Melksteelklokje	D2a	
<i>Cladonia sylvatica</i> var. <i>mitis</i>		L1		<i>Naematoloma fasciculare</i>	Gewone zwavelkop	D2a	
<i>Cladonia tenuis</i>		zie fig. 3		<i>Paxillus involutus</i>	Gewone kruizoo m	D1	
<i>Cladonia uncialis</i>		L1		<i>Phallus impudicus</i>	Stinkzwam	D7	
<i>Climacium dendrooides</i>	Boompjesmos	L24		<i>Plagiothecium laetum</i>	Platmossoort	L2	
<i>Cornicularia aculeata</i>	Kraakloof	L1		<i>Plagiothecium undulatum</i>	Gerimpeld platmos	L2	D3
<i>Dicranella heteromalla</i>	Pluisjesmos	L2		<i>Pleurozium schreberi</i>	Bronsmos	L2	
<i>Dicranum polysetum</i> ( <i>D. rugosum</i> )	Gerimpeld gaffeltandmos	L2		<i>Pohlia nutans</i>	Peermos	L2	D2b
<i>Dicranum scoparium</i>	Gewoon gaffeltandmos	L2	D2b	<i>Polytrichum commune</i>	Gewoon haarmos	L23	
<i>Dicranum spurium</i>	Zandgaffeltand	L1		<i>Polytrichum formosum</i>	Fraai haarmos	L2	D3
<i>Eurhyngium praelongum</i> ( <i>E. stokesii</i> )	Fijn laddermos	L10	D4	<i>Polytrichum juniperinum</i>	Zandhaarmos	L1	
<i>Hypocnium splendens</i>	Etagemos	L19		<i>Polytrichum piliferum</i>	Ruig haarmos	L1	
<i>Hypnum cupressiforme</i>	Klauwtjesmos	L2	D2b	<i>Pseudoscleropodium purum</i>	Groot laddermos	L8	D4
<i>Lactarius cf. camphoratus</i>	Melkzwam	zie fig. 3		<i>Ptilidium ciliare</i>	Gewoon franjemos	L1	
<i>Lactarius rufus</i>	Melkzwam	zie fig. 3		<i>Ptilium crista-castrensis</i>	Struisveermos	L19	
<i>Lepidozia reptans</i>	Neptunusmos	L22b		<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	Riempjesmos	L2	
<i>Leucobryum glaucum</i>	Kussentjesmos	L2	D2b	<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i>	Pluimstaartmos	L16	
<i>Lophocolea bidentata</i>	Kantmossoort	L2	D2a	<i>Russula ochroleuca</i>	Russulasoort	zie fig. 3	
<i>Lophocolea heterophylla</i>	Kantmossoort	L2		<i>Russula valenovskyi</i>	Russulasoort	zie fig. 3	
<i>Mnium affine</i>	Rondbladsterremos	L24		cf. <i>paludosa</i>			
<i>Mnium hornum</i>	Gewoon sterremos	L12	D3	<i>Sphagnum spec. div.</i>	Veenmossoorten	L22a	
<i>Mnium spec. div.</i>	Sterremos-soorten	L16		<i>Thuidium tamariscinum</i>	Thujamos	L23	
				<i>Tortula spec. div.</i>	Kronkeltandmos	L20a	
				<i>Tricholomopsis rutilians</i>	Purpergele ridderzwam	D10	

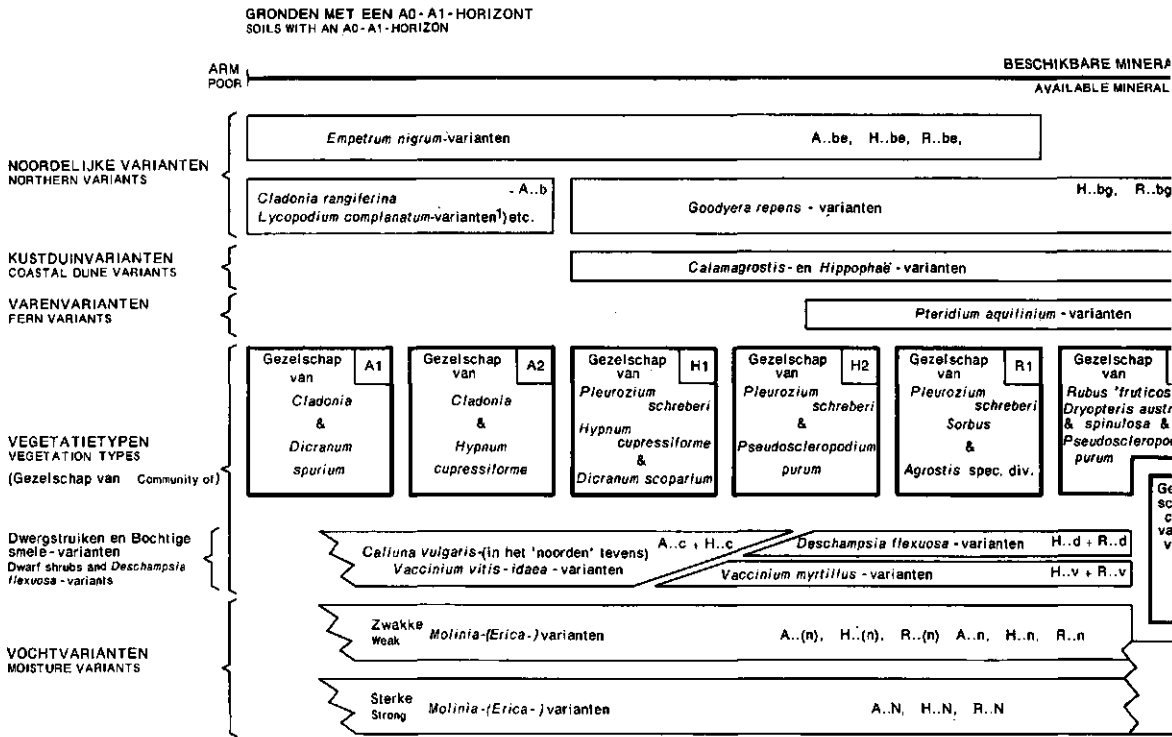
1. Ecologic groups in (1) light forest and in (2) dark forest.

Nomenclatuur van de Phanerogamen volgens Heukeld-Van Ooststroem, Flora van Nederland, 14e druk (1956) / Nomenclature of Phanerogams according to Heukels-Van Ooststroem, Flora van Nederland, 14th ed. (1956). / Nomenclatuur van bladmossen naar Margadant, Mossentabel (1959) / Nomenclature of Musci according to Margadant, Mossentabel (1959). / Nomenclatuur van Cladonia's naar Hennipman, De Nederlandse Cladonia's (1969) / Nomenclature of Cladonia's according to Hennipman, De Nederlandse Cladonia's (1969).

**Bijlage VII. Schema's van soortencombinaties en gezelschappen (lichte en donkere naaldbosformaties)**

**Appendix VII. Diagrams of the combinations of species and the plant communities (light and dark conifer forest formations)**

1. Oecologie van de gezelschappen in de lichte naaldbosformatie.



VERWANTE SYNSYSTEMATISCHE EENHEDEN / RELATED SYNSYSTEMATIC UNITS

in loofbossen in Nederland in broadleaf forests in the Netherlands (Doing, 1962)	<i>Quercus</i> - <i>Betuletum</i> <i>cladonietosum</i>	<i>Quercus</i> - <i>Betuletum</i> <i>typicum</i>	<i>Calamagrostis</i> <i>epageios</i> - var. in duinen/dunes	<i>Quercus</i> - <i>Betuletum</i> <i>toniceretosum</i>
	<i>Quercus</i> - <i>Betuletum</i> <i>molinietosum</i>			
	<i>Sphagno</i> - <i>Betulion</i> incl. <i>Sphagno</i> - <i>Ainetum</i>			
-----				
	<i>Leucobryo</i> - <i>Pinetum</i>			
in natuurlijke Pinus-bossen in natural pine forests (Matuzkiewicz, 1962)	<i>cladonietosum</i>	Küsten-Rasse Flachland-Rasse	<i>typicum</i>	Küsten-Rasse/coastal strain Flachland-Rasse/level-land
	<i>molinietosum</i>			

<sup>1)</sup> zie ook dwergstruikvarianten (...c) met *Vaccinium vitis-idaea*  
see also dwarf shrub variants with *Vaccinium vitis-idaea*

1. Ecology of the communities in the light conifer forest formation.

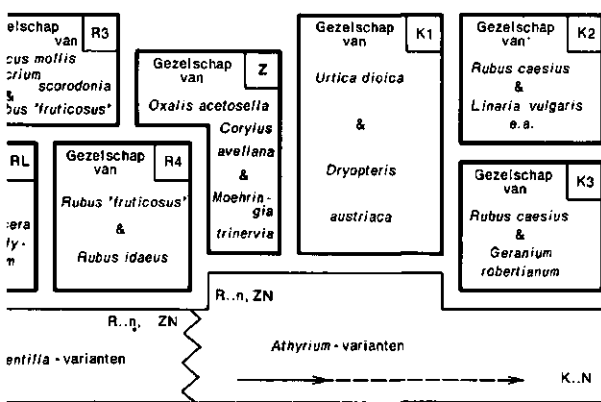
GRONDEN ZONDER A0 - A1 - HORIZONT  
SOILS WITHOUT AN A0 - A1 - HORIZON

RIJK RICH → ARM POOR ← BESCHIKBARE MINERALEN AVAILABLE MINERALS → RIJK RICH

normaal op kalkhoudend moedermateriaal  
mainly on calcareous parent material

w, R..w, Zw, K..w; H..ws, R..ws; Zws, K..ws.

p, R..p.



<i>Viola-Quercion</i>	<i>Quercus-Carpinetum</i>	instabil unstable	<i>Ulmion</i>
<i>Quercion dryopteridetosum</i>		<i>Ailno-Ulmion</i>	<i>Macrophorbio-Ainetum</i>
		<i>Irido-Ainetum</i>	

DROOG DRY  
VOCHTIG & NAT  
MOIST & WET

geen duidelijke verwantschappen met natuurlijke naaldhoutbossen  
no apparent relations with natural coniferous forests

*Empetrum*- *Goodyera*- & *Listera*-varianten  
VEGETATIE TYPEN & andere varianten  
VEGETATION TYPES & other variants  
Vochtvarianten  
Moisture variants

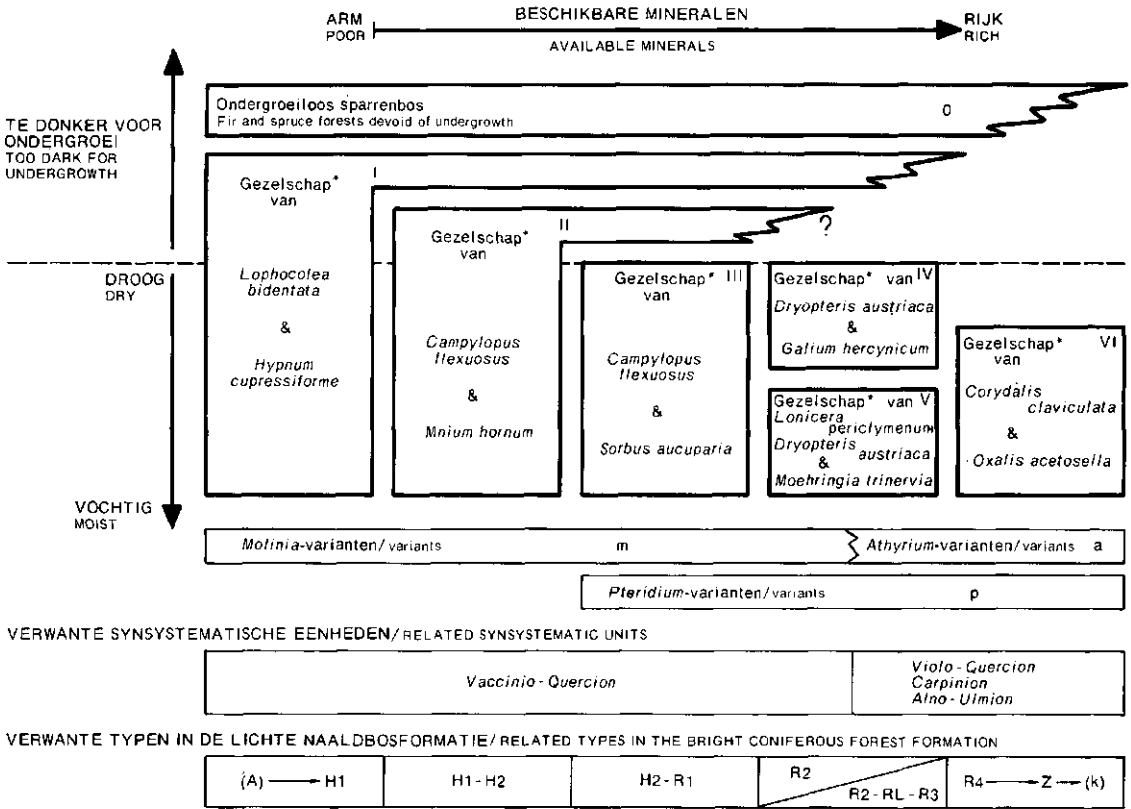
2. Overzicht (tevens determinierschema) van de soortencombinaties van de gezelschappen in de lichte naaldbosformatie. (Bedekkingsgraad = abundantie/bedekking).

VEGETATIETYPEN Gezelschappen van VEGETATION TYPES Communities of	Sociologische Soortengroepen Sociological groups of species															
	(A1)	(A2)	(H1)	(H2)	(R1)	(R2)	(RL)	(R3)	(R4)	(Z)	(K1)	(K2)	(K3)	(A0)	(K0)	
Cladonia - groep	■															
Hypnum - groep	■															
Vaccinium - Deschampsia - groep	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rumex - Festuca - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Sorbus - Prunus - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Galium hercynicum - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Dryopteris - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rubus-fruticosus* - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Lonicera - periclymenum - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Holcus mollis - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rubus idaeus - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Oxalis - Dryopteris filix - mas - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Stellaria media - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Urtica dioica - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Rubus caesius - robertianum - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Tortilis - groep			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Noordelijke varianten Northern variants																
Vaccinium vitis - idaea tevens in Struikidevarianten also in <i>Calluna vulgaris</i> -variants																
Vaccinium vitis - idaea - groep	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Empetrum nigrum - groep	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Goodyera repens - groep	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■





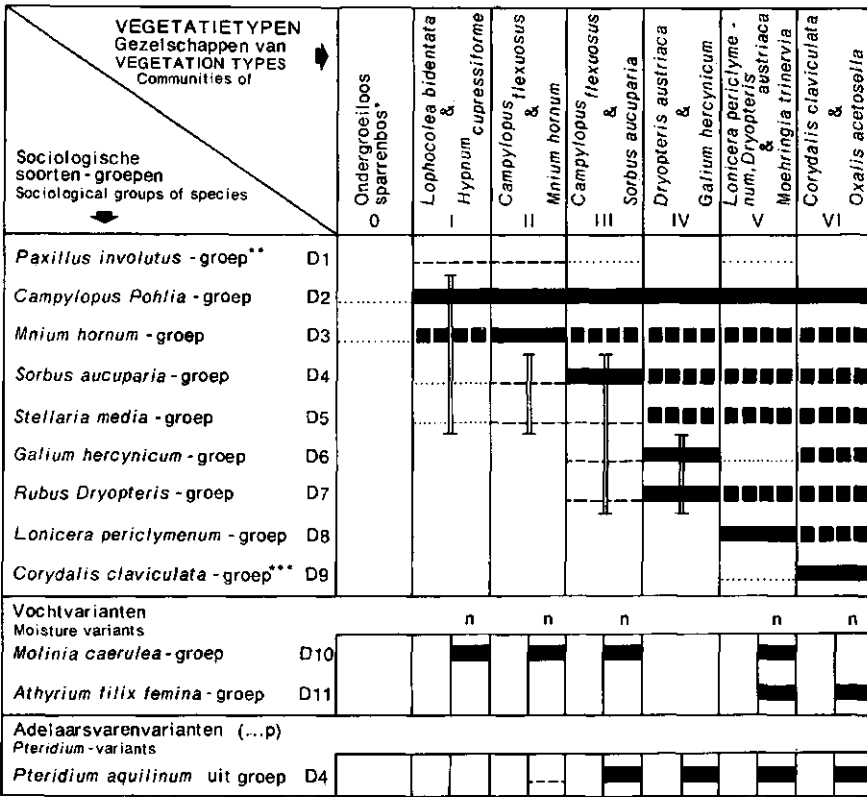
3. Oecologie van de gezelschappen in de donkere naaldbosformatie.



\* = Community of:

3. Ecology of the plant communities in the dark conifer forest formation.

4. Overzicht (tevens determineerschema) van de soortencombinaties van de gezelschappen in de donkere naaldbosformatie. (Bedekkingsgraad = abundantie/bedekking).



\* Fir and spruce forests devoid of undergrowth; \*\*met inbegrip van groep D10; \*\*\* idem voor groep D11; groep :: group  
devoid of undergrowth; group D10 included; do.group D11; uit = from

LEGENDA

Aanwezigheid Presence	Bedekkingsgraad Abundance
..... niet steeds occasional	uiterst spaarzaam of met zeer lage vitaliteit extremely rare or/of very low vitality (ca. 1 per 100 m <sup>2</sup> )
----- niet steeds occasional	gering (1 (2) - 5 pollen per 100 m <sup>2</sup> ), low tussocks
--- id., ook niet in variant do., also in variant	id. do.
■ ■ ■ ■ ■ niet steeds occasional	wisselend varying
■ ■ ■ ■ ■ steeds inherent	wisselend varying
■ ■ ■ ■ ■ id., in de variant do., in the variant	id. do.
■ ■ ■ ■ ■ minstens één van de met het verticale teken verbonden groepen at least one of the groups connected by the vertical symbol	overeenkomstig de gebruikte horizontale tekens as indicated by the horizontal symbols

4. Diagram (also serving as a key) for the species combinations in the communities of the dark conifer formation. (Abundance = abundance/cover).

# Inhoud

<b>Voorwoord</b>	1
<b>1 Principes en methoden</b>	3
1.1 Inleiding	3
1.2 Classificatie van vegetatie-eenheden	3
1.3 Bepaling van sociologische groepen	8
1.4 Bepaling van oecologische groepen	9
1.5 Socio-oecologische reeksen	10
1.6 Methoden van oecologische inventarisatie en onderzoek	10
1.7 Methoden voor het vergelijkend bestuderen van kaartbeelden	12
<b>2 Classificatie van de vegetatie in kunstmatige dennenbossen in de literatuur</b>	16
<b>3 De socio-oecologische groepen</b>	21
3.1 Inleiding	21
3.2 De sociologische groepen in lichte opstanden, voornamelijk van <i>Pinus</i> en <i>Larix</i> (formatie L)	22
3.3 De socio-oecologische groepen in donkere opstanden, voornamelijk van Douglas, <i>Tsuga</i> , <i>Picea</i> en <i>Abies</i> (formatie D)	27
<b>4 Beschrijving van de vegetatie-eenheden</b>	29
4.1 Inleiding	29
4.2 Beschrijving van de vegetatietypen in de Lichte naaldhoutbossen L	31
A0 Gezelschap van Zandzegge ( <i>Carex arenaria</i> ) en Ruighaarmos ( <i>Polytrichum piliferum</i> )	31
A1 Gezelschap van Rendiermos ( <i>Cladonia</i> spec. div.) en Zandgaffeltand ( <i>Dicranum spurium</i> )	32
A2 Gezelschap van Rendiermos ( <i>Cladonia</i> spec. div.) en Klauwtjesmos ( <i>Hypnum cupressiforme</i> )	33
H1 Gezelschap van Bronsmos ( <i>Pleurozium schreberi</i> ), Klauwtjesmos ( <i>Hypnum cupressiforme</i> ) en Gewoon gaffeltandmos ( <i>Dicranum scoparium</i> )	34
H2 Gezelschap van Bronsmos ( <i>Pleurozium schreberi</i> ) en Groot laddermos ( <i>Pseudoscleropodium purum</i> )	37

R1.1	Gezelschap van Bronsmos ( <i>Pleurozium schreberi</i> ) en Struisgrassen ( <i>Agrostis</i> spp.)	39
R1.2	Gezelschap van Bronsmos ( <i>Pleurozium schreberi</i> ) en Lijsterbes ( <i>Sorbus aucuparia</i> )	39
R2	Gezelschap van Braam ( <i>Rubus 'fruticosus'</i> ), Stekelvarens ( <i>Dryopteris austriaca</i> en <i>D. spinulosa</i> ) en Groot laddermos ( <i>Pseudoscleropodium purum</i> )	41
R2L	Gezelschap van Kamperfoelie ( <i>Lonicera periclymenum</i> ) en Braam ( <i>Rubus 'fruticosus'</i> )	45
R3L	Gezelschap van Kamperfoelie ( <i>Lonicera periclymenum</i> ) en Zachte witbol ( <i>Holcus mollis</i> )	45
R3	Gezelschap van Zachte witbol ( <i>Holcus mollis</i> ), Valse salie ( <i>Teucrium scorodonia</i> ) en Braam ( <i>Rubus 'fruticosus'</i> )	46
R4	Gezelschap van Framboos ( <i>Rubus idaeus</i> ) en Braam ( <i>Rubus 'fruticosus'</i> )	48
Z	Gezelschap van Witte klaverzuring ( <i>Oxalis acetosella</i> ), Hazelaar ( <i>Corylus avellana</i> ) en Drienvervige muur ( <i>Moehringia trinervia</i> )	49
K0	Gezelschap van Duinriet ( <i>Calamagrostis epigejos</i> ) en Zandzegge ( <i>Carex arenaria</i> )	50
K1	Gezelschap van Brandnetel ( <i>Urtica dioica</i> ) en Stekelvarens ( <i>Dryopteris austriaca</i> en <i>D. spinulosa</i> ) – voorlopige indeling	50
K2	Gezelschap van Dauwbraam ( <i>Rubus caesius</i> ), Vlasleeuwebek ( <i>Linaria vulgaris</i> ) en Hondstong ( <i>Cynoglossum officinale</i> ) – voorlopige indeling	52
K3	Gezelschap van Dauwbraam ( <i>Rubus caesius</i> ) en Robertskruid ( <i>Geranium robertianum</i> ) – voorlopige indeling	54
4.3	De varianten van de gezelschappen in lichte naaldhoutbossen	55
4.3.1	De vochtvarianten (n), n en N	55
4.3.2	De noordelijke varianten b (bv, bg, be)	57
4.3.3	De Struikheidevarianten c	58
4.3.4	De Bosbesvarianten v	58
4.3.5	De Bochtige smele-varianten d	58
4.3.6	De Adelaarsvarenvarianten p	59
4.3.7	De duin- en duinstruweelvarianten w	59
4.4	Beschrijving van de vegetatietypen in de Donkere naaldhoutbossen D	60
0	Ondergroeilos sparrenbos	60
I	Gezelschap van Kantmos ( <i>Lophocolea bidentata</i> ) en Klauwtjesmos ( <i>Hypnum cupressiforme</i> )	61
II	Gezelschap van Kronkelsteeltje ( <i>Campylopus flexuosus</i> ) en Sterremos ( <i>Mnium hornum</i> )	61
III	Gezelschap van Kronkelsteeltje ( <i>Campylopus flexuosus</i> ), Lijsterbes ( <i>Sorbus aucuparia</i> ) en Wilgeroosje ( <i>Epilobium angustifolium</i> )	61

IV	Gezelschap van Stekelvaren ( <i>Dryopteris austriaca</i> ) en Liggend walstro ( <i>Galium hercynicum</i> )	61
V	Gezelschap van Kamperfoelie ( <i>Lonicera periclymenum</i> ), Stekelvaren ( <i>Dryopteris austriaca</i> ) en Drienervige muur ( <i>Moehringia trinervia</i> )	63
VI	Gezelschap van Rankende helmbloem ( <i>Corydalis claviculata</i> ), Witte klaverzuring ( <i>Oxalis acetosella</i> ) en Braam ( <i>Rubus 'fruticosus'</i> )	63
4.5	De varianten van de gezelschappen in donkere naaldhoutbossen	63
4.5.1	De vochtvarianten	63
4.5.2	Adelaarsvarenvarianten	63
4.6	Synsystematische verwantschappen	64
4.7	Opmerkingen bij kartering van de vegetatietypen	67
<b>5</b>	<b>Het verband tussen vegetatie en groeiplaats</b>	<b>71</b>
5.1	Het complex van milieufactoren	71
5.2	De bodem als complex van milieufactoren	73
5.3	Het verband tussen het humusgehalte van de bodem en de bosondergroei	74
5.4	De relatie tussen grondwaterschijnselen en bosondergroei	82
5.4.1	Vochtindicatie en grondwaterschijnselen in het algemeen	82
5.4.2	Vochtindicatie door <i>Molinia caerulea</i>	85
5.5	De rijkdom van de bodem aan minerale bestanddelen en de bosondergroei	88
5.5.1	Inleiding	88
5.5.2	De invloed van minerale rijkdom van de grond op de verschillen in ondergroei in naaldhoutbossen	89
5.5.3	Coïncidentie met chemische analyses	90
5.5.4	De relatie tussen fosfaat in de bodem en de vegetatie	92
5.5.5	De invloed van calciumcarbonaat	97
5.5.6	Conclusies omtrent minerale rijkdom	98
5.6	Humusvorm, bodem en vegetatie in hun onderling verband	98
5.6.1	Inleiding	98
5.6.2	Humusvorm	98
5.6.3	Ontwikkelingen in de Lichte naaldhoutbossen	101
5.6.4	Ontwikkelingen in de Donkere naaldhoutbossen	103
5.7	Overeenkomst en verschil in indicatiewaarde van bodem- en vegetatie-eenheden	104
5.8	Mineralen en bosondergroei: conclusie	107
<b>6</b>	<b>Het verband tussen groei van Grove den, vegetatietype, bodemeenheid en boniteit</b>	<b>109</b>
6.1	Opzet, begrenzing en doel van het onderzoek	109
6.2	Het verband tussen beschikbaarheid van minerale bestanddelen en vochttoestand van de bodem en groei van de Grove den	110

6.3	Groeiplaatsbonitering en beoordeling van de bodemgeschiktheid voor de Grove den met behulp van vegetatie- en bodemeenheden	116
	<b>Samenvatting</b>	121
	<b>Summary</b>	134
	<b>Literatuur</b>	147
	<b>Bijlagen</b>	151