

NN31396.1463.1

**STICHTING VOOR BODEMKARTERING
WAGENINGEN**



207-
Stichting voor Bodemkartering

Postbus 98
6700 AB Wageningen
Tel. 08370-19100

STADIAUM C
STADIAUM C

Rapport nr. 1463
Project nr. 164.10

DE INTERPRETATIE VAN BODEMKAARTEN

Rapport van de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten,

STADIUM C

J.C.F.M. Haans (red.)

ISBN 90 327 0026 X

Wageningen, maart 1979

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

23 JUL 1979

JSW 1176-1-04



INHOUD:

blz.

Voorwoord	13
1. Inleiding	15
1.1 Bodemkaarten en hun interpretaties	15
1.2 Vernieuwing van het interpretatiesysteem van bodemkaarten	16
1.3 Interpretatie van bodemkaarten in het verleden	17
1.3.1 De periode 1945-1955	17
1.3.2 De periode Vink, 1955-1965	18
1.3.3 De periode 1965 tot heden	20
1.4 Interpretatie van bodemkaarten in landen buiten Nederland	21
1.4.1 "Soil survey interpretation" en "land classification"	21
1.4.2 "Land capability classification"	22
1.4.3 Parameter-methoden	23
1.4.4 "Land systems"-methode	23
1.4.5 Nieuwere ontwikkelingen	24
2. De opbouw van het systeem voor interpretatie van bodemkaarten	27
2.1 Kort overzicht van het systeem	27
2.2 Uitgangspunten van de interpretatie	30
2.2.1 Gegevens over de bodem	30
2.2.1.1 Bodemkaarten en kaarteenheden	30
2.2.1.2 Bodemeigenschappen en bodemkenmerken	31
2.2.1.3 Onzuiverheden; variatie in eigenschappen	32
2.2.1.4 Object van interpretatie	32
2.2.1.5 Bodemkundige gegevens ten behoeve van de interpretatie	33
2.2.2 Gegevens over het klimaat en andere ecologische factoren	34
2.2.3 Gegevens over de bodemgebruiksvormen	35
2.2.3.1 Waarom zijn gegevens over bodemgebruiksvormen nodig?	35
2.2.3.2 Inbreng van specialisten	36
2.2.3.3 Veroudering van interpretaties	36
2.2.3.4 De term bodemgebruiksvorm	37
2.3 Beoordelingsfactoren	37
2.3.1 Waarom beoordelingsfactoren ?	37
2.3.2 Begripsomschrijving	38
2.3.3 De onderscheiden beoordelingsfactoren	39
2.3.4 Functie van beoordelingsfactoren	40
2.3.5 Vaststelling van de gradaties van de beoordelingsfactoren	41
2.3.6 Terminologie	42
2.4 Bodemgeschiktheid en bodemgeschiktheidsclassificatie	43

	blz.
2.4.1 Begripsomschrijving	43
2.4.2 Bodemgebruiksvormen en daaraan te ontlelen gegevens	44
2.4.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie	45
2.4.4 Klassenindeling	45
2.4.5 Actuele geschiktheid en geschiktheid na ingreep	47
2.4.6 Verschil in bodemgeschiktheidsclassificaties voor verschillende gebruiksvormen	48
2.4.7 Presentatie en registratie van de interpretatiegegevens	49
2.4.8 Functie van de bodemgeschiktheidsclassificatie	50
2.5 Het systeem in werking	51
3. Beschrijving van de beoordelingsfactoren	53
3.1 Ontwateringstoestand	53
3.1.1 Begripsomschrijving	53
3.1.2 De praktische betekenis van de ontwateringstoestand	55
3.1.3 Gradaties in ontwateringstoestand	56
3.1.4 Vaststelling van de gradaties in ontwateringstoestand	57
3.2 Vochtleverend vermogen	58
3.2.1 Begripsomschrijving	58
3.2.2 De praktische betekenis van het vochtleverend vermogen	61
3.2.3 Gradaties in vochtleverend vermogen	62
3.2.4 Vaststelling van de gradaties in vochtleverend vermogen	63
3.2.4.1 Hangwater-, contact- en grondwaterprofielen	63
3.2.4.2 Bewortelbare zone	63
3.2.4.3 Vochthoudendheid	64
3.2.4.4 Onverzadigde doorlatendheid	64
3.2.4.5 Grondwaterhuishouding	65
3.2.4.6 Neerslagtekorten	65
3.2.4.7 Modelberekeningen van het vochtleverend vermogen	65
3.2.4.8 Benaderingen van het vochtleverend vermogen	65
3.3 Interne drainage	67
3.3.1 Begripsomschrijving	67
3.3.2 De praktische betekenis van interne drainage	70
3.3.3 Registratie van interne drainage	71
3.3.4 Gegevens over doorlatendheid	71
3.4 Infiltratiecapaciteit	72
3.4.1 Begripsomschrijving	72
3.4.2 De praktische betekenis van infiltratiecapaciteit	74
3.4.3 Gradaties in infiltratiecapaciteit	74
3.5 Verkruijmelbaarheid	76
3.5.1 Begripsomschrijving	76
3.5.2 De praktische betekenis van de verkruijmelbaarheid	77

	blz.
3.5.3 Gradaties in verkruielbaarheid	78
3.5.4 Vaststelling van de gradaties in verkruielbaarheid	78
3.6 Stevigheid van de bovengrond	79
3.6.1 Begripsomschrijving	79
3.6.2 De praktische betekenis van de stevigheid van de bovengrond	82
3.6.3 Gradaties in stevigheid van de bovengrond	83
3.6.4 Vaststelling van de gradaties in stevigheid van de bovengrond	83
3.7 Structuurstabiliteit in verband met slomp	84
3.7.1 Begripsomschrijving	84
3.7.2 De praktische betekenis van de structuurstabiliteit in verband met slomp	86
3.7.3 Gradaties in structuurstabiliteit in verband met slomp	87
3.7.4 Vaststelling van de gradaties in structuurstabiliteit in verband met slomp	87
3.8 Structuurstabiliteit in verband met verstuiving	88
3.8.1 Begripsomschrijving	88
3.8.2 De praktische betekenis van de structuurstabiliteit in verband met verstuiving	88
3.8.3 Gradaties in structuurstabiliteit in verband met verstuiving	89
3.8.4 Vaststelling van de gradaties in structuurstabiliteit in verband met verstuiving	90
3.9 Stevigheid van de ondergrond	90
3.9.1 Begripsomschrijving	90
3.9.2 De praktische betekenis van de stevigheid van de ondergrond	91
3.9.3 Gradaties in stevigheid van de ondergrond en hun vast- stelling	91
3.10 Voedingstoestand	92
3.10.1 Begripsomschrijving	92
3.10.2 De praktische betekenis van de voedingstoestand	93
3.10.3 Gradaties in voedingstoestand	93
3.10.4 Vaststelling van de gradaties in voedingstoestand	94
3.11 Zuurgraad	96
3.11.1 Begripsomschrijving	96
3.11.2 De praktische betekenis van de zuurgraad	96
3.11.3 Gradaties in zuurgraad	97
3.11.4 De vaststelling van de gradaties in zuurgraad	97
3.12 Reliëf	98
3.12.1 Begripsomschrijving	98
3.12.2 De praktische betekenis van het reliëf	99
3.12.3 Registratie van het reliëf in verband met de inter- pretatie	100

	blz.
4.3.1.2 Het areaal tuinbouw	145
4.3.1.3 Produktiewaarde	145
4.3.1.4 Intensiteit van het grondgebruik	146
4.3.2 De interpretatie	147
4.3.2.1 Uitgangspunten en achtergrondveronderstellingen	147
4.3.2.2 De beoordelingsfactoren	148
4.3.2.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie in de tuinbouw	154
4.4 Interpretatie voor de bosbouw	169
4.4.1 Omschrijving van de bodemgebruiksvorm	169
4.4.1.1 Bos en bosbouw	169
4.4.1.2 Areaal en samenstelling van het bos in de laatste 150 jaar	169
4.4.1.3 Areaal en samenstelling van het huidige Nederlandse bos	171
4.4.1.4 Intensiteit van het grondgebruik	176
4.4.1.5 Produktie en bostype	176
4.4.1.6 Bedrijfsresultaten	178
4.4.1.7 Functie van het Nederlandse bos	178
4.4.2 De interpretatie	179
4.4.2.1 Uitgangspunten en achtergrondveronderstellingen	179
4.4.2.2 De beoordelingsfactoren	180
4.4.2.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie in de bosbouw	182
4.4.2.4 Maatstaven voor de boomgroei	187
4.5 Interpretatie voor grassportvelden	189
4.5.1 Omschrijving van de bodemgebruiksvorm	189
4.5.1.1 Aantal en oppervlakte	189
4.5.1.2 Gebruik van grassportvelden	190
4.5.2 Kwaliteit van grassportvelden	191
4.5.2.1 Waaraan moeten goede grassportvelden voldoen?	191
4.5.2.2 De functie van de grasmat	191
4.5.2.3 Maatregelen om tot een goede toplaag te komen	192
4.5.3 De interpretatie	193
4.5.3.1 Achtergrondveronderstellingen	193
4.5.3.2 Beoordelingsfactoren	194
4.5.3.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie voor grassportvelden, gebaseerd op verbeteringsmaatregelen	197
4.6 Interpretatie voor kampeerterreinen, speel- en ligweiden	201
4.6.1 Omschrijving van de gebruiksvorm	201
4.6.2 De interpretatie	202

	blz.
4.6.2.1 Uitgangspunten en achtergrondveronderstellingen	202
4.6.2.2 Beoordelingsfactoren	203
4.6.2.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie	205
Literatuur	208

Lijst van figuren en tabellen

	blz.
Fig. 1 Schema van de interpretatieprocedure	27
Fig. 2 Schema met indeling in hoofd-, midden- en onderklassen ten behoeve van de bodemgeschiktheidsclassificatie	46
Fig. 3 Schematische weergave van de berekening van het vochtleverend vermogen van de grond	60
Fig. 4 Gemiddelde neerslag en potentiële verdamping in Nederland	61
Fig. 5 Invloed van het vochtgehalte op cohesie en plasticiteit bij klei, zavel en zand, c-c' bewerkingstraject	77
Fig. 6 De draagkracht van bosveen (37% organische stof) in afhankelijkheid van de dichtheid (gemeten als poriënvolume) bij drie vochttoestanden	80
Fig. 7 Het vochtgehalte bij vloeigrens en bij pF 2,0 in afhankelijkheid van het gehalte aan afslibbare delen	86
Fig. 8 Indeling van Nederland in 14 landbouwgebieden, geprojecteerd op het kaartbeeld van de globale bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 1 000 000	105
Fig. 9 De oppervlakte cultuurgrond in de periode 1955-1978; 1955 = 100	106
Fig. 10 Groeiverloop droge stof per gebied en per grondsoort gemiddeld over 1959 t/m 1963	110
Fig. 11 Gemiddelde droge-stofopbrengsten van grasland over de jaren '64 t/m '73 bij verschillende N-giften op verschillende gronden	113
Fig. 12 Gemiddelde droge-stofopbrengsten op twee zwarte enkeerdgronden en twee ooivaaggronden (rivierkleistroomgronden) in de jaren 1974 t/m 1977 bij verschillende N-giften	115
Fig. 13 Aandeel van enkele groepen van gewassen in % van het akkerbouwareaal in a. de zeekleigebieden en het lössgebied, b. de veenkoloniën en c. het oostelijk en zuidelijk zandgebied en het rivierkleigebied in de jaren 1961 t/m 1977	127
Fig. 14 Opbrengsten van een aantal akkerbouwgewassen in kg per ha (5-jaarlijkse voortschrijdende gemiddelden) in de periode 1962 t/m 1976 in enkele akkerbouwgebieden	131
Fig. 15 Gemiddelde stikstofgiften bij aardappelen in de periode 1966 t/m 1973	133
Fig. 16 Berekende en gemeten opbrengsten van tarwe in Nederland sinds 1965	133
Fig. 17 De verbreiding van het Nederlandse bos	174
Tabel 1 De beoordelingsfactoren en de bodemgebruiksvormen waarvoor ze relevant zijn	28
Tabel 2 Bodemgeschiktheidsclassificatie van enkele kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, voor sportvelden en weidebouw	49
Tabel 3 Gradaties in ontwateringstoestand, bijbehorende referentiewaarden voor GHG, bijbehorende grondwatertrappen en GHG's volgens de Gt-indeling	56

Tabel 4	De k-daagse sommen van het neerslagtekort (mm) vanaf 15 april voor periodenlengten die met 15 dagen toenemen en de daarbij behorende overschrijdingskans	60
Tabel 5	Gradaties in vochtleverend vermogen	62
Tabel 6	Z-afstanden voor een capillaire opstijging van betekenis (ca. 2 mm per etmaal) in een aantal typen ondergrond, geschat op basis van gewas- en profielwaarnemingen	67
Tabel 7	Gradaties in vochtleverend vermogen van enkele fijnzandige zandgronden en moerige gronden uit het dekzandgebied	68
Tabel 8	Gradaties in vochtleverend vermogen van enkele zeekleigronden en van moerige gronden uit het zee- en rivierkleigebied	69
Tabel 9	Gradaties in infiltratiecapaciteit	75
Tabel 10	Gradaties in infiltratiecapaciteit bij een aantal eenheden van de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000	75
Tabel 11	Gradaties in verkruijmelbaarheid	78
Tabel 12	Gradaties in verkruijmelbaarheid van de bouwvoor in afhankelijkheid van zwaarte, organische-stofgehalte en kalkklasse van de bouwvoor	79
Tabel 13	Gradaties in stevigheid van de bovengrond (weidebouw)	83
Tabel 14	Gradaties in stevigheid van de bovengrond bij veel voorkomende kaarteenheden	85
Tabel 15	Gradaties in structuurstabiliteit in verband met slemp	87
Tabel 16	Gradaties in structuurstabiliteit in verband met slemp in afhankelijkheid van het lutumgehalte, het organische-stofgehalte en het kalkgehalte van de bouwvoor	88
Tabel 17	Gradaties in structuurstabiliteit in verband met verstuijing	90
Tabel 18	Gradaties in stevigheid van de ondergrond	91
Tabel 19	Richtlijnen voor de vaststelling van de gradaties in voedingstoestand	94
Tabel 20	Vegetatietypen in de Nederlandse naaldboutbossen	95
Tabel 21	Gradaties in zuurgraad	97
Tabel 22	Gradaties in stenigheid	101
Tabel 23	De oppervlakten grasland en bouwland in ha en % en de totale oppervlakte grasland + bouwland in ha in de 14 landbouwgebieden	104
Tabel 24	Enkele kengetallen voor bedrijven met melkvee	107
Tabel 25	Verbruik van kunstmeststoffen (herleid tot resp. N, P_2O_5 en K_2O) in kg per ha cultuurgrond in een aantal jaren	108
Tabel 26	Bruto-opbrengsten van grasland in kg droge stof per are bij 300 kg N per ha op een aantal typen gronden in de jaren 1964-1973 en de gemiddelde opbrengst over die jaren	112
Tabel 27	Beweidingsverliezen van grasland (in %) in afhankelijkheid van de aard van de zomer en de stevigheid van de bovengrond	114
Tabel 28	Bruto- en netto-opbrengsten aan droge stof van grasland op verschillende typen gronden en in verschillende typen zomers	114

Tabel 29	Vuistgetallen voor gemiddelde bruto-drogestofopbrengsten van gras in tonnen per ha, afgerond op halve tonnen, bij 300 kg N per ha op verschillende typen gronden	117
Tabel 30	Bodemgeschiktheidsclassificatie voor weidebouw in hoofd- en middenklassen.	120
Tabel 31	Sleutel voor vaststelling van hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor weidebouw	121
Tabel 32	Voorbeelden van inpassing van kaarteenheden in de geschiktheidsklassen voor weidebouw	121
Tabel 33	Procentuele verdeling van de gewassen over het totale akkerbouwareaal	126
Tabel 34	Arbeidsbehoefte, in manuren per ha, bij gebruik van de modernste werkwijzen voor de teelt van graan, aardappelen en suikerbieten in verschillende jaren	128
Tabel 35	Gemiddeld aantal hectaren per man en gemiddeld aantal s.b.e. per man in 1950, 1960, 1970 en 1980	129
Tabel 36	Overzicht van de wijze waarop de gewassen worden geteeld	130
Tabel 37	Bodemgeschiktheidsclassificatie voor akkerbouw in hoofd- en middenklassen	140
Tabel 38	Sleutel voor de vaststelling van hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor akkerbouw	141
Tabel 39	Oppervlakte van de bedrijfstukken in ha in de tuinbouw in 1950 en 1977	145
Tabel 40	De produktiewaarde van de Nederlandse tuinbouw in miljoenen guldens in 1950 en 1977	146
Tabel 41	Arbeidsbezetting in de tuinbouw	147
Tabel 42	Globale normen voor totale kosten per jaar (prijspeil 1974) en voor het aantal standaardbedrijfseenheden (prijspeil 1975)	147
Tabel 43	Gradaties in zwaarte van de bovengrond	153
Tabel 44	Gradaties in bewortelbare diepte	154
Tabel 45	De beoordelingsfactoren en de bodemgebruiksvormen in de tuinbouw, waarvoor ze relevant zijn	155
Tabel 46	Bodemgeschiktheidsclassificatie voor tuinbouw in hoofd- en middenklassen	156
Tabel 47	Sleutel voor de vaststelling van de hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheid voor tuinbouw. De sleutel geldt voor de actuele toestand van de grond en voor de toestand na ingreep	157
Tabel 48	Sleutel voor de vaststelling van de hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheid voor asperges. De sleutel geldt voor de actuele toestand van de grond en voor de toestand na ingreep	159
Tabel 49	Bodemgeschiktheidsclassificatie voor de aspergeteelt in hoofd- en middenklassen	160
Tabel 50	Samenstelling van het Nederlandse bos vanaf 1833	169
Tabel 51	Oppervlakte opgaand produktiebos per boomsoort	172
Tabel 52	Leeftijdsklassenverdeling van het opgaand produktiebos	172

	blz.
Tabel 53 Aantal boscomplexen en de oppervlakte ervan naar grootteklasse	173
Tabel 54 Indeling van het geregistreerde bosbezit naar grootteklassen	175
Tabel 55 Procentuele verdeling van het bosbezit in Nederland naar categorieën van boseigenaren	175
Tabel 56 Oppervlaktepercentages van het huidige Nederlandse bosareaal, geschikt voor de verschillende bostypen	177
Tabel 57 Verdeling van de jaarlijkse houtproduktie over de sortimenten	178
Tabel 58 Geschiktheidsklassen voor bosbouw	<u>183</u>
Tabel 59a Sleutel voor de vaststelling van de geschiktheid van veengronden voor bosbouw	184
Tabel 59b Sleutel voor de vaststelling van de geschiktheid van zand-, leem- en zavelgronden (<25% lutum) voor bosbouw	185
Tabel 59c Sleutel voor de vaststelling van de geschiktheid van kleigronden (>25% lutum) voor bosbouw	186
Tabel 60 S-waarden en culminatiewaarden van de gemiddelde aanwas (absolute boniteit) bij goede, normale en slechte groei van 14 boomsoorten	188
Tabel 61 Statistisch overzicht van de in Nederland aanwezige buitensportvelden met grasbegroeiing, gesplitst naar takken van sport op 1 januari 1970 en 1975	189
Tabel 62 Aantal voetbalvelden per 100 000 inwoners per provincie in 1963, 1970 en 1975	190
Tabel 63 Maatregelen ter opheffing van gebreken in de bodemgesteldheid en de eraan verbonden meerkosten	194
Tabel 64 Bodemgeschiktheidsclassificatie voor grassportvelden	197
Tabel 65 Sleutel voor vaststelling van hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor de aanleg van grassportvelden	199
Tabel 66 Voorbeelden van inpassing van kaarteenheden van de bodemkaart 1 : 50 000 in de geschiktheidsklassen voor grassportvelden	200
Tabel 67 Bodemgeschiktheidsclassificatie voor kampeerterreinen, speel- en ligweiden in hoofd- en middenklassen	206
Tabel 68 Sleutel voor vaststelling van hoofd- en middenklassen van bodemgeschiktheidsclassificatie voor kampeerterreinen, speel- en ligweiden	207

VOORWOORD

In dit rapport geeft de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten (WIB) de resultaten weer van haar werkzaamheden sedert 1972. De WIB heeft een systeem van interpretatie van bodemkaarten ontwikkeld, dat zich in enkele opzichten onderscheidt van de in het verleden toegepaste methoden. In de eerste plaats betreft dit de beoordelingsfactoren die ingevoerd zijn om de geschiktheid van de grond voor diverse gebruiksvormen te toetsen, nadat eerst vastgesteld is aan welke bodemkundige eisen de gronden voor die gebruiksvormen moeten voldoen. Daarnaast is een uniform systeem van geschiktheidsclassificaties voor verschillende gebruiksvormen ingevoerd. Verder is de terminologie gestandaardiseerd.

Het werken met beoordelingsfactoren biedt verschillende voordelen. De kaartgebruiker kan nagaan welke stappen gezet zijn van bodemeigenschappen, via beoordelingsfactoren naar bodemgeschiktheid. De verbanden tussen kaartenheid en de bodemgeschiktheid worden daarmee verduidelijkt en gemotiveerd. Ook biedt het controlemogelijkheid op de interpretaties, zowel intern als door de kaartgebruiker.

De beoordelingsfactoren hebben tevens een zelfstandige functie; voor diverse kaartgebruikers zijn ze eindprodukt van de interpretatie. Het kwantificeren van een beoordelingsfactor, die één aspect van de bodemgeschiktheid weergeeft, ligt zeker in het bereik van de mogelijkheden.

De invoering van het nieuwe systeem is ook belangrijk in verband met de oprichting van de data-bank voor aardwetenschappen. De interpretatiegegevens, zowel van kaartvlakken als van punten (boor-puntgegevens), zullen in de data-bank ingevoerd worden. Met behulp van geautomatiseerde kartografische technieken zal het mogelijk zijn direct interpretatiekaarten te vervaardigen.

Het rapport bevat een beschrijving van het door de WIB ontwikkelde interpretatiesysteem en van de filosofie die eraan ten grondslag ligt; het geeft bovendien gedetailleerde voorschriften en methoden voor de uitvoering van het systeem. Het is een uitbreiding en wat sommige delen betreft een nadere uitwerking van "Interpretatie van Bodemkaarten, stadium B" (stencil nr. 6047), dat in 1976 werd uitgebracht. Ook in de toekomst zullen, waar nodig, nog aanvullingen en verbeteringen worden aangebracht.

De Werkgroep was als volgt samengesteld: Ir. K.R. van Lynden, voorzitter, Ing. J. Domhof, Ir. H.G.M. Geenen, Dr. J.C.F.M. Haans,

Ir. J.C. Pape (tot 1976), Dr. L.A.H. de Smet, Ir. C. van Wallenburg en Ir. G.J.W. Westerveld. Het systeem werd in 1978 in de karteringen operationeel, waartoe Ing. T. Vis en Ing. J.J. Vleeshouwer bijdragen leverden.

Aan de totstandkoming van dit rapport is door velen meegewerkt. Behalve leden van de Werkgroep waren dit onder andere: Dr. J.G.C. van Dam en Ing. W.C.A. van der Knaap (tuinbouw en sportvelden) en Ing. A.W. Waenink (bosbouw).

De redactie werd gevoerd door Dr. J.C.F.M. Haans, die daarbij dankbaar gebruik heeft gemaakt van de door velen geleverde schriftelijke en mondelinge kritiek.

De Directeur,

Ir. R.P.H.P. van der Schans.

1. INLEIDING

1.1 Bodemkaarten en hun interpretaties

De Stichting voor Bodemkartering voert jaarlijks bodemkundige inventarisaties uit van gebieden met een gezamenlijke oppervlakte van ca. 250 000 ha. De verkregen gegevens worden samengevat op bodemkaarten (de meest voorkomende schalen zijn 1 : 50 000, 1 : 25 000 en 1 : 10 000) en in bijbehorende rapporten.

Bodemkaarten laten in eerste instantie de geografische verbreding van gronden zien. Hun eigenschappen, zoals gelaagdheid, textuur, organische-stofgehalte en bepaalde aspecten van de waterhuishouding, kan men leren kennen uit de legenda en uit de beschrijving in het rapport.

Kaartgebruikers willen echter naast gegevens over voorkomen, verbreding en eigenschappen van gronden óók informatie over het gedrag van gronden in allerlei gebruikssituaties: wat gebeurt er met de grond bij betreden, berijden of bewerken, hoeveel vocht kan de grond leveren aan erop te verbouwen gewassen, wat zijn de groeimogelijkheden van deze gewassen, enz. Ook wil men weten wat de geschiktheid van de grond is voor bepaalde vormen van gebruik, bijv. voor akkerbouw of voor bosbouw. Verder is er een toenemende behoefte aan kennis over de wijze waarop men beperkingen voor een bepaald gebruiksdoel kan opheffen.

Deze gegevens zijn niet direct van de kaart af te lezen. De bodemkaart moet ervoor vertaald of geïnterpreteerd worden. Interpretaties van bodemkaarten zijn uitspraken of voorspellingen over het gedrag of de reactie van de gronden bij een bepaalde behandeling of een bepaalde ingreep en over de geschiktheid van de grond voor een bepaalde gebruiksvorm, enz. (Kellogg, 1961). Bij interpretatie worden aan de bodemkaart ontleende gegevens met andere kennis gecombineerd tot gegevens die voor de gebruiker van belang zijn. Ze worden gepresenteerd in de vorm van interpretatiekaarten of ze worden als interpretatietabellen in de rapporten opgenomen.

De aard van de gevraagde informatie is nogal verschillend. Ruwweg kan men een tweedeling maken. Tot de ene groep behoren degenen die zich met de bestemming van de grond bezig houden, bijv. ontwerpers van bestemmingsplannen en streekplannen; zij willen een eindoordeel over de geschiktheid van de grond voor verschillende vormen van bodemgebruik. Met behulp hiervan kunnen beleidsinstanties dan beslissingen over de bestemming van de grond nemen. De tweede groep

omvat degenen die iets met de grond willen doen: gebruiken voor de verbouw van gewassen, verbeteren voor een bepaalde vorm van bodemgebruik, wegen erop aanleggen, enz. Zij hebben meer belangstelling voor bepaalde eigenschappen van de grond, zoals profielopbouw of grondwaterstand, en de daarmee nauw samenhangende gebruiksaspecten, zoals draagkracht, bewerkbaarheid of vochtleverend vermogen. Zij zijn meestal ook wel geïnteresseerd in gegevens over bodemgeschiktheid. Wat zij echter in de eerste plaats willen weten is, welke factoren de geschiktheid bepalen. Voor beide groepen gebruikers geldt, dat er een toenemende vraag is naar kwantificering, het uitdrukken in maat en getal, van de interpretaties. Bekend moet bovendien zijn, op welke gegevens en overwegingen de interpretaties berusten.

Beide groepen benutten dezelfde bodemkaart, hetgeen betekent, dat bij de interpretaties zowel gegevens over geschiktheid voor verschillende vormen van bodemgebruik als over de elementen waaruit die geschiktheid is opgebouwd, moeten worden verstrekt. Daarnaast is het gewenst dat de interpretaties van bodemkaarten van verschillende gebieden en van één gebied maar op verschillende schaal onderling vergelijkbaar zijn. De gegevens dienen verder in een landelijk uniforme terminologie te zijn vervat.

1.2 Vernieuwing van het interpretatiesysteem van bodemkaarten

De in de vorige paragraaf vermelde overwegingen maakten het wenselijk de tot nu toe gangbare methoden van interpretatie van bodemkaarten kritisch te bezien. Daartoe is binnen de Stichting voor Bodemkartering de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten gevormd, waarvan de activiteiten hebben geleid tot de opstelling van een nieuw systeem voor interpretatie van bodemkaarten. Met dit systeem beoogt men te voldoen aan de huidige en in de toekomst te verwachten vraag naar bodemkundige informatie, daarbij de aansluiting met vorige systemen handhavend. Het nieuwe systeem leidt tot geschiktheidsclassificaties voor verschillende gebruiksvormen (ten gerieve van genoemde eerste groep kaartgebruikers), maar biedt ook de mogelijkheid die classificaties te ondersteunen met kwantitatieve gegevens van bodemfactoren (ten behoeve van de tweede groep kaartgebruikers).

Veel aandacht is in het nieuwe systeem besteed aan het opstellen van aanwijzingen en richtlijnen, waarmee de veldbodemkundige, uitgaande van de bij de kartering verzamelde bodemeigenschappen van de grond, kan besluiten tot uitspraken over gedragsaspecten van de

grond en met behulp daarvan kan komen tot vaststelling van de bodemgeschiktheid voor een bepaalde gebruiksvorm. Hiermee wordt verder gegaan op de weg van kwantificering. De richtlijnen zijn eveneens belangrijk om te komen tot landelijk uniforme interpretaties en vergemakkelijking van de onderlinge coördinatie.

De interpretatiegegevens zullen in de databank voor aardwetenschappen, INFA, worden ingevoerd. Bovendien wordt gewerkt aan geautomatiseerde kartografische technieken voor de vervaardiging van interpretatiekaarten.

Met dit alles wil niet gezegd zijn, dat het systeem klaar is. Integendeel, het is in de eerste plaats een raamwerk, waaraan in de loop van de jaren nog veel verbeterd en toegevoegd zal moeten worden. De bedoeling van deze nota is in de eerste plaats een verantwoording te geven van de filosofie die aan het systeem ten grondslag ligt en te beschrijven hoe het werkt.

1.3 Interpretatie van bodemkaarten in het verleden

Alvorens over te gaan tot bespreking van het nieuwe systeem, is het nuttig hier in het kort in te gaan op enkele aspecten van het interpreteren van bodemkaarten, zoals dat tot nu toe plaats vond.

1.3.1 De periode 1945-1955

De Stichting voor Bodemkartering heeft vanaf haar oprichting veel werk gemaakt van het toepasbaar maken van de uitkomsten van het veldbodemkundig onderzoek. De ontwikkeling van de interpretaties, vooral het vaststellen van de bodemgeschiktheid, heeft steeds gelijke tred gehouden met de bodemkartering. Het vaststellen van de landbouwkundige betekenis van de kaarteenheden berustte aanvankelijk grotendeels op de ervaringen van de grondgebruikers en op bestaande kennis over de invloed van bepaalde bodemfactoren op de plantengroei. Van de aanvang af is er echter ook gericht onderzoek gedaan naar de betekenis van de grond voor de gewasgroei, speciaal in de tuinbouw. In dit verband volstaan we met het noemen van het werk van Van Liere (1948) met zijn "beste bedrijven"methode en van De Bakker (1950) met zijn "slechte plekken" methode en verwijzen we naar een samenvattend artikel van Edelman (1953).

1.3.2 De periode Vink, 1955-1965

Door het werk van Vink kreeg de bodemgeschiktheidsinterpretatie een meer methodische opzet (Vink, 1955; Vink et al., 1963; Vink en Van Zuilen, 1967; zie ook Van Dam, 1973). De gedachtengang die ten grondslag ligt aan de geschiktheidsclassificatie en de terminologie die erbij gebruikt wordt, zijn vooral onder zijn leiding ontwikkeld. Dit gebeurde in eerste instantie ten behoeve van de akker- en weidebouw. Meer of minder gemodificeerd is een en ander overgenomen voor de tuinbouw en de bosbouw en veel later ook voor niet-agrarische toepassingen.

Vink gaf aan het begrip bodemgeschiktheid een duidelijke inhoud en omschreef het als "de mate van succes, waarmee goede boeren een bepaald gewas of reeks van gewassen op een bepaalde grond regelmatig kunnen verbouwen binnen het bestaande bedrijfstype" (Vink et al., 1963). Niet alleen de opbrengst in kilogrammen is van belang voor de bodemgeschiktheid. Ook de kwaliteit en de oogstzekerheid moeten erbij worden betrokken. Verder moet rekening worden gehouden met de kosten en moeiten die de boer moet aanwenden om de gegeven opbrengst te verkrijgen. De beperking "binnen het bestaande bedrijfstype" in bovenstaande aanhaling moet men zien als een aanduiding van de technische en economische randvoorwaarden, die aan verandering onderhevig zijn. Hieruit volgt, dat de bodemgeschiktheid niet alleen wordt bepaald door de grond, maar dat zij mede afhankelijk is van de boer en het bedrijfstype en daardoor gebonden aan tijd en plaats. De geschiktheidsbeoordeling is dan ook aan wijzigingen onderhevig, bijvoorbeeld als gevolg van nieuwe vindingen of veranderde sociale en economische omstandigheden.

Onder bodemgeschiktheidsclassificatie wordt verstaan dat gronden naar hun geschiktheid voor een bepaald gebruiksdoel, bijv. akkerbouw, worden gegroepeerd in klassen, waarbij de op een bodemkaart voorkomende eenheden het uitgangspunt zijn en het resultaat een bodemgeschiktheidskaart is.

De bodemgeschiktheidsclassificaties voor akker- en weidebouw, tuinbouw en bosbouw die door de Stichting voor Bodemkartering werden ontworpen, vonden veel ingang. Zij verschenen in kaartvorm bij diverse publikaties (onder andere Sonneveld, 1958; De Smet, 1962), ze werden ook voor talrijke ruilverkavelingsgebieden gemaakt in opdracht van de Cultuurtechnische Dienst (Westerveld, 1963; Van der Voort, 1966; Naarding et al., 1970) en voor diverse Staatsboswachterijen in opdracht van het Staatsbosbeheer (Van Lynden, 1966). In de tuinbouw

vonden ze toepassing in het kader van het tuinbouwvestigingsplan (Van Dam en Hulshof, 1960).

Deze geschiktheidsclassificaties hebben aanvankelijk nog een sterk beschrijvend karakter, dat wil zeggen, dat de classificaties worden opgesteld op grond van algemene ervaring en van plaatselijke beoordelingen en gegevens; ze zijn dus grotendeels empirisch. De onderscheiden klassen geven slechts de volgorde van geschiktheid aan, de geschiktheid wordt niet in een absolute maat uitgedrukt.

Bij akker- en weidebouw zijn de vruchtwisselingsmogelijkheden en de gewassenkeuze belangrijke elementen bij de omschrijving van de geschiktheidsklassen. Hoe ruimer de keuze van gewassen, des te groter is de geschiktheid van de grond voor het gegeven bedrijfstype. Voor de beschrijving van deze keuzemogelijkheid worden termen als uitgebreide zware of lichte vruchtwisseling en (zeer) beperkte zware of lichte vruchtwisseling ingevoerd. Op deze beschrijvende manier is ook de bodemgeschiktheidskaart voor akker- en weidebouw, schaal 1 : 200 000, die is afgeleid van de Bodemkaart van Nederland op dezelfde schaal, samengesteld (Vink en Van Zuilen, 1967; Engelse versie: Vink and Van Zuilen, 1974).

Vink heeft ook, samen met het Landbouw-Economisch Instituut, een eerste aanzet gegeven tot het kwantificeren van de bodemgeschiktheidsklassen voor akker- en weidebouw. Hierin speelden economische rekengrootheden en proefbegrotingen een belangrijke rol (Vink et al., 1963, blz. 2 en 3). Dit onderzoek is nooit afgerond.

Daarnaast is getracht de geschiktheid te kwantificeren door voor afzonderlijke bodemtypen gemiddelde kg-opbrengsten van belangrijke gewassen vast te stellen door middel van proefplekkenonderzoek. Met name bij tuinbouwgewassen heeft dit zeer goede resultaten opgeleverd, o.a. bij asperges (Van Dam, 1973). Het droeg bij tot een beter inzicht in de betekenis van afzonderlijke bodemeigenschappen voor de produktie. In de landbouw zijn minder spectaculaire gegevens verkregen. Afgezien van het feit dat vanwege de bewerkelijkheid van dit type onderzoek slechts betrekkelijk weinig gegevens verzameld konden worden, bleek dat de verschillen tussen de bodemtypen dikwijls niet zozeer gelegen waren in verschillen in opbrengstniveau als wel in een ruimer of beperkter gewassenkeuze, groter of kleiner oogstzekerheid, kortom in teeltmogelijkheden. Bovendien werd een factor als mechaniseerbaarheid van de teelt, die nauwelijks in het opbrengstniveau tot uiting komt, door de ontwikkelingen in de landbouw relatief belangrijker. De Smet (1962) paste bij zijn geschiktheidsonderzoek de rangordemethode toe, die minder bewerkelijk is als het proefplek-

kenonderzoek. Hij verkreeg zijn gegevens, die behalve op opbrengst ook betrekking hadden op verschillende andere teeltaspecten, door enquêtes en kon hiermee zijn geschiktheidsclassificatie beter onderbouwen.

1.3.3 De periode 1965 tot heden

Doordat techniek en wetenschap steeds beter in staat zijn ongunstige factoren te compenseren, worden opbrengstverschillen relatief minder belangrijk. Als gevolg daarvan gaan in de periode na Vink geschiktheidsonderzoek en geschiktheidsclassificatie zich méér richten op het signaleren van knelpunten voor de groei van gewassen, op de bodembehandeling en de cultuurmaatregelen voor zover deze door de grond werden beïnvloed. In de tuinbouw kwam deze ontwikkeling al in een vroeg stadium op gang (Van Dam, 1962). Er wordt voortaan minder de nadruk gelegd op het bedrijfseconomisch aspect, al blijft de terminologie gelijk. Leest men het hoofdstuk "geschiktheid van de gronden voor landbouw" in het rapport bij een kaartblad, dan staat er weinig in over het bedrijf. Niettemin wordt stilzwijgend aangenomen dat de grond die als "zeer geschikt voor akkerbouw" wordt beoordeeld, de boer een hoger netto-resultaat geeft dan de grond die als "matig geschikt" gekenschetst wordt. Er zijn echter nog geen pogingen ondernomen dit bedrijfseconomisch te verifiëren. Om de geschiktheidsclassificatie toch een meer kwantitatieve basis te geven, werd gekozen voor de benadering via beperkingen (Gibbons and Haans, 1976). De kaartgebruiker wordt daarmee duidelijk gemaakt waar de knelpunten voor het bodemgebruik liggen (Vink, 1955, noemt deze methode de af-trekmethode). Voor de verschillende gebruiksvormen wordt vastgesteld, welke eigenschappen en hoedanigheden van de bodem in hoge mate het succes van die gebruiksvormen bepalen. Van elk van de gebruiksvormen wordt vervolgens nagegaan in hoeverre de situatie op een bepaalde kaarteenheid afwijkt van wat men als optimaal wenst te zien, met andere woorden in hoeverre er beperkingen zijn. Verondersteld wordt dat de beperkingen rechtstreeks samenhangen met de geschiktheid.

Volgens dit model is door Haans en Houben (1967) een systeem voor geschiktheidsbeoordeling voor akker- en weidebouw opgesteld dat toegepast werd in het hoofdstuk "geschiktheid van de gronden voor de landbouw" in de rapporten bij de kaartbladen van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Meer of minder gewijzigd is het ook voor andere karteringen en voor andere gebruiksvormen toegepast.

1.4 Interpretatie van bodemkaarten in landen buiten Nederland

Het is niet de bedoeling in deze paragraaf zelfs maar een overzicht te geven van de in zwang zijnde methoden van interpretatie van bodemkaarten in landen buiten Nederland. Hiervoor moet verwezen worden naar de literatuur (o.a. Brook, 1975; FAO, 1974; Steele, 1967). Volstaan moet worden met te wijzen op enkele belangrijke interpretatiesystemen en op de (dikwijls nogal verwarrende) termen die erin gebruikt worden; ook zal iets worden gezegd over de aandacht die dit onderwerp de laatste jaren ondervindt.

1.4.1 *"Soil survey interpretation" en "land classification"*

Onderzoekers in de Verenigde Staten hebben de toon aangegeven bij het toepasbaar maken van bodemkaarten voor de praktijk. Zij hebben al lang geleden methoden daartoe ontwikkeld.

De term soil survey interpretation, interpretatie van bodemkaarten, is afkomstig uit de Amerikaanse bodemkarteringsliteratuur. Men verstaat eronder het bewerken en presenteren van kennis over eigenschappen, hoedanigheden en gedrag (characteristics, qualities and behaviour) van gronden, zoals ze worden ingedeeld en op bodemkaarten worden weergegeven (Aandahl, 1958; zie ook Kellogg, 1961; Steele, 1967; Buol et al., 1973). Het begrip is nog betrekkelijk nieuw. In het Soil Survey Manual van 1952 komt de definitie ervan nog niet voor. De term heeft een brede betekenis, in die zin dat de interpretaties een zeer verschillend doel kunnen hebben. Steeds echter zijn kaarteenheden van bodemkaarten uitgangspunt. De term vervangt de oudere naam land classification (Nederlands: landclassificatie), waarvan het Soil Survey Manual zegt dat hij betrekking heeft op het groeperen van bodemtypen ten behoeve van toepassingen.

Ook bij de Stichting voor Bodemkartering werd vroeger het woord "landclassificatie" voor het groeperen van bodemtypen gebruikt (zie bijv. Vink, 1955). De term raakte echter zowel bij ons als in de Verenigde Staten in onbruik. De oorzaak hiervan is waarschijnlijk dat land méér is dan grond of bodem. Niettemin is "land classification" internationaal nog een zeer gangbare term, zoals bijv. blijkt uit "Approaches to land classification" (FAO, 1974), een zeer nuttige publikatie waarin in een aantal artikelen overzichten worden gegeven van in verschillende landen gangbare interpretatie-methoden.

Interpretatie van bodemkaarten in de Verenigde Staten omvat

meerdere vormen of systemen. Slaat men een rapport op bij een "County Soil Survey", het meest gangbare type, waarvan de bodemkaarten een schaal hebben van 1 : 15 840 of 1 : 20 000, dan vindt men onder het hoofdstuk "Use and management of the soils" een aantal interpretaties gepresenteerd waarvoor de kaarteenheden het uitgangspunt zijn. Daartoe behoren meestal de "(land) capability classification", (waarover hierna meer), schattingen van opbrengstniveaus van landbouwgewassen, een bosbouwclassificatie, een geschiktheidsclassificatie voor "wildlife" en "engineering interpretations" van de gronden waarbij kwalitatief de bruikbaarheid van de grond voor wegeaanleg, huizenbouw, verwerking van afvalwater, enz. wordt aangegeven en waarbij de beperkingen die de grond heeft voor allerlei civiel- en cultuurtechnische toepassingen worden genoemd.

1.4.2 "Land capability classification"

De "land capability classification" (in de rapporten bij de bodemkaarten wordt meestal van "capability classification" of "capability grouping" gesproken) heeft internationaal veel bekendheid gekregen. Bij dit systeem, beschreven door Klingebiel and Montgomery (1966) worden kaarteenheden volgens hun mogelijkheden ("potentialities") en beperkingen voor de verbouw van akkerbouwgewassen ("cultivated crops") en voor andere gebruiksmogelijkheden (grasland, verder eventueel bos, "wildlife") in acht "capability" klassen gegroepeerd. Uitgangspunt voor het onderscheid van de klassen zijn bodem- en klimaatsbeperkingen met betrekking tot gebruik, behandeling en produktiviteit van de gronden. Gronden die geschikt zijn voor akkerbouw en ander gebruik, komen in de klassen 1 tot en met 4; wat voor akkerbouw ongeschikt is en voor andere doeleinden beperkt geschikt, komt in de klassen 5 tot en met 8. In de klasse 1 zijn de mogelijkheden zeer ruim en zijn er geen of vrijwel geen beperkingen; de volgende zeven klassen hebben steeds meer beperkingen en minder ruime gebruiksmogelijkheden. Bij elke klasse, aangeduid met de Romeinse cijfers I t/m VIII, worden subklassen onderscheiden, aangeduid met letteraanduidingen voor de beperking die prevaleert; onderscheiden worden: e (erosie), w (wateroverlast), s (ondiepe wortelzone, stenen, gering vochthoudend vermogen, zout enz.) en c (klimatologische beperking, bijv. de temperatuur). Op het laagste niveau wordt de eenheid onderscheiden, aangeduid met een Arabisch cijfer; daarmee worden gronden gegroepeerd waarop dezelfde gewassen kunnen worden verbouwd en die een zelfde behandeling vragen. Bij de classificatie

wordt, zoals ook bij onze geschiktheidsclassificaties gebruikelijk is, van een aantal onderstellingen uitgegaan.

In de toelichtingen op de kaarten worden de klassen en subklassen, maar vooral de in het gebied voorkomende eenheden beschreven. Er is steeds een lijst bij die van elke kaarteenheid het klasse-subklasse-eenhedsymbool geeft.

De "capability" classificatie beoogt de boeren en voorlichters behulpzaam te zijn bij het oplossen van problemen op het bedrijf. Verder worden de gegevens gebruikt bij de landinrichting en vooral ook bij de planologie.

Dit Amerikaanse systeem is door de Britten overgenomen en wordt door hen bij de Engelse en Schotse bodemkartering, enigszins gemodificeerd, toegepast; het heet "land use capability classification" (Bibby and Mackney, 1969; M.A.F.F., 1974).

In Canada wordt het systeem, eveneens wat gewijzigd, gebruikt onder de naam "Soil capability classification" (Olson, 1974).

1.4.3 Parameter-methoden

In diverse landen heeft de parameter-methode veel opgang gemaakt. Deze bestaat uit het toekennen van numerieke waarderungen aan afzonderlijke bodemfactoren al naar gelang hun betekenis voor het gebruik; vervolgens worden deze numerieke waarden gecombineerd volgens een mathematisch model, waarbij met hun onderlinge verband en beïnvloeding rekening wordt gehouden; hieruit vloeit een numerieke rangschikking voort in bijv. een honderddelige schaal van de gronden (Riquier, 1974). Een voorbeeld van deze methode is de "Storie-index", die in de jaren dertig in Californië is ontwikkeld en nog wel wordt toegepast (zie ook Olson, 1974). In verschillende Oosteuropese landen en verder in Franstalige landen wordt van deze benadering veel gebruik gemaakt (FAO, 1974). Ook de Duitse "Bodenschätzung" kan men ertoe rekenen.

1.4.4 "Land systems"-methode

Het uitgangspunt bij deze in Australië ontwikkelde methode is niet een bodemkaart, maar een "land system" kaart, waarop eenheden worden onderscheiden, die een bepaald patroon van bodem, klimaat, vegetatie, geomorfologie en landgebruik hebben. De nadruk ligt hier duidelijk méér op land, minder op bodem of grond. De "land system"-kaarten zijn kleinschalig en de methode is duidelijk ontwikkeld voor een betrekkelijk "leeg" land, met veel ontwikkelingsmogelijkheden.

Moderne methoden voor exploratie en waardering van de natuurlijke hulpbronnen, waarvan de bodemgesteldheid een onderdeel is, krijgen in zo een land veel aandacht. Ze zijn besproken op een in 1968 gehouden symposium over "land evaluation" in Canberra (Stewart, 1968). Behalve hiernaar, verwijzen we verder naar de in de staat Victoria toegepaste werkwijze (Gibbons and Haans, 1976).

1.4.5 Nieuwere ontwikkelingen

Allerwegen bestaat er een grote behoefte aan méér kennis van grond of land als natuurlijke hulpbron om tot een zo verantwoord mogelijk gebruik ervan te komen. De reden kan zijn verhoging van de landbouwproduktie, ontsluiting van nieuwe landbouwgebieden of verbetering van bestaande, ontwikkeling van plannen voor beheer van natuurlijke vegetatie of van bossen, erosiebestrijding, enz. Er is een veelheid van systemen ontwikkeld om de bij inventarisatie verkregen gegevens te waarderen voor de beoogde doelen. Gewoonlijk noemt men deze waardering: "land evaluation" soms ook "land appraisal".

Om tegemoet te komen aan de wens tot internationale uitwisseling van ideeën en informatie op dit gebied en vooral aan de behoefte aan internationale standaarden, werd er in 1972 in Wageningen een congres over gehouden. Er werd een "Framework for land evaluation" gepresenteerd dat door een Wageningse en een FAO-groep was voorbereid (Brinkman and Smyth, 1973; verbeterd en herzien in: FAO, 1976).

"Land evaluation" is gedefinieerd als "the process of assessment of land performance when used for specified purposes, involving the execution and interpretation of surveys and studies of land forms, soils, vegetation, climate and other aspects of land in order to identify and make a comparison of promising kinds of land use in terms applicable to the objectives of the evaluation". Het object van beoordeling is niet de grond, maar "land", populair gezegd de grond met alles erop en eraan, zoals vegetatie, klimaat, landvorm, hydrologie en verkaveling.

De procedures voor een landevaluatie omvatten een voorbereidende fase, waarbij in interdisciplinair overleg tussen bodemkundigen, landbouwkundigen, klimatologen, cultuurtechnici enz. de relevante landgebruiksvormen (land utilization types) worden opgespoord en gedefinieerd in een mate van detail, die afhankelijk is van het beoogde doel en waarbij verder een benadering van criteria voor evaluatie wordt opgesteld.

In het systeem is zowel een kwalitatieve als kwantitatieve geschiktheidsclassificatie van land mogelijk, waarbij onderscheiden

worden: orden, klassen, subklassen en eenheden. In de genoemde volgorde wordt de geschiktheid van land steeds gedetailleerder omschreven. Essentieel is dat steeds geclassificeerd wordt voor een bepaalde gebruiksvorm.

De evaluatie kan zich beperken tot alleen de fysieke elementen van land en later eventueel worden gevolgd door een socio-economische analyse. Ook is het mogelijk de fysieke analyse tegelijk met de socio-economische te laten verlopen.

Het land wordt beschreven met behulp van "land characteristics", landeigenschappen. Dat kunnen zijn helling, textuur, neerslag, biomassa van de vegetatie, verkaveling, enz.

Een belangrijk onderdeel zijn de "land qualities" of landhoedanigheden. Ze hebben betrekking op de produktiviteit voor plantengroei - bijv. vocht- en luchtvoorziening, bewerkbaarheid, temperatuur en straling -, op dierlijke produktiviteit, op produktiviteit voor bos, op landbehandeling - bijv. berijdbaarheid, ontsluiting en verkaveling -. Ze worden gebruikt om te komen tot geschiktheidsklassen. Voor verdere informatie wordt verwezen naar de genoemde literatuur en naar Beek (1977 en 1978).

Het congres in Wageningen leverde een belangrijke bijdrage tot vernieuwing van de aanpak van landevaluatie. Het systeem in zijn volle omvang toepassen zal lang niet altijd mogelijk en ook niet nodig zijn. De bedoeling ervan was in de eerste plaats richtlijnen voor de terminologie en voor de opzet van landevaluaties te geven, waarbinnen lokaal aanpassingen kunnen plaats vinden. Het Nederlandse systeem dat in de volgende hoofdstukken besproken wordt, beperkt zich tot het "evalueren" van de grond; de verkavelingsvorm bijvoorbeeld wordt er niet bij betrokken. Niettemin zal blijken dat diverse elementen uit het "framework" erin terug te vinden zijn.

De "Working Party on Soil Classification and Survey", die verantwoordelijk is voor de reeds verschenen bodemkaart van Europa op schaal 1 : 2 500 000 en voor de in voorbereiding zijnde bodemkaart, schaal 1 : 1 000 000 heeft aanzetten gegeven voor een evaluatie van de Europese gronden. Dit gebeurde op een congres in Nitra in Tsjechoslowakije in 1975 (FAO, 1975). In het congresverslag zijn mededelingen te vinden over "land evaluation" in diverse landen. Tot nu toe laat het Europese werk echter nog vrijwel geen voortgang zien. De jongste ontwikkeling is, dat getracht wordt in EEG-verband tot gecoördineerd onderzoek omtrent het waarderen en toepasbaar maken van de resultaten van bodemkundig onderzoek te komen.

Tot slot nog iets over interpretatie van bodemkaarten in ons direct omringende landen. Daarover is in het voorgaande weinig meegedeeld. Een indruk van de werkwijze van Krefeld kan men krijgen door kennisneming van de Duitse editie van "kaartblad 52" (Paas und Teunissen van Manen, 1975). Verder kan worden verwezen naar de afd. Regionale Bodemkunde van de Landbouwhogeschool, waar in het kader van doctoraalstudies landclassificatiesystemen van Nederland, Engeland, Frankrijk, de Bondsrepubliek en België onderling en met het "Framework for land evaluation" vergeleken zijn (Albers et al., 1975a; Albers et al., 1975b).

2. DE OPBOUW VAN HET SYSTEEM VOOR INTERPRETATIE VAN BODEMKAARTEN

In paragraaf 2.1 wordt het systeem voor interpretatie van bodemkaarten in grote lijnen beschreven. In de daaropvolgende paragrafen wordt nader op verschillende onderdelen ingegaan.

2.1 Kort overzicht van het systeem

Het doel van interpretaties van bodemkaarten is waarnemingen betreffende de bodemgesteldheid pasklaar te maken voor bepaalde toepassingen. In figuur 1 is schematisch de procedure weergegeven die bij gebruik van het hiervoor ontworpen systeem wordt gevolgd. Het systeem is hoofdzakelijk opgesteld voor het interpreteren van de kaarteenheden van de bodemkaarten, schaal 1 : 10 000 tot 1 : 50 000. Het resultaat van de interpretatie is, dat van elk van de onderscheiden kaarteenheden worden opgegeven:

- de gradaties van de beoordelingsfactoren,
- de geschiktheidsklassen voor diverse vormen van bodemgebruik.

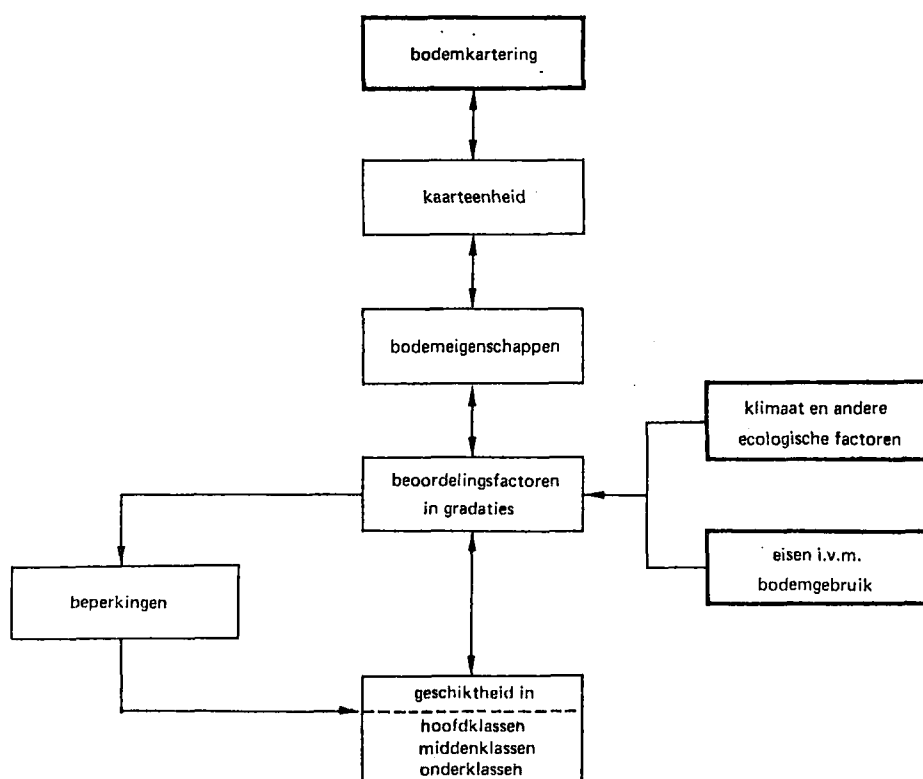


Fig. 1 Schema van de interpretatieprocedure

Tabel 1. De beoordelingsfactoren en de bodemgebruiksvormen waarvoor ze relevant zijn

Beoordelingsfactor	Code	Vormen van bodemgebruik ')							
		agrarisch				niet-agrarisch			
		akker- bouw	weide- bouw	tuin- bouw	bos- bouw	gras- sport- velden	speel- en lig- weiden	kampeer- terrei- nen	bebou- wing
1 Ontwateringstoestand	n	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx
2 Vochtleverend vermogen	v	xx	xx	xx	xx	xx	xx	xx	o
3 Interne drainage	c	xx	xx	x	o	x	x	x	x
4 Infiltratiecapaciteit	i	o	o	o	o	x	x	x	o
5 Verkruijmelbaarheid	b	xx	x	xx	o	o	o	o	o
6 Stevigheid van de bovengrond	d	x	xx	o	o	xx	x	xx	o
7 Structuurstabiliteit i.v.m. slemp	s	x	o	x	o	o	o	o	o
8 Structuurstabiliteit i.v.m. verstuiven	w	x	o	x	o	o	o	o	o
9 Stevigheid van de ondergrond	f	o	o	o	o	o	o	o	xx
10 Voedingstoestand	m	o	o	o	xx	o	o	o	o
11 Zuurgraad	p	o	o	o	xx	o	o	o	o
12 Reliëf	r	x	x	o	o	x	x	x	x
13 Stenigheid	t	x	o	o	o	o	o	o	o
14 Nachtvorstgevoeligheid	ij	x	o	x	o	o	o	o	o

'.) xx beoordelingsfactor heeft grote invloed op de bodemgeschiktheid
 x beoordelingsfactor heeft enige invloed op de bodemgeschiktheid
 o beoordelingsfactor wordt niet gebruikt voor vaststelling van bodemgeschiktheid

Als eerste stap in de interpretatieprocedure worden aan de legenda van de bodemkaart en de beschrijving van de gronden in het rapport gegevens over de eigenschappen van de gronden ontleend.

Vervolgens worden, als tweede stap, uit deze eigenschappen en meestal ook uit aanvullende gegevens o.a. betreffende het klimaat of bepaalde aspecten van het bodemgebruik, de beoordelingsfactoren geformuleerd en worden de gradaties ervoor vastgesteld.

Een beoordelingsfactor is een met de grond samenhangende factor, waarmee een voor het bodemgebruik belangrijk proces, een gedragsaspect of een groeiplaatsomstandigheid wordt beschreven. Voorbeelden van beoordelingsfactoren zijn: vochtleverend vermogen en stevigheid van de bovengrond. In tabel 1 zijn de beoordelingsfactoren die in het interpretatiesysteem worden onderscheiden, opgesomd.

Het niveau of de relatieve betekenis van het door een beoordelingsfactor aangeduide proces of gedragsaspect wordt weergegeven door de gradatie, waarvan er per beoordelingsfactor in de regel drie of vijf onderscheiden worden.

De derde stap in de interpretatieprocedure is het plaatsen van de kaarteenheden in klassen van bodemgeschiktheidsclassificaties voor verschillende bodemgebruiksvormen.

Onder bodemgeschiktheid wordt verstaan de mate waarin de grond wat betreft zijn eigenschappen voldoet aan de eisen, die er in verband met een bepaalde vorm van bodemgebruik aan gesteld worden. Bij de bodemgeschiktheidsclassificatie worden de gronden gegroepeerd naar hun geschiktheid voor een bepaalde vorm van bodemgebruik. In tabel 1 is aangegeven voor welke agrarische en niet-agrarische bodemgebruiksvormen geschiktheidsclassificaties gemaakt worden en welke beoordelingsfactoren voor elk van de gebruiksvormen relevant geacht worden.

De beoordelingsfactoren zijn instrument bij het plaatsen van kaarteenheden in geschiktheidsklassen. Bepaalde combinaties van gradaties, toegekend voor relevante beoordelingsfactoren, leiden tot bepaalde geschiktheidsklassen. Er zijn "sleutels" ontworpen, waaruit een en ander kan worden afgelezen. In het geheel van de interpretatieprocedure is het vaststellen van de gradaties van beoordelingsfactoren duidelijk het belangrijkste element. Ze worden niet alleen gebruikt voor het formeren van geschiktheidsklassen, ze hebben ook een zelfstandige functie, omdat ze voor sommige kaartgebruikers het eindprodukt van de interpretatie zijn.

De bodemgeschiktheidsclassificaties voor de verschillende gebruiksvormen hebben alle dezelfde opzet. Er worden drie niveaus onderscheiden.

- Op het hoogste niveau wordt elke gebruiksvorm in een van de volgende drie hoofdklassen ingedeeld:
 1. gronden met ruime mogelijkheden,
 2. gronden met beperkte mogelijkheden,
 3. gronden met weinig mogelijkheden.
- Op het tweede niveau kan iedere hoofdklasse in een aantal middenklassen worden onderverdeeld.
- Op gedetailleerde kaarten kunnen bij de middenklassen onderklassen worden onderscheiden naar de aard van de beperkingen die de grond heeft.

2.2 Uitgangspunten van de interpretatie

De interpretatie berust op drie stel gegevens: gegevens over de bodem, gegevens over het klimaat en andere ecologische factoren en gegevens over de bodemgebruiksvormen.

2.2.1 *Gegevens over de bodem*

In verreweg de meeste gevallen zijn bodemkaarten het uitgangspunt van de interpretatieprocedure. Het object van interpretatie is dan de kaarteenheid. Soms wordt van een bepaald puntgegeven uitgegaan, bijv. wanneer een interpretatie gemaakt wordt van een profiel, beschreven bij een bemonsteringskuil.

2.2.1.1 Bodemkaarten en kaarteenheden

Bodemkaarten geven informatie over het voorkomen, de geografische verbreiding en de eigenschappen van gronden in een gebied. Daartoe wordt op de bodemkaart een aantal kaarteenheden onderscheiden, elk een of meer kaartvlakken omvattend. De kaartvlakken van een kaarteenheid, aangegeven door middel van een bepaald symbool en een bepaalde kleur, lokaliseren een verzameling gronden die aan bepaalde eigenschappen voldoet en grenzen die af van andere verzamelingen met andere eigenschappen, ondergebracht in andere eenheden. Er moet echter steeds rekening mee gehouden worden dat de ter plaatse van de kaartvlakken van een eenheid voorkomende gronden onzuiverheden bevatten, dat zijn gronden die niet voldoen aan de definities gesteld voor de kaarteenheid.

De kaarteenheid omvat de legenda-eenheid (de subgroep van het systeem van bodemclassificatie, onderverdeeld naar textuur, profiel-

opbouw en kalkgehalte] plus eventueel de toevoeging(en) plus de grondwatertrap, zoals in onderstaand schema aangeduid.

```

      ( legenda-eenheid: subgroep van het systeem van bodem-
      ( classificatie, onderverdeeld naar
      ( o.a. textuur en kalk
kaarteenheid = ( +
      ( toevoeging(en)
      ( +
      ( grondwatertrap
```

Deze omschrijving van kaarteenheid en legenda-eenheid is conform de Handleiding voor de Karteringen (Stichting voor Bodemkartering, 1978) en wijkt wat af van de vroeger gangbare.

2.2.1.2 Bodemeigenschappen en bodemkenmerken

Alle gronden van een kaarteenheid zijn gedefinieerd met behulp van eigenschappen, die aan de gronden zelf zijn te meten.

Onder bodemeigenschappen (welke term hier als synoniem van bodemkenmerken wordt beschouwd) worden kentekenen of verschijnselen verstaan die men in het veld aan de grond kan waarnemen of in het laboratorium aan monsters kan meten, zoals textuur, organische-stofgehalte, kleur, pH, grondwaterstand en vochtgehalte. Ze kunnen vrijwel onveranderlijk zijn, zoals textuur, of cyclisch zijn, zoals vochtgehalte.

Bodemkenmerk wordt ook elders meestal in dezelfde betekenis als bodemeigenschap gebruikt. De Bakker en Schelling (1968) doen dit (zie bijv. blz. 7 en blz. 20) en in de Amerikaanse literatuur komt men 'soil characteristics' en 'soil properties' eveneens door elkaar in dezelfde betekenis tegen.

De eigenschappen die gebruikt worden voor het definiëren van de kaarteenheid, worden differentiërende eigenschappen genoemd. Ze worden bij de kartering rechtstreeks gemeten of schattenderwijze vastgesteld (bijv. textuur, laagdikten, grondwaterstandswaarden) en genoteerd op de "groene formulieren" en in de boorpuntencodes.

Daarnaast spreekt men van de covariërende eigenschappen, wanneer men de eigenschappen bedoelt die niet behoren tot de set, die voor de definitie van de eenheid gebruikt is, maar er als gevolg van geogene en pedogene processen mee samenhangen ("correlatief complex"). De legendabeschrijving in de tekst verschaft er informatie over. Zo hebben "natte" humuspodzolen, met ondiepe GHG's, in het algemeen hogere humusgehalten dan "drogere", met diepere GHG's; de C-horizonten van "natte" humuspodzolen in dekzand hebben een hoog volumegewicht en een hoge indringingsweerstand, enz.

2.2.1.3 Onzuiverheden; variatie in eigenschappen

Alle gronden binnen de kaartvlakken van een eenheid op een bodemkaart die niet voldoen aan de daarvoor gestelde definitie, worden als onzuiverheden beschouwd. Zij die er wel aan voldoen zullen een zekere variatie in differentiërende eigenschappen laten zien. Meestal zijn de bij een bepaalde kaarteenheid aangetroffen variaties kleiner dan de volgens de definitie toegestane variaties. Wanneer de kaarteenheid bijv. een kleigrond is, is de toegelaten variatie 25-100% lutum, terwijl de feitelijk voorkomende variatie bijv. 25-42% lutum is.

Over het aandeel in oppervlakte van de onzuiverheden, zijn we tot nog toe slecht geïnformeerd. Het onderzoek naar de karteringsmethodiek, zoals dat uitgevoerd wordt in het project "Laren", heeft er meer inzicht in verschaft, waarbij gebleken is dat het aandeel onzuiverheden soms aanzienlijker is dan vroeger wel gedacht. Dat is vooral belangrijk als het eigenschappen betreft die zwaar wegen bij de interpretatie, zoals bijv. de GHG. De trajecten die hiervan binnen één kaarteenheid zijn toegelaten, zijn dikwijls nauw, als gevolg waarvan vaak waarden buiten de toegelatenen zullen voorkomen.

2.2.1.4 Object van interpretatie

Na het voorgaande kan nader gepreciseerd worden, wat we bedoelen met de kaarteenheid als object bij het interpreteren van een bodemkaart. De interpretatie verschaft gegevens (in de vorm van beoordelingsfactoren en geschiktheden) over de verzameling gronden behorende tot een bepaalde kaarteenheid, voorkomende op een bepaalde bodemkaart, waarbij slechts rekening gehouden is met de variatie in differentiërende en begeleidende eigenschappen zoals die hier, dat wil zeggen op deze bodemkaart, is aangetroffen, en waarbij in zekere mate rekening gehouden is met onzuiverheden. Dat slechts met de aangetroffen spreiding in eigenschappen rekening wordt gehouden, kan betekenen dat een bepaalde kaarteenheid op de ene bodemkaart een andere interpretatie krijgt als op een andere.

Over het betrekken bij de interpretatie van de in de kaarteenheden voorkomende onzuiverheden het volgende. In het geval dat er in een kaarteenheid kleine oppervlakken van afwijkende gronden voorkomen, blijven zij bij de interpretatie buiten beschouwing. Komen echter in bijv. de kaarteenheid Hn23-V van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, boringen voor als:

2r23 → ; GHG 15

4i23 ; GHG 20

4i23 → ; GHG 20, enz.,

dan zijn dit onzuiverheden, die een zelfde beoordeling krijgen als Hn23-V. Ze worden bij de interpretatie eigenlijk niet als onzuiverheden beschouwd. Bij onzuiverheden in de grondwatertrap liggen de problemen weer anders. Als hier gesteld zou worden: gronden die niet aan de definitie van de kaarteenheid, in dit geval de grondwatertrap, voldoen, doen niet mee met de interpretatie, zou in veel gevallen meer dan de helft afvallen. De toegelaten variatie in bijv. het GHG-traject is bij verschillende grondwatertrappen nauw, hetgeen meebrengt, dat veel onzuiverheden zullen optreden, ook al zou dat niet blijken uit groene formulieren en boorpuntencodes. In zulke gevallen is het dan ook zinnig met onzuiverheden rekening te houden.

In dit verband moet nog worden opgemerkt, dat er een trend is in de veldbodemkunde die voor de veldopname minder de klassieke landenschappelijke benadering voorstaat en méér de nadruk legt op aselekt gekozen waarnemingspunten. Deze benadering is o.a. in het project "Laren" onderwerp van studie. Het probleem van de onzuiverheden wordt daarin mede bekeken. In de toekomst zijn ontwikkelingen op dit gebied te verwachten; we gaan er voorlopig nog aan voorbij.

2.2.1.5 Bodemkundige gegevens ten behoeve van de interpretatie

De bodemkundige gegevens voor het interpreteren van een kaarteenheid worden in belangrijke mate ontleend aan de "groene formulieren" en de boorpuntencodes. Het betreft hier vooral de differentiërende eigenschappen, die bij de veldopname gemeten of schattenderwijze vastgesteld worden. Gegevens over begeleidend^ue eigenschappen, die eveneens belangrijk kunnen zijn voor de interpretatie, worden niet of in mindere mate genoteerd; zij zullen moeten voortkomen uit het geheugen van de veldbodemkundige. Belangrijke informatie kan ook ontleend worden aan resultaten van fysische veldonderzoeken en monsteranalyses, die echter in het algemeen dun gezaaid zijn. Dan gaat het er vooral om dat de resultaten van de metingen zo verantwoord mogelijk "geëxtrapoleerd" worden, hetgeen het best door de veldbodemkundige die het gebied kent, kan geschieden. Op deze wijze worden de benodigde bodemkundige gegevens voor de interpretatie bijeengebracht, waarbij ernaar gestreefd wordt per eigenschap, bijv. textuur, de spreiding van de voor de kaarteenheid geldende waarden aan te geven en wel het traject waarbinnen 70 à 80% van de totale spreiding

ding valt (zie pag. AIX-2; Handleiding voor de Karteringen, Stichting voor Bodemkartering, 1978).

2.2.2 Gegevens over het klimaat en andere ecologische factoren

Bij het interpreteren van bodemkaarten worden steeds gegevens over het klimaat van het gebied, waar de gronden voorkomen, betrokken. Deze zijn nodig als het gaat om diverse gedragsaspecten van de grond, zoals bijv. de vochtlevering, de afvoer van water, de verslapping; ze zijn vooral nodig bij het beoordelen van de groeimogelijkheden van de gewassen. Het is onmogelijk zich hiervan een beeld te vormen zonder dat men beschikt over kennis van temperatuur, neerslag, verdamping, enz.

Nederland is klein en vrijwel geheel laagland. Grote verschillen in klimaat komen niet voor. Dit heeft tot gevolg dat we bij de interpretatie in het algemeen van één klimaatstype uitgaan. Gegevens over het klimaat kunnen betrokken worden uit het waarnemingsmateriaal dat op de weerstations van het K.N.M.I. is verzameld. Samenvattende overzichten geven o.a. de Landbouwatlas van Nederland (1959) en de Klimaatatlas van Nederland (1972).

Op enkele klimaatverschillen die voor de interpretatie belangrijk kunnen zijn, willen we wijzen zonder kwantitatief op hun betekenis in te gaan. Van dit laatste aspect zijn weinig gegevens voorhanden.

Er zijn verschillen in gemiddelde temperaturen. Gedeeltelijk is er een invloed noord-zuid (de isothermen lopen ongeveer parallel met de Belgische grens), gedeeltelijk is er de zeeinvloed (de isothermen lopen ongeveer parallel met de kust). Het is waarschijnlijk dat deze verschillen in bepaalde opzichten van invloed zijn. Zo noemen Cnossen et al. (1966) bij de vergelijking van het noordelijk-zuidwestelijke zeekleigebied het "over de vorst" uitvoeren van grondbewerkingen in het noorden en het er méér verbouwen van wintervaste rassen van wintertarwe.

Bekend is ook het minder veelvuldig of niet optreden van nachtvorst in de kuststreken in vergelijking met de meer landwaarts gelegen provincies, hetgeen o.a. voor de fruitteelt van grote betekenis is.

De kustzone van Holland en Zeeland heeft een groter aantal uren zonneschijn dan het gebied ten oosten ervan. Bij de vruchtzetting van tomaten in de stookteelt speelt licht een rol (Van Dam, 1973); in dit opzicht is het Zuidhollands glasdistrict gunstiger gesitueerd

dan bijv. het gebied bij Venlo.

Een nadeel van de kustzone is dat de windkracht er hoog kan zijn, hetgeen bijv. voor de bosbouw in de duinstreek beperkingen meebrengt.

De voor de interpretatie belangrijkste verschillen in klimaat binnen Nederland betreffen de neerslagtekorten in het groeiseizoen voor de gewassen. Meestal kan er in die periode door de gewassen méér water verdampt worden dan er aan neerslag valt; daarom spreekt men van een neerslagtekort. Het is bekend dat dit tekort in het zuiden van het land en in de kuststrook van Holland en Zeeland groter is dan in het noorden, midden en oosten. Aangezien hierover nog niet genoeg cijfermateriaal voorhanden is, zijn er voorlopig geen formele procedures opgesteld om met deze verschillen rekening te houden (zie verder 3.2, vochtleverend vermogen).

Bij het toepassen van klimaatgegevens kan dikwijls niet volstaan worden met het hanteren van gemiddelde waarden voor de afzonderlijke klimaatfactoren. De boer bijvoorbeeld wil zijn maatregelen zodanig nemen dat hij ook bij extreme weersomstandigheden een redelijke kans heeft op het binnenhalen van zijn oogst. Daarom is het belangrijk bij de interpretatie ook met deze extreme waarden rekening te houden. Om hieraan tegemoet te komen is het nodig frequentie-analyses van klimaatgegevens te maken. Zo wordt in 3.2.4 een frequentie-analyse van het neerslagtekort in Nederland besproken, waaruit men kan afleiden, hoe groot de kans is dat een neerslagtekort van een bepaalde grootte bereikt of overschreden wordt.

Het is te verwachten dat in de toekomst de frequentie-analyses van klimaatfactoren meer toegepast zullen worden bij de interpretatie.

Het kan in enkele gevallen nodig zijn voor de interpretatie over nog andere ecologische gegevens te beschikken dan die van het klimaat. Als voorbeeld noemen we de overstromingskans van uiterwaarden.

2.2.3 Gegevens over de Bodemgebruiksvormen

Het derde stel gegevens waarvan bij het interpreteren van bodemkaarten gebruik wordt gemaakt, is dat betreffende de bodemgebruiksvormen.

2.2.3.1 Waarom zijn gegevens over bodemgebruiksvormen nodig ?

De interpretatie is steeds gericht op toepassingen bij bepaal-

de bodemgebruiksvormen. Voor de volgende bodemgebruiksvormen worden interpretaties gemaakt:

agrarische gebruiksvormen	: akkerbouw
	: weidebouw
	: bosbouw
	: tuinbouw
niet-agrarische gebruiksvormen	: grassportvelden
	: speel- en ligweiden
	: kampeerterreinen
	: stedelijke bebouwing

Om een grond te kunnen waarderen voor bijvoorbeeld de akkerbouw, moeten de eisen bekend zijn die bij de teelt van akkerbouwgewassen aan de grond worden gesteld. Daarvoor is nodig dat men een goed beeld heeft van de verschillende bodemgebonden processen die erbij aan de orde komen, en dat men weet hoe belangrijk ze zijn. De keuze van de beoordelingsfactoren zal op deze kennis gebaseerd zijn. Er wordt van deze kennis ook gebruik gemaakt bij het kiezen van kritische waarden of drempelwaarden, zoals de gradaties in beoordelingsfactoren en het leggen van grenzen tussen geschiktheidsklassen bij de geschiktheidsclassificatie voor een bepaalde gebruiksvorm.

Kennis van de bodemgebruiksvormen is ook nodig, omdat bij een geschiktheidsclassificatie steeds van bepaalde onderstellingen wordt uitgegaan. Zo wordt in het geval van de gebruiksvorm akkerbouw verondersteld dat aan bepaalde eisen op het gebied van de landinrichting, de bedrijfsvoering en de economie voldaan is.

2.2.3.2 Inbreng van specialisten

Het is duidelijk dat de benodigde kennis de grenzen van het werkterrein van de bodemkundige overschrijdt. Daarom zijn er specialistische afdelingen bij de Stichting voor Bodemkartering, via welke vooral contacten met instituten, proefstations, voorlichtingsdiensten enz. worden onderhouden. Aldus wordt inbreng van deskundigen gerealiseerd, vooral bij het uitwerken van geschiktheidsclassificaties, maar ook bij de definitie van beoordelingsfactoren en het kiezen van kritische waarden ervoor.

2.2.3.3 Veroudering van interpretaties

De eisen die voor een bepaalde gebruiksvorm aan de grond worden gesteld, kunnen zich in de loop van de tijd wijzigen. Zo zijn in

de afgelopen decennia door de toenemende mechanisatie in de landbouw de eisen die aan de ontwateringstoestand, de verkruimelbaarheid en de draagkracht worden gesteld, verzwaard. Ook kunnen door nieuwe teelttechnieken aanpassingen aan minder gunstige bodemomstandigheden mogelijk worden. Daardoor kunnen zich wijzigingen in geschiktheidsbeoordeling voordoen en heeft een bodemgeschiktheidskaart een minder blijvend karakter dan een bodemkaart. Het is echter altijd mogelijk om, uitgaande van de bodemkaart en de beoordelingsfactoren, de geschiktheidsclassificatie bij te stellen.

2.2.3.4 De term bodemgebruiksvorm

Beek (1972, 1978) stelde voor bij landevaluatie gebruik te maken van zo exact mogelijk gedefinieerde vormen van bodemgebruik en introduceerde daarvoor het begrip landgebruiktype (Eng: "land utilization type"). Het werd overgenomen door het in hoofdstuk 1 vermelde congres over landevaluatie in Wageningen (FAO, 1976). Een landgebruiktype is een specifieke wijze van landgebruik, beschreven in termen van produkt, arbeid, kapitaal, management, technologie en schaal. In ons systeem zijn de bodemgebruiksvormen niet zo specifiek gedefinieerd. In hoofdstuk 4 over geschiktheidsclassificaties is voor elke gebruiksvorm in een aparte paragraaf beschreven, wat eronder wordt verstaan; over elementen als bedrijfsomvang, grond- en gewasbehandeling, technologie en produkt wordt informatie verschaft. De betrekkelijke eenvormigheid van de landbouw in Nederland maakt het hier niet of nauwelijks nodig binnen bijv. akker- en weidebouw onderverdelingen te maken die bijdragen tot verbetering van de interpretatie. Echter, bij de tuinbouw, die als één bedrijfstype vermeld staat in tabel 1, is dat duidelijk wel het geval (zie 4.3).

2.3 Beoordelingsfactoren

2.3.1 *Waarom beoordelingsfactoren ?*

Bodemkaarten bieden rechtstreekse informatie over diverse bodemeigenschappen. Gegevens over bijvoorbeeld het lutumgehalte van de bouwvoor of de dikte van de A-horizont kunnen direct aan de bodemkaart ontleend worden. Deze informatie is nuttig voor de oplossing van allerlei bodemgebruiksproblemen, maar zij is voor de meeste kaartgebruikers dikwijls niet voldoende. Rationeel bodemgebruik vereist kennis van de processen die bij het bodemgebruik een rol spelen

en met de bodemgesteldheid samenhangen, zoals bijv. de stroming van water door de bodemporiën bij de afvoer van overtollig water naar de ondergrond of bij de opname van water door de wortels.

Ook is kennis vereist van de gedragingen en reacties van de grond onder invloed van handelingen die in het kader van het bodemgebruik plaatsvinden, zoals het berijden met machines of het betreden door vee. Wat veel kaartgebruikers willen weten, is hoe deze bodemprocessen en bodemreacties verlopen bij de op de bodemkaart onderscheiden gronden. Bij de interpretatie van bodemkaarten wordt hierover informatie verstrekt en vooral ten behoeve hiervan is het begrip beoordelingsfactor ingevoerd.

2.3.2 Begripsomschrijving

Een beoordelingsfactor is een met de grond samenhangende factor, waarmee een voor het bodemgebruik belangrijk proces, een gedragsaspect of een groeiplaats-omstandigheid kan worden gekarakteriseerd en het niveau ervan kan worden beschreven. Een beoordelingsfactor is meestal een "bouwsel" van een aantal bodemeigenschappen. Zo wordt de beoordelingsfactor "stevigheid van de bovengrond", die het gedrag van de grond bij betreding en berijding karakteriseert, bepaald door eigenschappen als organische-stofgehalte, textuur en dichtheid, maar ook door de vochttoestand. Soms worden bij de definitie van beoordelingsfactoren ook niet-bodemfactoren betrokken, zoals bij de beoordelingsfactor "vochtleverend vermogen", waarbij naast bodemfactoren ook klimaatgegevens een rol spelen. In enkele gevallen is een eenvoudige bodemeigenschap tevens beoordelingsfactor. Een voorbeeld hiervan is "stenigheid van de bouwvoor".

Het niveau of de relatieve betekenis van het door een beoordelingsfactor aangeduide bodemproces of gedragsaspect wordt weergegeven met de gradatie. Per kaarteenhed wordt voor elke beoordelingsfactor een gradatie vastgesteld in een numerieke schaal. Soms worden vijf gradaties onderscheiden, aangeduid met de cijfers 1 t/m 5. Wanneer minder onderscheidingen nodig zijn of gemaakt kunnen worden, wordt volstaan met drie gradaties (cijfers 1 t/m 3). De laagste cijfers geven in het algemeen de gunstigste omstandigheden voor de meeste gebruiksvormen weer, de hoogste cijfers de ongunstigste omstandigheden. Bij enkele beoordelingsfactoren wordt volstaan met de mededeling dat de beoordelingsfactor wel of niet van betekenis is.

2.3.3 De onderscheiden beoordelingsfactoren

In tabel 1 zijn de beoordelingsfactoren opgesomd die voor de interpretatie van bodemkaarten worden gebruikt. In hoofdstuk 3 worden ze stuk voor stuk uitvoerig besproken.

De eerste vier beoordelingsfactoren houden verband met de waterhuishouding van de grond; de nummers 5 t/m 9 hebben te maken met structuur- en mechanische eigenschappen van de grond; de nummers 10 en 11 zeggen iets over wat men chemische eigenschappen van de grond zou kunnen noemen; de overige nummers, 12 t/m 14, zijn factoren die slechts lokaal belangrijk zijn voor het bodemgebruik. Deze laatste groep kan zo nodig nog met factoren die in bepaalde situaties belangrijk zijn, worden aangevuld.

In een vorig rapport (Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten, 1976) is als beoordelingsfactor opgevoerd het onderscheid tussen "klei"-gronden enerzijds en "zand"- en "veen"-gronden anderzijds. Het is echter in dit rapport als beoordelingsfactor weer vervallen. De in tabel 1 opgesomde beoordelingsfactoren geven in het algemeen voldoende ruimte om er de verschillen in geschiktheid mee te beschrijven. Voor zover het nodig is daarnaast nog onderscheid te maken tussen "klei" resp. "zand" en "veen", zoals het geval is bij de geschiktheidsbeoordeling voor akkerbouw (4.2), geeft de definitie van de kaarteenheden daarover rechtstreeks informatie.

De gronden van sommige kaarteenheden zijn weinig variabel, hetgeen wil zeggen dat hun eigenschappen binnen betrekkelijk nauwe grenzen schommelen; andere daarentegen vertonen een grote variabiliteit. Hoe homogener de gronden binnen één kaartvlak zijn, hoe gunstiger dat voor de meeste gebruiksvormen is. Er is daarom gepleit een beoordelingsfactor voor de variabiliteit in te voeren. Daarvan is afgezien, maar wel bestaat de mogelijkheid bij sterk variabele gronden meer dan een gradatie voor de beoordelingsfactoren te geven.

In dit verband vermelden we tenslotte nog het bodempatroon, als vertaling van "soil pattern", ook wel kaartbeeld genoemd (Vink et al., 1963; Van Dam, 1973). Naarmate het bodempatroon eenvoudiger is, komen op de bodemkaart van een gebied minder kaarteenheden voor. Een eenvoudig bodempatroon op bijv. een akkerbouwbedrijf of in een boomgaard is in het algemeen een voordeel voor boer en tuinder met betrekking tot grond- en gewasbehandeling. In groter verband geldt hetzelfde voor bijv. een polder, ten aanzien van de landinrichting. Dit aspect kan echter niet bij de interpretatie van bodemkaarten betrokken worden, omdat de ingang de kaarteenheden is. In de rapporten bij de bodemkaarten dient er uiteraard wel aandacht aan besteed te

worden, eventueel als sluitstuk van de interpretatie.

2.3.4 Functie van beoordelingsfactoren

In tabel 1 is ook aangegeven voor welke bodemgebruiksvormen de beoordelingsfactoren relevant zijn - anders gezegd: een bodemproces of gedragsaspect beschrijven dat voor de gebruiksvorm van betekenis is -, waarbij nog onderscheiden is of de beoordelingsfactor een grote of slechts een geringe invloed heeft op de geschiktheid.

Het blijkt dat iedere gebruiksvorm een eigen stel van beoordelingsfactoren heeft. Verschillende beoordelingsfactoren zijn voor een aantal bodemgebruiksvormen relevant (bijv. ontwateringstoestand en vochtleverend vermogen), andere slechts voor één gebruiksvorm (stevigheid van de ondergrond). Verkruimelbaarheid is een belangrijke factor bij akkerbouw, weinig belangrijk bij weidebouw, niet belangrijk bij bosbouw. De voedingstoestand (de natuurlijke chemische vruchtbaarheid van de grond) is belangrijk in de bosbouw waar (bijna) geen kunstmeststoffen worden gebruikt; in de akker- en weidebouw met hoge kunstmestgiften zijn verschillen in natuurlijke chemische vruchtbaarheid ternauwernood interessant.

De beoordelingsfactoren hebben in het geheel van de interpretatie een belangrijke zelfstandige functie, omdat ze rechtstreeks informatie verschaffen over het niveau van bodemgebonden processen, die het gedrag en de reactie van de grond bepalen. Voor veel kaartgebruikers is dat van betekenis. Zo worden bijv. de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand en vochtleverend vermogen direct gebruikt bij de opstelling en uitwerking van ontwateringsplannen. Door vergelijking van het bestaande en het voor een bepaald gebruiksdoel van de grond vereiste of gewenste niveau van een beoordelingsfactor kunnen dan de beperkingen geïdentificeerd worden.

Ook zijn de beoordelingsfactoren een instrument om te komen tot geschiktheidsklassen voor verschillende vormen van bodemgebruik. Bij de oudste interpretatieprocedures werden, zoals uiteengezet in hoofdstuk 1, de gegevens over bodemgesteldheid rechtstreeks vertaald in bodemgeschiktheid; zij leidden, gebruik makend van voornamelijk empirische kennis, tot beschrijvende geschiktheidsclassificaties. Aan deze benadering kleven bezwaren. Een bepaalde geschiktheid kan het resultaat zijn van combinaties van zeer verschillende factoren en overwegingen. Het achterwege laten van een beredeneerde analyse van de bepalende factoren voor de geschiktheid maakt zulke interpretaties niet erg informatief voor de gebruiker; de oorzakelijke verbanden tussen bodemfactoren en geschiktheid zijn niet uitgewerkt.

Het in dit rapport gepresenteerde systeem komt aan deze bezwaren tegemoet door gebruikmaking van de beoordelingsfactoren en hun gradaties. Bepaalde combinaties van gradaties, toegekend voor de beoordelingsfactoren, die voor een gebruiksvorm relevant zijn, leiden tot bepaalde geschiktheidsklassen (zie verder 2.4). Tabel 31 is een "sleutel" om uit gradaties van enkele beoordelingsfactoren tot geschiktheidsklassen voor weidebouw te besluiten.

Beoordelingsfactoren en de eruit voortvloeiende geschiktheidsklassen karakteriseren bestaande bodemkundige omstandigheden. Ze kunnen ook gebruikt worden voor het aangeven van verbeteringsmogelijkheden. Tekortkomingen in de bestaande situatie - beperkingen - kunnen door ingrepen soms geheel of gedeeltelijk worden verholpen. De gradaties van de betreffende beoordelingsfactoren (en daarmee vaak ook de geschiktheid) veranderen door de verbeteringsmaatregelen. Door aan te geven wat voor verbeteringsmaatregelen in bestaande situaties genomen kunnen worden en wat voor gevolgen dat heeft voor de gradaties in beoordelingsfactoren (en de geschiktheid), verschaft men aan de gebruiker informatie, waaruit hij naar eigen inzicht kan kiezen of hij verbeteringsmaatregelen wil nemen en, zo ja, welke dat precies zullen zijn (zie ook Bouma et al., 1979).

2.3.5 Vaststelling van de gradaties van de beoordelingsfactoren

Voor het kwantitatief vaststellen van de gradaties in beoordelingsfactoren is het nodig dat er kwantificeringsschema's of modellen voorhanden zijn die verband leggen tussen enerzijds de bodemeigenschappen en eventueel andere milieufactoren en anderzijds de beoordelingsfactoren en hun gradaties. Voor sommige beoordelingsfactoren zijn zulke modellen voorhanden. Zo is door onderzoek (zie 3.6) veel bekend geworden over het verband tussen bij de kartering gemeten of schattenderwijze vastgestelde bodemeigenschappen, zoals organische-stofgehalte, "dichtheid" (volumegewicht) en vochtgehalte, enerzijds en stevigheid van de bovengrond anderzijds. Het is daardoor bij veengronden en moerige gronden mogelijk op grond van deze eigenschappen de gradatie in stevigheid in te schatten. Bovendien is het betrekkelijk eenvoudig de gevonden gradatiewaarden te verifiëren door metingen van de indringingsweerstand van de zodelaag met de penetrometer.

Veel complexer ligt de zaak bij bijv. de beoordelingsfactor vochtleverend vermogen van de grond (zie 3.2). Hier is eveneens een kwantificeringsmodel voorhanden dat echter veel gecompliceerder is en waarbij ook klimaatgegevens betrokken worden. Wanneer de nodige

bodemfysische gegevens (standaard pF-gegevens van wortelzone en ondergrond, K- Ψ -relatie, voorjaars- en zomergrondwaterstanden) en klimaatgegevens voorhanden zijn, dan is een computer-output van het vochtleveringsmodel nodig om tot gradatie in vochtleverend vermogen te besluiten. Momenteel zijn zulke gegevens vrijwel nog niet voorhanden. We mogen echter verwachten, dat we er in de nabije toekomst voor een aantal standaardprofielen wel over zullen kunnen beschikken. Hierbij moet nog worden opgemerkt, dat het verifiëren van de door modelberekening verkregen waarden voor vochtleverend vermogen verre van eenvoudig is (zie hiervoor Bouma et al., 1978b en 1978c).

Zoals bij de bespreking van de afzonderlijke beoordelingsfactoren in hoofdstuk 3 zal blijken, is er nog slechts van een zeer bescheiden modelmatige kwantificering sprake. Soms zijn er geen of niet voldoende uitgewerkte of geen praktisch bruikbare modellen voorhanden. Soms zijn ze er wel, maar ontbreekt de kennis over de benodigde bodemeigenschappen. Het vaststellen van de gradaties van de beoordelingsfactoren vindt daardoor nog in belangrijke mate plaats op grond van ervaring en van empirisch onderzoek. Er wordt echter naar gestreefd deze werkwijze op den duur door gestandaardiseerde methoden te vervangen. Een eerste voorwaarde daarvoor is een zo gedegen mogelijke kennis van de processen en standplaatsomstandigheden die wij met de beoordelingsfactoren willen karakteriseren. Daarom is bij de bespreking van de afzonderlijke beoordelingsfactoren in hoofdstuk 3 aan dit aspect aandacht besteed en wordt ook de belangrijkste betreffende literatuur genoemd.

De interpretaties zullen aan waarde winnen, naarmate wij er beter in slagen de beoordelingsfactoren te kwantificeren. Ook zullen we dan beter in staat zijn de factoren als continue grootheden uit te drukken, hetgeen allerlei voordelen biedt boven het vastleggen in klassen, in dit geval gradaties.

2.3.6 Terminologie

In 2.2.1.2 zijn de termen bodemeigenschappen en bodemkenmerken, die als synoniemen worden gezien gedefinieerd. Het zijn kentekenen of verschijnselen die men aan de grond kan waarnemen of meten (textuur, organische-stofgehalte, kleur, enz.). Onder bodemhoedanigheden (vertaling van het Engelse "soil qualities") worden in navolging van de Amerikaanse literatuur (Yearbook of Agriculture, 1957, blz. 767) verstaan de met de grond samenhangende verschijnselen die betrekking hebben op het gebruik van de grond in de landbouw of voor een ander doel. Hoedanigheden worden niet alleen door de eigenschappen van de

grond bepaald, maar ook door de klimatologische omstandigheden, de aard van de landbouw, enz. Een hoedanigheid is daarom geen zuiver bodemkundige factor. Voorbeelden zijn: bewerkbaarheid, berijdbaarheid, vochtleverend vermogen. Hoedanigheid als vertaling van quality is ingevoerd door Vink et al. (1963). In Gibbons and Haans (1976, blz. 20 en fig. 1) worden de hoedanigheden site conditions genoemd. Men komt het woord bodemhoedanigheid dikwijls tegen in de aanwijzingen die eerder zijn opgesteld voor het interpreteren van bodemkaarten (Haans en Houben, 1967; Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten, 1976). In deze nota is dat minder frequent het geval. De in tabel 1 opgesomde beoordelingsfactoren zijn bodemhoedanigheden, op enkele uitzonderingen na, zoals reliëf en stenigheid, die duidelijk bodemeigenschappen zijn. We prefereren voortaan de term beoordelingsfactoren, al kan bodemhoedanigheden gehandhaafd blijven.

De term beoordelingsfactor is geïntroduceerd door de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten in 1976. De Engelse term ervoor is assessment factor (Haans, 1975; FAO, 1975; Haans and Van Lynden, 1978). De functie die de beoordelingsfactoren in het Nederlandse systeem van interpretatie van bodemkaarten hebben, is vergelijkbaar met die van de "land qualities" in het door FAO geïntroduceerde "framework" (FAO, 1976). De betekenis van de "land qualities" krijgt de laatste tijd veel aandacht (bijv. Beek, 1977, 1978).

2.4 Bodemgeschiktheid en bodemgeschiktheidsclassificatie

De interpretatie van bodemkaarten resulteert niet alleen in het aangeven van gradaties in beoordelingsfactoren van de kaarteenheden, maar ook in het plaatsen van de kaarteenheden in klassen van geschiktheidsclassificaties voor bepaalde gebruiksvormen.

2.4.1 Begripsomschrijving

Bodemgeschiktheid geeft aan, in welke mate de grond wat zijn eigenschappen betreft voldoet aan de eisen die er in verband met een bepaald bodemgebruik aan gesteld worden. Bodemgeschiktheidsclassificatie is het rangschikken van gronden (kaarteenheden) in een aantal klassen in volgorde van hun geschiktheid voor een bepaald bodemgebruik. Van Dale Groot Woordenboek der Nederlandse Taal (1976) geeft voor "geschikt" de omschrijving "voor iets passende, voor iets bekwam of bruikbaar". In overeenstemming daarmee geven we met bodemgeschiktheid aan, hoe passend voor een bepaald bodemgebruik een grond is. Maatgevend daarvoor zijn vooral de bodemfactoren.

Aangezien allerlei gedragsaspecten van de grond en verder vooral de groei van gewassen mede bepaald worden door het klimaat, kan bodemgeschiktheid niet los gezien worden van het klimaat waarin de betreffende grond ligt. In de Nederlandse omstandigheden wordt meestal bij het interpreteren met één klimaatstype volstaan, al zal in de toekomst met bepaalde verschillen o.a. in neerslagtekort rekening moeten worden gehouden.

Voorts wordt de mate van "bruikbaarheid" beïnvloed door de technische en economische situatie, die op haar beurt weer afhangt van sociale en politieke omstandigheden. In verband daarmee wordt bij de classificatie uitgegaan van bepaalde veronderstellingen ten aanzien van de technische en economische omstandigheden. De geschiktheidsclassificatie geeft derhalve een rangschikking van gronden (kaart-eenheden) naar hun geschiktheid voor een gebruiksvorm op basis van de verschillen in bodemgesteldheid, rekening houdend met het klimaat en uitgaande van bepaalde technische en economische randvoorwaarden.

Voorgaande begripsomschrijving van bodemgeschiktheid is na een aantal modificaties gegroeid uit de oorspronkelijke definitie, die Vink ervoor gaf. We verwijzen daarvoor naar 1.3 en de daar genoemde literatuur.

2.4.2 Bodemgebruiksvormen en daaraan te ontlelen gegevens

De bodemgeschiktheidsclassificatie wordt steeds uitgevoerd voor een bepaalde vorm van bodemgebruik. In 2.3.3 zijn de bodemgebruiksvormen opgesomd waarvoor dit gebeurt. Om verschillende redenen is voor het maken van een geschiktheidsclassificatie kennis van de bodemgebruiksvorm nodig. Men kan eruit afleiden welke bodemgebonden processen bij een gebruiksvorm een rol spelen en daarmee welke beoordelingsfactoren nodig zijn voor het vaststellen van de bodemgeschiktheid (zie tabel 1). Verder dient, om misverstanden over de betekenis van de geschiktheid te voorkomen, duidelijk vastgelegd te worden tegen welke achtergrond men de bodemgeschiktheid voor een bepaalde vorm van bodemgebruik vaststelt. Ook daarvoor is kennis van de bodemgebruiksvorm nodig. De achtergrond is het geheel van technische en economische randvoorwaarden, waaronder de geschiktheidsbeoordeling wordt gegeven. De geschiktheid van de grond voor weidebouw wordt bijv. gegeven onder voorwaarden die betrekking hebben op onder meer de bedrijfsgrootte, de verkaveling en ontsluiting, de graad van mechanisatie, de intensiteit van de bedrijfsvoering en het vakmanschap van de boer. Het is duidelijk dat, wanneer veranderingen in de ach-

tergrond optreden (als bijv. nieuwe teelttechnieken worden ingevoerd), het mogelijk is dat ook de classificatie verandert. Over een geschiktheidsclassificatie waarvan de achtergronden niet bekend zijn, kan moeilijk zakelijk gediscussieerd worden. Eensdeel zullen daarvoor subjectieve elementen in de classificatie kunnen sluipen, maar vooral bestaat het gevaar dat de gebruiker, die altijd de classificatie tegen de achtergrond van zijn problemen bekijken zal, verkeerde conclusies trekt. De ontwerper van de classificatie zegt dan vaak, dat zijn classificatie misbruikt wordt en vergeet daarbij dat hijzelf onvoldoende heeft aangegeven wat zijn classificatie inhield.

In hoofdstuk 4 wordt voor elke bodemgebruiksvorm beschreven wat hij inhoudt, wat de bodemgebonden processen zijn die erbij aan de orde komen en daarmee welke beoordelingsfactoren voor de geschiktheidsclassificatie nodig zijn, en van welke achtergrondveronderstellingen wordt uitgegaan.

2.4.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie

Bij de bodemgeschiktheidsclassificaties worden de gronden (kaarteenheden) gegroepeerd naar hun geschiktheid voor een bepaalde vorm van bodemgebruik. Deze classificaties die voor de verschillende gebruiksvormen dezelfde opzet hebben, zijn overwegend kwalitatief en beschrijvend, dat wil zeggen dat de geschiktheid niet in cijfers wordt uitgedrukt maar met woorden wordt omschreven. Dat neemt niet weg dat bepaalde deelaspecten van een classificatie wel in een getalsmaat uitgedrukt kunnen zijn. De normen voor het onderbrengen van gronden in een klasse worden landelijk gehanteerd; ze worden niet aan regionale omstandigheden aangepast. Die normen bestaan uit de gradaties van de beoordelingsfactoren die relevant zijn voor een gebruiksvorm: bepaalde combinaties van gradaties leiden tot bepaalde klassen. Er zijn z.g. sleutels ontworpen om dit te vergemakkelijken. Dit is de enige mogelijkheid om bij een kwalitatieve classificatie tot een uniforme aanpak van de klassering van de gronden te komen. Aldus komt een scherpe afbakening tussen de klassen tot stand, waar in werkelijkheid alleen geleidelijke overgangen bestaan; dit is echter een onvermijdelijk gevolg van een classificatie.

2.4.4 Klassenindeling

De geschiktheidsclassificatie kent drie niveaus, die van hoofd-, midden- en onderklassen. In deze volgorde geven zij een afnemende

generalisatie en een toenemende verfijning aan. Onder- en middenklasse kunnen op een hoger niveau samengevat worden. In figuur 2 wordt de opzet weergegeven.

Hoofdklasse (aantal 3)	Middenklasse (aantal vrij)	Onderklasse (aantal vrij)
1 Gronden met ruime mogelijkheden voor (gebruiksvorm)	1.1 1.2 1.3 enz.	1.3 d 1.3 n 1.3 b
2 Gronden met beperkte mogelijkheden voor (gebruiksvorm)	2.1 2.2 enz.	
3 Gronden met weinig mogelijkheden voor (gebruiksvorm)	3.1 3.2 enz.	

Fig. 2 Schema met indeling in hoofd-, midden- en onderklassen ten behoeve van de bodemgeschiktheidsclassificatie

De hoofdklasse. Voor iedere vorm van bodemgebruik worden drie hoofdklassen onderscheiden:

1. gronden met ruime mogelijkheden voor (gebruiksvorm),
2. gronden met beperkte mogelijkheden voor,
3. gronden met weinig mogelijkheden voor

De hoofdklassen worden beschreven in termen van het desbetreffende bodemgebruik. Deze omschrijvingen zijn te vinden in hoofdstuk 4 over de bodemgeschiktheid voor de verschillende vormen van bodemgebruik. Een driedeling heeft de prettige eigenschap dat altijd een generalisatie naar "ruime", "beperkte" en "weinig" mogelijkheden gemaakt kan worden; een indeling die door de planologisch georiënteerde kaartgebruikers veel gevraagd wordt.

De middenklasse. Iedere hoofdklasse kan in een aantal middenklassen worden onderverdeeld. Ook de middenklassen worden gedefinieerd in termen van het desbetreffende bodemgebruik. Voor voorbeelden kan ook hier naar het volgende hoofdstuk verwezen worden. De volgorde van de middenklassen is niet altijd een volgorde in geschiktheid.

Het aantal middenklassen wordt voorlopig niet vastgelegd. Dit betekent dat bijv. de hoofdklasse "ruime mogelijkheden" voor de ene vorm van bodemgebruik in twee middenklassen en voor een andere in zes middenklassen kan worden verdeeld. Het betekent eveneens dat bij een zelfde bodemgebruik meer of minder middenklassen onderscheiden mogen worden, afhankelijk van de detaillering van een bodemkaart. De reeks middenklassen van de gedetailleerde kaart is dan niet goed meer vergelijkbaar met die van de globalere kaart.

Omdat het aantal middenklassen niet vaststaat, kunnen ook geen namen worden vastgesteld. Het geven van namen in termen van geschiktheid is trouwens bijzonder moeilijk, omdat het aantal bijwoorden bij "ruime", "beperkte" en "weinig" (bijv. "zeer ruime", "uiterst ruime") waarover men kan beschikken, beperkt is, en deze meestal niet duidelijk aangeven wat men bedoelt. De middenklasse kan dan ook het eenvoudigst met de code worden aangegeven (bijv. 1.1, 2.3).

De onderklasse. De middenklasse wordt op haar beurt in onderklassen onderverdeeld. In de onderklasse wordt de aard van de beperking(en) van de grond aangegeven. De tot één middenklasse behorende onderklassen verschillen in de soort, soms ook in de mate van de beperkingen. Het lettersymbool in de code van de onderklasse (bijv. "n" in "1.3n" van fig. 2) duidt aan, welke beoordelingsfactor beperkend is. Tabel 1 laat zien hoe de codeletters met de beoordelingsfactoren corresponderen. De volgorde van de onderklassen duidt niet op een rangorde in de waardering.

In de geschiktheidsclassificatie voor de bosbouw worden in de onderklasse geen beperkingen, maar het aantal loof- en naaldhoutsoorten dat aan bepaalde groeieisen voldoet, aangegeven.

2.4.5 Actuele geschiktheid en geschiktheid na ingreep

Tenzij anders vermeld, wordt met de geschiktheidsclassificatie steeds de actuele geschiktheid gegeven. Dat is de geschiktheid die geldt voor de bestaande bodemgesteldheid, afgeleid uit de gradaties van de beoordelingsfactoren van de kaarteenheden en voor de opgegeven achtergrondveronderstellingen.

Wanneer op een bepaalde plaats een bepaalde bodemgebruiksvorm, bijv. akkerbouw voorkomt, dan is het niet noodzakelijk, dat de in de geschiktheidsclassificatie voor deze gebruiksvorm opgegeven geschiktheid ook werkelijk ter plaatse gerealiseerd is. De oorzaak hiervan kan bijv. zijn dat de boer de mogelijkheden, de potenties, van de

grond niet volledig benut; het kan ook zijn dat niet voldaan is aan de achtergrondveronderstellingen waarvan bij de classificatie is uitgegaan, bijv. wat betreft de verkaveling of de ontsluiting.

Naast de actuele geschiktheid kan onderscheiden worden de geschiktheid nadat bepaalde ingrepen hebben plaatsgevonden, bijv. diepere ontwatering, bezanding, diepploegen, enz. Als gevolg daarvan zullen de gradaties van bepaalde beoordelingsfactoren veranderen en daarmee de geschiktheid. In zo'n geval wordt gesproken van: geschiktheid voor (met naam genoemde gebruiksvorm) na (met naam genoemde ingreep), kortweg: geschiktheid na ingreep. De geschiktheidsclassificatie na ingreep beschrijft niet, welke maatregelen precies noodzakelijk zijn en wat de kosten ervan zijn; ze geeft alleen antwoord op de vraag, hoe de geschiktheid zal zijn na realisering van een nieuwe bodemkundige toestand. Vroeger werd voor deze vorm van geschiktheid wel de term potentiële geschiktheid gebruikt. Deze term is minder juist en schept verwarring bij de buitenwacht. Het is duidelijk dat ook zonder het verrichten van ingrepen in de bodemgesteldheid (dus uitgaande van de actuele geschiktheid) de mogelijkheden, de "potenties", voor allerlei gebruiksvormen nog niet volledig zijn benut.

2.4.6 Verschil in bodemgeschiktheidsclassificaties voor verschillende gebruiksvormen

De geschiktheidsclassificaties voor akkerbouw, weidebouw of bosbouw die van de bodemkaart van een gebied worden gemaakt, hebben veelal betrekking op gebruiksvormen die al aanwezig zijn. Als men echter geschiktheidsclassificaties voor niet-agrarisch bodemgebruik of voor meer intensieve vormen van tuinbouw samenstelt, is het doel vaak, dat de kaarten worden gebruikt bij de planning van stadsuitbreidingen, de ontwikkeling van recreatieterreinen of de vestiging van tuinbouw. Voor deze gebruiksvormen wordt, meestal uitgaande van landbouwgronden, de bodemgesteldheid meer of minder ingrijpend veranderd. Men is daarom niet zo zeer geïnteresseerd in de gebruikswaarde in de bestaande toestand; men wil weten op welke gronden men het best de gewenste gebruiksvorm realiseren kan.

Dit heeft consequenties voor de geschiktheidsclassificaties. Terwijl bij akker- en weidebouw en bij bosbouw de betekenis van de beoordelingsfactoren bij het formeren van de geschiktheidsklassen vooral afgemeten wordt aan de invloed die zij hebben op de opbrengsten en de jaarlijkse exploitatiekosten, geldt voor niet-agrarische

gebruiksvormen en voor intensieve tuinbouw dat meer gelet wordt op de moeite en kosten die nodig zijn om beperkende factoren te verbeteren. In beide gevallen wordt uitgegaan van de bestaande bodemgesteldheid en de daaruit af te leiden beoordelingsfactoren. In het laatste geval is de geschiktheid echter meer aan de aanlegkosten gerelateerd. In tabel 2 zijn geschiktheidsclassificaties voor sportvelden en voor weidebouw opgenomen die dit verschil illustreren.

Tabel 2. Bodemgeschiktheidsclassificatie van enkele kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, voor sportvelden en weidebouw

Kaarteenheden	Beoordelingsfactoren en hun gradaties				Geschiktheidsklasse	
	ontwat. toest.	vochtl. vermogen	stevigheid	infiltr. capacit.	sport- velden	weidebouw
Hn21 III	4	1	2	1	1.2	2.1
Hn21 V*	3	3	1	1	1.2	2.2
Hn21 VI	2	3	1	1	1.2	2.2
Hn21 VII	1	4	1	1	1.3	3.2
Mn35A III	4	1	2	3	2.5	2.1
Mn35A V*	3	1	2	3	2.5	1.2

De eerste vier voorbeelden hebben betrekking op zandgronden. De geschiktheid voor sportvelden is bij alle vier kaarteenheden groter dan voor weidebouw. Weliswaar zijn er beperkingen voor sportveldgebruik, maar deze zijn relatief gemakkelijk op te heffen. Zo is de ontwateringstoestand 4 in het eerste voorbeeld niet van grote invloed op de geschiktheid, omdat ervan uitgegaan wordt dat deze gemakkelijk te verbeteren is door drainage. Ook een vochtleverend vermogen 4 (voorbeeld 4) telt voor sportvelden minder zwaar dan bij weidebouw, omdat kunstmatige beregening een relatief goedkope maatregel is bij sportvelden. De laatste twee voorbeelden hebben betrekking op kleigronden. De zware bovengrond waarvan de infiltratiecapaciteit gering is, wordt zwaar aangerekend bij de geschiktheidsbeoordeling voor sportvelden. Alleen door een kostbare bezanding is deze beperking te ondervangen. Daarom is de geschiktheid voor weidebouw hier hoger dan voor sportvelden.

2.4.7 Presentatie en registratie van de interpretatiegegevens

In tabellarische overzichten van rapporten bij bodemkaarten worden waarden opgenomen voor de bodemeigenschappen van de kaarteenheden.

heden, de gradaties van de beoordelingsfactoren en de geschiktheidsklassen van diverse bodemgebruiksvormen. De kaartgebruiker kan dan nagaan, welke stappen zijn gezet van bodemeigenschappen via beoordelingsfactoren naar geschiktheidsklassen. De onderlinge verbanden tussen eigenschappen van de kaarteenheden, de beoordelingsfactoren en de geschiktheidsklassen worden ermee gedemonstreerd.

De gegevens over bodemeigenschappen zijn het meest specifiek en kunnen met de grootste mate van betrouwbaarheid worden gepresenteerd. Gedeeltelijk zijn het bij de opname gemeten en waargenomen grootheden, gedeeltelijk zijn ze afgeleid uit de kaarteenheden als correlatief complex.

De beoordelingsfactoren en de gradaties daarin zijn niet rechtstreeks gemeten, maar afgeleid met behulp van de bodemeigenschappen en eventueel andere factoren. Ze zijn minder "hard" dan de bodemeigenschappen. In principe zijn ze echter te kwantificeren.

De geschiktheidsklassen zijn breed en beschrijvend en hebben een hoger abstractieniveau dan de beoordelingsfactoren, bovendien zijn ze behept met méér onzekerheden. Ze hebben een tijdelijk karakter en zijn moeilijk verifieerbaar.

Vaak worden er naast de bodemkaart geschiktheidskaarten voor een bepaalde gebruiksvorm gemaakt, waarop de kaarteenheden naar hun geschiktheid zijn ingekleurd.

De interpretatiegegevens worden ingebracht in het INFA-systeem. In principe is het dan mogelijk met behulp van geautomatiseerde kartografische technieken rechtstreeks interpretatiekaarten te vervaardigen uit deze gegevens.

2.4.8 Functie van de bodemgeschiktheidsclassificatie

Bodemgeschiktheidsclassificaties worden gemaakt om de bestaande kennis omtrent de gebruiksmogelijkheden van de gronden voor een bepaalde gebruiksvorm op een bevattelijke manier te presenteren, vooral ten behoeve van niet-bodemkundig geschoolde kaartgebruikers die planologisch geïnteresseerd zijn. De opzet van de geschiktheidsclassificaties is daarom eenvoudig gehouden en er wordt naar gestreefd de omschrijving van de klassen in voor de leek leesbare en begrijpelijke termen te geven. De driedeling in de hoofdklassen brengt met zich mee, dat er altijd een driedeling in gronden met "ruime", "beperkte" en "weinig" mogelijkheden gemaakt kan worden, hetgeen vooral voor de planologen belangrijk is. Met behulp van de middenklassen kan er desgewenst nog verfijning in worden aangebracht, terwijl voor grootschalige kaarten de onderklassen nadere kwalifi-

caties kunnen geven.

Aangezien de classificaties voor verschillende gebruiksvormen dezelfde structuur hebben, wordt de vergelijking van de gebruikswaarden van een grond voor verschillende gebruiksvormen erdoor vergemakkelijkt. We merken overigens op dat de gelijkvormigheid van de classificaties voor verschillende gebruiksvormen niet betekent, dat de geschiktheden voor verschillende gebruiksvormen ermee tegen elkaar kunnen worden afgewogen, waardoor voor een bepaalde grond zou kunnen worden vastgesteld wat de uit een oogpunt van kosten beste bestemming is.

De geschiktheidsklassen geven slechts een globale benadering van de gebruikswaarde van een grond voor een gebruiksvorm. Ze hebben een hoog abstractieniveau - geschiktheidsklassen hebben een synthetisch karakter, het zijn samenvattingen van velerlei overwegingen - en ze zijn overwegend kwalitatief en beschrijvend, al kunnen bepaalde deelaspecten soms wel getalsmatig uitgedrukt worden. Of gronden voor een bepaalde gebruiksvorm ondergebracht moeten worden in de geschiktheidsklassen "ruime", "beperkte" of "weinig" mogelijkheden (of onderverdelingen ervan) hangt af van de gradaties van voor de betreffende gebruiksvorm relevante beoordelingsfactoren. Daarover zijn afspraken gemaakt. Deze zijn echter empirisch en berusten vooral op ervaringskennis. Er is bijvoorbeeld nooit vastgesteld wat de hoofdklasse "beperkte mogelijkheden voor akkerbouw" precies betekent. Ligt verificatie van de uitspraken over gradaties van beoordelingsfactoren nog wel binnen bereik (zie 2.3), voor de uitspraken over de geschiktheidsklassen is dit veel moeilijker en eigenlijk nog niet ondernomen.

2.5 Het systeem in werking

Het systeem is in januari 1978 operationeel geworden voor interpretatie van bodemkaarten met schalen van 1 : 50 000 tot 1 : 10 000. In de Handleiding voor de Karteringen (Stichting voor Bodemkartering, 1978) is beschreven, welke beoordelingsfactoren en gradaties onderscheiden worden en hoe deze voor de bodemgebruiksvormen akkerbouw, weidebouw en bosbouw tot geschiktheidsclassificaties moeten worden gecombineerd.

Gezien het feit dat het zwaartepunt van het systeem het vaststellen van de gradaties van de beoordelingsfactoren is, moet daaraan bij de toepassing ook de meeste aandacht besteed worden. Dat vergt een wat andere instelling van de beoordelaar dan bij vroegere systemen het geval was. De vraagstelling dient zich niet in de eer-

ste plaats te concentreren op de geschiktheidsklasse waarin een grond moet worden ondergebracht; bijv. of een dikke enkeerdgrond, grondwatertrap VII, in de middenklasse 1.3 of 2.2 thuis hoort. Het gaat er veel meer om, wat de gradaties van de relevante beoordelingsfactoren zijn. Het zijn in de eerste plaats deze bodemkundige vragen die de beoordelaar met behulp van zijn deskundigheid en kennis van zaken moet beantwoorden. Hoe de gradaties van de relevante beoordelingsfactoren tot geschiktheidsklassen voor een bepaalde gebruiksvorm gecombineerd worden, vloeit voort uit de sleutels die daarvoor zijn opgesteld. Om tot uniforme interpretaties te komen en om subjectieve overwegingen daarbij zoveel mogelijk uit te schakelen, is het noodzakelijk dat aan de gegeven voorschriften de hand gehouden wordt. Slechts in overleg met de ervoor aangewezen coördinatoren kan ervan worden afgeweken.

Met de in de karteringshandleiding gegeven aanwijzingen wordt gewerkt tot blijkt, dat het zinnig is er wijzigingen in aan te brengen.

Het gepresenteerde systeem bezit nog veel onvolkomenheden die verbetering behoeven. In dit rapport wordt daar op gewezen; bij de toepassing van het systeem in de praktijk zullen ongetwijfeld aanwijzingen voor verbetering en aanvullingen worden verkregen. In dit verband dient nog te worden gewezen op een belangrijk punt bij het toekennen van de gradaties van de beoordelingsfactoren. Zoals uit het volgende hoofdstuk blijkt, ontbreekt het vaak nog aan voldoende kennis en gegevens om objectief uit de bodemeigenschappen en andere gegevens de gradatie vast te stellen. Empirische methoden en subjectieve zienswijzen blijven er dan ook een rol bij spelen, waardoor gemakkelijk verschillen in beoordeling kunnen ontstaan. Bij het coördineren van de interpretatie zal dan ook aan dit aspect de meeste aandacht dienen te worden besteed. Het aanwijzen van standaardprofielen die als referentie kunnen dienen, zal daarbij van nut zijn. Daarnaast zal het onderzoek vooral dienen te werken aan voor het vaststellen van de gradaties bruikbare kwantificeringsschema's. Ook de in de karteringshandleiding gepresenteerde geschiktheidsclassificaties voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw en de bijbehorende sleutels zullen voortdurend kritisch dienen te worden bekeken om ze eventueel later bij te stellen.

3. BESCHRIJVING VAN DE BEOORDELINGSFACTOREN

De beoordelingsfactoren worden besproken in de volgorde waarin ze in tabel 1 vermeld zijn. Achtereenvolgens komen telkens aan de orde: begripsomschrijving, praktische betekenis, onderscheiden gradaties en vaststelling daarvan.

3.1 Ontwateringstoestand

3.1.1 Begripsomschrijving

De ontwateringstoestand als beoordelingsfactor heeft betrekking op de frequentie en de lengten van de perioden, waarin de grond niet of maar gedeeltelijk met water verzadigd is, speciaal in de natere jaargetijden als herfst, winter en voorjaar.

Het vochtgehalte en het ermee corresponderende luchtgehalte van de grond wijzigen zich voortdurend in de loop van het jaar onder invloed van neerslag, verdamping en afvoer. Dat een zekere hoeveelheid poriën van de grond met lucht gevuld is, is van grote betekenis voor een aantal voor het bodemgebruik belangrijke bodemprocessen en groei-plaatsomstandigheden. Het gaat daarbij vooral om dat deel van de grond waarin het bodemleven zich voornamelijk afspeelt en de plantewortels zich bevinden; meestal zijn dit de bovenste 50 à 100 cm. De ontwateringstoestand beoogt een aanduiding te geven van de mate waarin het poriënstelsel van dit deel van de grond met lucht gevuld is en van de wijzigingen die zich in de loop van het jaar erin voordoen.

Het is bekend dat in klei- en zavelgronden minstens 10% van het grondvolume en bij zandgronden ruim 15% met lucht gevuld moet zijn om een goede uitwisseling van bodemlucht tegen atmosferische lucht mogelijk te maken (Wesseling, 1957; Perdok et al., 1974). Bij dit aëratieproces gaat het om aanvoer van zuurstof voor wortelademhaling en microbiologische processen, en afvoer van in de grond geproduceerd koolzuur. Bij "natte" gronden en in gronden met te weinig met lucht gevulde poriën kan de wortelgroei gaan stagneren en kunnen microbiologische processen in het gedrang komen.

De lucht-vochtverhouding van de grond is van invloed op de bodemtemperatuur. Omdat water een grotere warmtecapaciteit heeft dan lucht, zijn "natte" gronden dikwijls kouder dan droge. Dit is van belang, omdat allerlei biologische processen in de grond sterk door de omgevingstemperatuur worden beïnvloed (Feddes, 1971).

Van zeer grote betekenis is ook het feit dat de lucht-vochtverhouding de stevigheid en de structuur van de grond beïnvloedt.

"Natte" gronden zijn over het algemeen gevoelig voor structuurberderf en weinig draagkrachtig. Dit geldt temeer naarmate het lutumgehalte en het organische-stofgehalte van de grond hoger zijn (zie verder 3.6). "Natte" gronden zijn ook later bewerkbaar in het voorjaar; er wordt later gezaaid en gepoot. "Droge" gronden daarentegen zijn vroeg. Op zulke gronden zullen eerder en in groter getale voor de voorjaarswerkzaamheden geschikte, zogenaamde werkbare dagen voorkomen. Globale normen voor het werkbare zijn, zijn een vochttoestand van de grond overeenkomend met een p_f van ca. 2,0 op lichte zavelgronden tot ca. 3,0 op zware kleigrond (zie verder 3.5).

Uit het bovenstaande volgt, dat het bij deze beoordelingsfactor duidelijk om de luchtvoorziening van de grond gaat. Het zou denkbaar zijn geweest, dit in de naam van de beoordelingsfactor tot uitdrukking te brengen. Gekozen is echter voor de term ontwateringstoestand, een in de landbouw algemeen gebruikte term. Door ontwateringsmaatregelen tracht men in de landbouw te komen tot verbetering van de luchthuishouding.

De ontwateringstoestand is een complexe factor die afhankelijk is van:

- vorm en afmetingen van het poriënstelsel, de poriëndistributie;
- diepte en fluctuatie van het grondwater.

De poriëndistributie van een grond wordt bepaald door textuur, organische-stofgehalte en structuur. De poriëndistributie heeft grote invloed op de kracht waarmee het water door de grond wordt vastgehouden en daarmee op de vulling van de poriën met water of lucht en verder op de stroming van water en lucht door de grond. Voor een uitvoerige bespreking hiervan vanuit bodemfysisch en veldbodemkundig standpunt wordt verwezen naar Bouma, 1977.

Grondwater komt in veel Nederlandse gronden betrekkelijk ondiep (binnen 1 à 1,5 m) voor, althans gedurende een gedeelte van het jaar. Het bepaalt dan in belangrijke mate het luchtgehalte van de grond. Aangezien de ontwateringstoestand een aanduiding wil geven van het luchtgehalte in natte omstandigheden, is als voornaamste maatstaf voor indeling van gronden naar ontwateringstoestand de in winter en voorjaar optredende gemiddeld hoogste grondwaterstand, GHG, gekozen. Waarden hiervoor kunnen van de bodemkaart worden afgelezen (Van Heesen, 1965). Naarmate de GHG ondieper is, zal de frequentie van ondiepe grondwaterstanden groter zijn. Als gevolg daarvan zullen méér poriën langere tijd met water gevuld zijn en zal het luchtgehalte van de grond lager zijn. Daarnaast wordt bij de indeling rekening gehouden met de aard van de poriëndistributie boven het niveau van

de GHG, namelijk wanneer zeer grove of zeer fijne poriën aanwezig zijn. Het is duidelijk dat de ontwateringstoestand als hiervoor gedefinieerd slechts een zeer grove aanduiding geeft van de luchthuishouding van de grond en van de voorkomende luchtgehalten. Dat een grondwaterstand, de GHG, als belangrijkste maatstaf voor de indeling naar ontwateringstoestand gebruikt wordt, sluit aan bij wat in Nederland in de praktijk van het landbouwkundig onderzoek gebruikelijk is. Men stelt vast bij welke grondwaterstandsdiepte de optimale bodemgebruiksomstandigheden aanwezig zijn en men poogt dan deze toestand door ingrepen in de waterhuishouding te realiseren (Visser, 1958; Wind, 1963; Van Wijk en Feddes, 1975).

3.1.2 De praktische betekenis van de ontwateringstoestand

Met lucht gevulde poriën zijn nodig voor de aëratie van de grond. Aëratie, uitwisseling van bodemlucht tegen atmosferische lucht, is een voor de plantengroei en het bodemleven belangrijk proces. Wortelgroei en wortelactiviteit lopen terug en houden geheel op in de nabijheid en bij overschrijden van de in de vorige paragraaf genoemde grenswaarden voor luchtgehalten (Van der Sluijs, 1972; Van der Sluijs en Houben, 1978). Hetzelfde geldt voor verschillende aëroob verlopende microbiologische processen.

Belangrijk voor de landbouw is dat de ontwateringstoestand een sterke invloed heeft op de beschikbaarheid van stikstof voor de plant (Van Wijk en Feddes, 1975). Bij slechte aëratie wordt de N-mineralisatie geremd. Bekend is overigens dat op natte gronden het nadelig effect van slechte N-mineralisatie door extra N-giften gecompenseerd kan worden.

Feddes (1971) en Van Wijk en Feddes (1975) wijzen op het belang van de ontwateringstoestand van de grond voor de bodemtemperatuur en daarmee voor de kieming, de eerste opkomst en de groei; op natte gronden verlopen deze vertraagd. Het meest gunstige vochtspanningstraject voor kieming ligt tussen pF 2,0 en pF 2,7.

Over de betekenis van de vroegheid valt het volgende te zeggen (Van Wijk en Feddes, 1975). De bewerkbaarheid van de grond in het voorjaar bepaalt het tijdstip van zaaien. Hoe eerder gezaaid kan worden, des te langer is in het algemeen het groeiseizoen en des te groter de opbrengst. Tevens geldt dat bij diepere ontwatering de werkzaamheden over een langere periode kunnen worden verdeeld; mede daardoor is de gewassenkeuze groter. Meestal is in het voorjaar de bovengrond te nat en moet gewacht worden tot de bovenlaag voldoende droog is. Diepere ontwatering geeft in het algemeen een grotere kans

op werkbare dagen zo vroeg mogelijk in het voorjaar. Evenzo geldt dat er in het najaar meer dagen of dagen later in het seizoen voor oogstwerkzaamheden beschikbaar zullen zijn. Ongunstige oogstvoorwaarden kunnen opbrengstvermindering en kwaliteitsvermindering geven.

In de weidebouw is de ontwateringstoestand van belang voor de lengte van weideperiode. Goed ontwaterde gronden geven vroeg in het voorjaar grasgroei, verder zijn ze vroeg in het voorjaar en laat in het najaar beweidbaar en berijdbaar, omdat ze voldoende stevig zijn. Op slecht ontwaterde gronden treden grotere beweidings- en ruwvoeder-verliezen op dan op goed ontwaterde gronden. Geringe stevigheid is in de winter en het voorjaar een ongunstige factor, omdat als gevolg daarvan het uitrijden van mest en het strooien van N moet worden uitgesteld. De noodzaak van een grotere opslagcapaciteit voor mest en een verlate grasgroei kunnen er de gevolgen van zijn.

Bij de beoordeling van de grond voor gebruik als sportveld, kampeerterrein of als speel- en ligweide is de ontwateringstoestand belangrijk in verband met de groei van het grasgewas, maar veel meer nog in verband met de begaanbaarheid en de berijdbaarheid van de grond.

De beoordelingsfactor ontwateringstoestand wordt toegepast bij de geschiktheidsbeoordelingen voor alle vormen van bodemgebruik. De praktische betekenis ervan is groot, hetgeen tot uiting is gebracht in het gewicht dat aan deze factor bij de geschiktheidsbeoordelingen wordt toegekend.

Wanneer de bestaande ontwateringstoestand als beperkend voor een gebruiksvorm wordt ervaren, spreekt men van "wateroverlast".

3.1.3 Gradaties in ontwateringstoestand

Er worden vijf gradaties onderscheiden; deze kunnen bij de meeste gronden met de GHG worden gedefinieerd, zoals in tabel 3 is aangegeven.

Tabel 3. Gradaties in ontwateringstoestand, bijbehorende referentiewaarden voor GHG, bijbehorende grondwatertrappen en GHG's volgens de Gt-indeling

Gradatie	GHG-referentiewaarde cm - maaiveld	GT	GHG volgens Gt-indeling cm - maaiveld
1	>80	VII, VII*	>80
2	40-80	IV, VI	40-80
3	25-40	II*, III*, V*	<40 "droger deel"
4	15-25	II, III, V soms I	<40 "natter deel"
5	<15	I soms II	40 "zeer nat deel"

In bepaalde gevallen, bij gronden met overwegend grove of overwegend fijne poriën, kan een hogere respectievelijk lagere gradatie worden toegekend dan met de tabel overeen komt (zie 3.1.4).

Indien men behoefte heeft aan een verbale omschrijving, dient men voor de gradaties 1, 2, 3, 4 en 5 respectievelijk de termen zeer diep, vrij diep, matig diep, vrij ondiep en zeer ondiep te gebruiken. Wanneer men deze termen met het woord ontwateringstoestand verbindt ontstaat een wat "krom" Nederlands; het verdient daarom aanbeveling de gradaties van de ontwateringstoestand in cijfers aan te geven.

3.1.4 Vaststelling van de gradaties in ontwateringstoestand

De voornaamste maatstaf voor de ontwateringstoestand is de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG). Tijdens de kartering wordt de GHG bij elke boring schattenderwijze vastgesteld aan de hand van profiel- en veldkenmerken. Steeds dienen deze schattingen zoveel mogelijk te worden gecontroleerd met de resultaten van grondwaterstandsmetingen. De mate van nauwkeurigheid waarmee men de GHG kan schatten, is op gronden met ondiepe grondwaterstanden zeker niet kleiner dan op gronden met diepe grondwaterstanden. Volgens de gegevens in tabel 3 blijkt echter, dat met behulp van de GHG's in het traject 0-40 cm drie gradaties in ontwateringstoestand gedefinieerd worden, tegen maar één in het traject 40-80 cm en één in het traject dieper dan 80 cm. Op natte gronden werkt dus de GHG sterker differentiërend; een fout in de GHG-schatting zal hier eerder tot een onjuiste gradatie in ontwateringstoestand leiden dan op gronden met diepere GHG's het geval is. De fout in de schatting van de GHG kan al gauw 10 à 15 cm bedragen.

Het bovenstaande dient om duidelijk te maken, dat de GHG-gegevens die men voor de interpretatie ter beschikking heeft, speciaal in het "natte" traject slechts een grove maatstaf zijn voor het vaststellen van de gradatie in ontwateringstoestand. Waar mogelijk, zal getracht worden met behulp van landschappelijke of bodemkundige kenmerken aanvullende interpretatieregels op te stellen.

De gradatie 5 wordt in het algemeen slechts toegekend aan de zeer natte delen van het landschap, zoals moerassige gronden, kwelplekken en kreekbeddingen. De daar voorkomende GHG's zullen meestal de waarde hebben, zoals opgegeven in tabel 3. De gradatie 1 en ook 2 zal doorgaans met behulp van GHG-gegevens zonder veel moeilijkheden vastgesteld kunnen worden. Het vaststellen van 3 en 4 zal in het

algemeen met de grootste onzekerheid belast zijn.

In sommige gevallen zal men bij de toekenning van de gradatie behalve met de GHG ook rekening moeten houden met de aard (textuur, structuur) van de grond boven het grondwaterniveau; wanneer deze veel fijne, langdurig met water gevulde poriën bezit, wordt een hogere (nattere) gradatie toegekend dan met het niveau van de GHG overeenkomt. Gedacht wordt hierbij aan zeer sterk opdrachtige gronden, komklei, tertiaire kleien e.d. Omgekeerd zal aan een grond met overwegend zeer wijde poriën en met een geringe grondwaterstandsfluctuatie een lagere (drogere) gradatie gegeven worden dan met de GHG overeenkomt. Deze situatie doet zich bijv. voor in "duinzandgronden" die in gebruik zijn bij de tuinbouw en een zeer goede waterbeheersing hebben. Volgens de GHG zou men tot gradatie 3 moeten besluiten. In werkelijkheid hebben we met een goede, constante luchtwaterverhouding te maken, zodat ten minste gradatie 2 toegekend kan worden.

3.2 Vochtleverend vermogen

3.2.1 Begripsomschrijving

Het vochtleverend vermogen van de grond is de hoeveelheid vocht die in een groeiseizoen van 150 dagen (15 april - 15 september) en in een 10% droogtejaar aan de plantewortel kan worden geleverd. De grootte ervan wordt bepaald door de hoeveelheid beschikbaar vocht in de bewortelbare zone van de grond plus de hoeveelheid die vanuit het grondwater aan de bewortelbare zone geleverd kan worden. Figuur 3 geeft dit zeer schematisch weer. Uitgegaan is van een verdeling van het profiel in bewortelbare zone en ondergrond. De voorjaarsgrondwaterstand, bij benadering bekend uit de grondwatertrap, is bepalend voor de vochtverdeling in het profiel in het voorjaar (lijn ABC). De lijn DE geeft het vochtgehalte in de bewortelbare zone aan, als deze tot het verwelkingspunt is uitgeput door vochtonttrekking. Als aangenomen wordt dat géén afvoer van water naar de ondergrond en géén kwel heeft plaats gevonden, geeft ABED de beschikbare hoeveelheid vocht in de bewortelbare zone weer. BCFE geeft dan de capillair naar de bewortelbare zone opgestegen hoeveelheid aan, want in de geschetste situatie is alleen de capillaire opstijging verantwoordelijk voor de daling van de grondwaterstand naar het zomerniveau. Meestal zal er echter ook afvoer van water naar de ondergrond of kwel hebben plaatsgevonden en moet een deel van de verandering in grondwaterstand en de ermee samenhangende verandering van de vochtinhoud daar-

uit verklaard worden. Hiervoor is een correctie nodig. Het vochtleverend vermogen van de grond hangt dus af van:

- de aard en de opbouw van het bodemprofiel; in dit verband zijn niet alleen de dikte en de vochthoudendheid van de bewortelbare zone belangrijk, maar in verband met de capillaire nalevering ook de onverzadigde doorlatendheid of het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond.
- de hydrologische situatie; hierbij valt te denken aan het grondwaterregiem, speciaal de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand GVG* en de gemiddeld laagste grondwaterstand GLG en verder aan de mogelijkheden van ondergrondse afvoer en aanvoer van water.

De hoeveelheid vocht die door een grond in een bepaald jaar werkelijk aan het gewas geleverd wordt, de vochtleverantie, hangt behalve van de aard van het gewas vooral van de weersgesteldheid af. In droge zomers zal de vochtleverantie gelijk zijn aan het vochtleverend vermogen of dit meer of minder dicht benaderen; in natte zomers echter wordt er veel minder door de grond geleverd. Ook de aard van het gewas speelt een rol bij de leverantie van vocht door de grond. Zo kan een grond het gehele jaar door met gras begroeid zijn, terwijl suikerbieten er slechts een deel van het jaar op voorkomen. Als gevolg daarvan zal grasland langer aanspraken op de vochtvoorraad in de grond doen.

Voor de beoordeling van de betekenis van het vochtleverend vermogen van de grond is het belangrijk te weten, hoe dikwijls "droge" en "natte" zomers voorkomen, met andere woorden hoe frequent in de groeiperiode van de gewassen neerslagtekorten van bepaalde grootten verwacht mogen worden. Tabel 4 geeft hierin inzicht. Uit de tabel is bijv. af te lezen, dat in een groeiperiode van 120 dagen (beginnend 15 april en dus eindigend half augustus) er een kans van 10% is dat het neerslagtekort groter is dan 202 mm, dat wil zeggen gemiddeld 10 keer per 100 jaar.

Een neerslagtekort van meer dan 105 mm in de groeiperiode van 120 dagen komt gemiddeld in 50 van de 100 jaar voor (in dit geval spreekt men van een 50% of gemiddeld jaar), terwijl in 90 van de 100 jaar het neerslagtekort meer dan 28 mm is. Wanneer de lengte van de groeiperiode groter is (bijv. 150 dagen), mag een groter neerslagtekort

* De GVG is de gemiddelde grondwaterstand op 14 april. Voor pleistocene zandgronden geldt: $GVG = 1,01 \text{ GHG} + 0,15 (\text{GLG} - \text{GHG}) + 14,27$, of de hiervan afgeleide vuistregel $GVG = \text{GHG} + 30$ (in cm) (Van der Sluijs en Van Egmond, 1976).

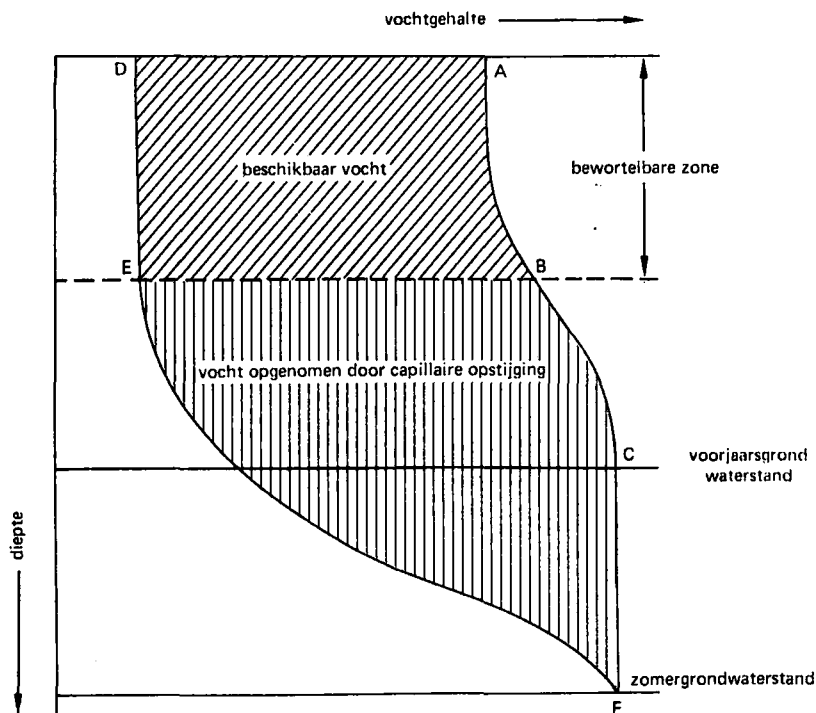


Fig. 3 Schematische weergave van de berekening van het vochtleverend vermogen van de grond (naar Wesseling, 1976, p. 340)

Tabel 4. De k-daagse sommen van het neerslagtekort (mm) vanaf 15 april voor periodenlengten die met 15 dagen toenemen en de daarbij behorende overschrijdingskans (naar Rijtema; zie Van Heesen en Van der Sluijs, 1974)

	Periodenlengte (dagen)									
	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
Overschrij- dingskans (%)										
90	3	6	9	13	17	20	24	28	24	21
50	14	30	41	53	68	85	95	105	108	112
20	27	55	78	101	117	134	152	170	182	195
10	32	64	88	113	138	163	182	202	217	233
1	40	80	116	151	191	231	259	288	307	326

verwacht worden (behalve bij 90% kans). Het is duidelijk, dat voor teeltkundige doeleinden de gronden met een vochtleverend vermogen dat ook in droge zomers (bijv. in een 10% jaar) in het dan optredende neerslagtekort kan voorzien, het hoogst gewaardeerd worden.

Uit het voorgaande blijkt, dat voor onderlinge vergelijkbaarheid van gegevens over vochtlevering van gronden standaardisatie

nodig is. Daarom is afgesproken, dat bij de beoordeling van het vochtleverend vermogen van de grond uitgegaan wordt van de neerslagtekorten zoals die mogen worden verwacht in de 150-daagse periode, beginnend op 15 april, in een 10% jaar. De 150 dagen dekken ongeveer de groeiperioden van aardappelen, bieten en maïs. Een complicatie is nog dat berekeningen als in tabel 4 uitgevoerd voor verschillende delen van het land laten zien, dat het neerslagtekort in het zuiden des lands en in de kuststreek hoger is dan in de rest van het land. In de toekomst als meer cijfermateriaal hierover voorhanden is, zal een procedure worden uitgewerkt die rekening houdt met de verschillen in neerslagtekorten tussen regio's. Voorlopig wordt slechts gewerkt met de waarden vermeld in tabel 4.

3.2.2 De praktische betekenis van het vochtleverend vermogen

Gewassen moeten voor de optimale groei kunnen beschikken over een hoeveelheid vocht, overeenkomend met de maximaal mogelijke (potentiële) verdamping. Aan deze behoefte kan slechts gedeeltelijk worden voldaan door de in het groeiseizoen vallende neerslag, omdat veelal in die periode de verdamping de neerslag overtreft (fig. 4). In het optredende tekort kunnen de gewassen geheel of gedeeltelijk voorzien door vocht aan de bodemvoorraad te onttrekken. Indien het tekort in onvoldoende mate kan worden aangevuld, worden de planten in hun groei geremd. Dit heeft opbrengstvermindering tot gevolg en ook kan de kwaliteit van de gewassen er nadelig door worden beïnvloed.

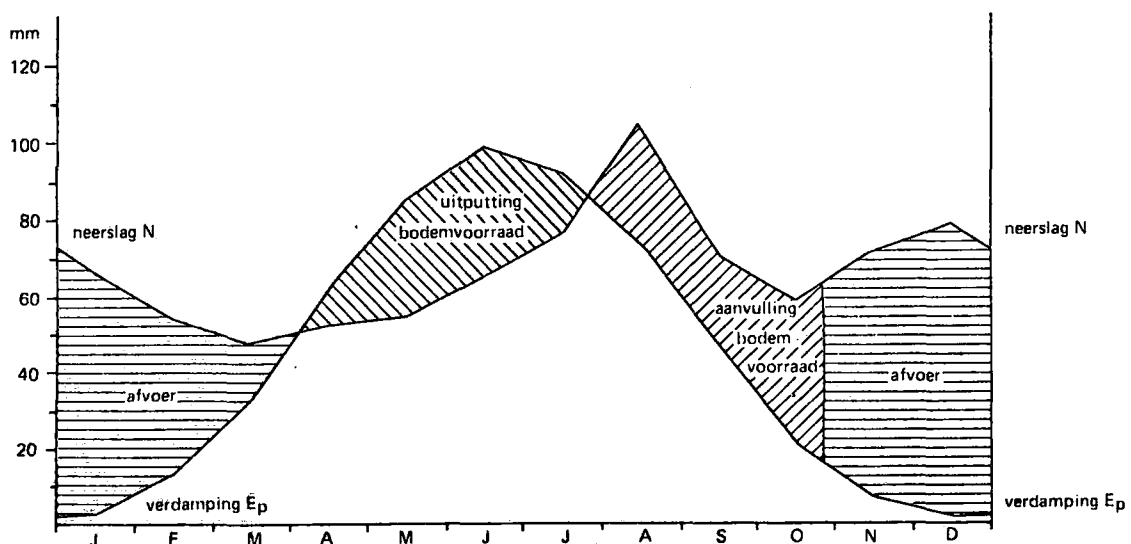


Fig. 4 Gemiddelde neerslag en potentiële verdamping in Nederland (naar Wesseling, 1974)

In een gemiddeld jaar (50% jaar) is er een neerslagtekort in de periode van half april tot half september (tabel 4) van ruim 100 mm. Veel gronden kunnen gemakkelijk in dit tekort voorzien, bijv. de wat betere zandgronden en bijna alle kleigronden. In wat drogere jaren echter is de neerslag in de zomer kleiner, terwijl de verdamping groter is. Zo mag eens per 10 jaar over dezelfde periode een neerslagtekort van ruim 200 mm verwacht worden (tabel 4). In veel gevallen is de bodemvoorraad dan onvoldoende om in dit tekort te voorzien. Vooral in de zandgronden, die betrekkelijk weinig vochthoudend zijn, en in gronden met diepe grondwaterstanden komt dit voor.

De beoordelingsfactor vochtleverend vermogen wordt toegepast bij al die bodemgebruiksvormen waarbij plantengroei een rol speelt. Speciaal als het doel is voedsel- of vezelproductie, zoals in de landbouw in brede zin, is het gewicht van deze factor groot, hetgeen in de geschiktheidsbeoordeling tot uiting is gebracht. Voor het recreatieve bodemgebruik weegt de factor wat minder zwaar.

Wanneer het vochtleverend vermogen niet optimaal is, dat wil zeggen een beperking voor een bepaalde gebruiksvorm is, spreekt men van "droogtegevoeligheid".

3.2.3 Gradaties in vochtleverend vermogen

Er worden vijf gradaties onderscheiden, zoals aangegeven in tabel 5, waarbij elke gradatie door een hoeveelheid door de grond te leveren millimeters vocht gedefinieerd is. Indien men behoefte heeft aan een omschrijving dient men voor de gradaties 1 t/m 5 resp. de termen zeer groot, vrij groot, matig, vrij gering en zeer gering te gebruiken.

Tabel 5. Gradaties in vochtleverend vermogen

Gradatie	Vochtleverend vermogen in mm
1	>200
2	150-200
3	100-150
4	50-100
5	<50

Met het feit dat de kuststreek en het zuiden van het land een hoger neerslagtekort hebben dan de rest van het land, wordt in de indeling géén rekening gehouden. Onderzocht wordt of het mogelijk is hierin te voorzien. In afwachting daarvan bestaat de mogelijkheid in

bepaalde gevallen correcties op de in tabel 5 aangegeven gradaties toe te passen, echter niet zonder overleg met de coördinatiegroep bodemgeschiktheid van de Stichting voor Bodemkartering.

3.2.4 Vaststelling van de gradaties in vochtleverend vermogen

In principe is het mogelijk het vochtleverend vermogen van de grond op elke willekeurige plaats te berekenen. Er dienen dan echter wel zeer veel gegevens voorhanden te zijn en de berekening is gecompliceerd. Aangezien dikwijls gegevens ontbreken, moet met onderstellingen gewerkt worden; de gradatie in vochtleverend vermogen is dan een benadering van de werkelijkheid.

3.2.4.1 Hangwater-, contact- en grondwaterprofielen

Een voor de vaststelling van het vochtleverend vermogen belangrijke onderscheiding is die in hangwater-, contact- en grondwaterprofielen. Als de voorjaarsgrondwaterstand (GVG) zich op een zodanige afstand onder de onderkant van de bewortelbare zone bevindt, dat capillaire nalevering in het geheel niet of nauwelijks van betekenis is, spreekt men van hangwaterprofielen. Alleen het beschikbare vocht in de bewortelbare zone bepaalt dan de grootte van het vochtleverend vermogen. Bedoelde afstand is in leemarm matig fijn zand ten minste 75 cm, in zwak lemig zand 100 cm, in sterk lemig zand 140 cm.

Gronden waarin gedurende het gehele groeiseizoen een capillaire nalevering van betekenis aan de bewortelbare zone kan plaatsvinden, noemt men grondwaterprofielen. Een capillaire vochtstroom die in dit verband van betekenis is, moet - om een orde van grootte aan te geven - gemiddeld 2 mm per dag kunnen bedragen. In het westen van het land komen deze gronden veel voor (een goed voorbeeld zijn bijv. de voor de bollenteelt gebruikte afgezande gronden in de duinstreek). In de zandstreken zijn veel gronden in beekdalen grondwaterprofielen. Hier vindt men gradatie 1 voor vochtleverend vermogen.

Gronden die in het voorjaar beginnen met levering van vocht uit het grondwater aan de bewortelbare zone, maar waar dit in de loop van het groeiseizoen ophoudt, noemt men contactprofielen.

3.2.4.2 Bewortelbare zone

Het is van groot belang dat de dikte van de bewortelbare zone zo nauwkeurig mogelijk wordt vastgesteld. Aanwijzingen hiervoor zijn te vinden in Houben (1979). In veel gronden, vooral zandgronden, is

de onderkant van de bewortelbare zone betrekkelijk scherp begrensd en gemakkelijk aan te geven. In sommige gronden echter kan een gering aantal wortels diep in de ondergrond doorlopen. Voor het vaststellen van de dikte van de bewortelbare zone in zulke gevallen zijn of worden oplossingen voorgesteld (zie Houben, 1979). In sterk gestructureerde gronden (bijv. komgronden) wijkt het wortelbeeld af van dat in niet-gestructureerde grond. De wortels zijn ijl verdeeld en concentreren zich vooral in scheuren en holten rondom de structuurelementen. De modelvoorstellingen gaan echter uit van een homogeen door wortels ontsloten bewortelbare zone. In hoeverre hierop correcties kunnen worden aangebracht voor sterk gestructureerde gronden, vormt een punt van onderzoek in het rivierkleigebied.

In sommige gevallen worden voor een grond of kaartenheid twee waarden opgegeven, bijv. omdat bos een veel diepere bewortelbare zone heeft dan eenjarige gewassen; hierdoor is bos in staat een grotere hoeveelheid aan de grond te onttrekken. Op bepaalde typen zandgronden doet zich dit voor*.

3.2.4.3 Vochthoudendheid

pF-gegevens verschaffen informatie over de vochthoudendheid van de grond en het beschikbare vocht. Voor zandgronden kan verwezen worden naar Krabbenborg en Van der Sluijs (1976). Deze gegevens zullen nog worden herzien, terwijl ook publikaties in voorbereiding zijn over pF-gegevens van andere typen gronden in diverse regio's (Poelman c.s.).

3.2.4.4 Onverzadigde doorlatendheid

Het capillair geleidingsvermogen is nog slechts op een beperkt aantal plaatsen in Nederland gemeten. Geleidelijk zullen meer cijfers ter beschikking komen, die geschikt zullen zijn voor berekeningen van vochtleverend vermogen. Uiteindelijk zal dit leiden tot een herziening van de bekende reeks van Rijtema die, gebruik makend van literatuurgegevens, voor 20 "grondsoorten" het verband geeft tussen onverzadigde doorlatendheid en vochtspanning (zie Rijtema, 1969; Van Heesen en Van der Sluijs, 1974; Bouma, 1977; Bouma (ed.), 1979).

* Hierbij merken we op dat de potentiële verdamping (verdamping bij optimale vochtvoorziening) bij bos groter is dan bij andere gewassen (Van den Berg, 1975). Geldt voor gras: potentiële verdamping is 0,7 of 0,8 x open water verdamping, bij bos is de potentiële verdamping in het groeiseizoen 1,15 x open water verdamping. Voorlopig houden we hiermee géén rekening.

3.2.4.5 Grondwaterhuishouding

Gegevens over voorjaars- en zomergrondwaterstanden kunnen worden ontleend aan de grondwatertrap (zie o.a. Van der Sluijs en Van Egmond, 1976a en 1976b). Voor de berekening van het vochtleverend vermogen is verder ook kennis nodig van kwel en afvoer naar waterlopen. Meestentijds zal men hier met aangenomen waarden werken.

3.2.4.6 Neerslagtekorten

Gegevens over frequenties van neerslagtekorten van verschillende plaatsen in Nederland, op de juiste manier bewerkt, zijn op dit moment nog niet in voldoende mate aanwezig. Wel worden ze door het KNMI op verzoek van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding en de Stichting voor Bodemkartering verzameld. Aan de hand daarvan zal nagegaan worden in hoeverre het nodig is een regio-indeling naar verschillen in neerslagtekorten voor Nederland te maken.

3.2.4.7 Modelberekeningen van het vochtleverend vermogen

In de toekomst zullen met behulp van modellen (bijv. van Rijtema of De Laat) berekeningen worden gemaakt van het vochtleverend vermogen van diverse gronden, waarbij gebruik zal worden gemaakt van beschikbaar komende metingen van het capillair geleidingsvermogen en van nieuwe berekeningen van neerslagtekort-frequenties. De resultaten hiervan, vast te leggen in tabelvorm, zullen kunnen dienen als referentiewaarden bij de vaststelling van het vochtleverend vermogen van overeenkomstige gronden (zie verder Van Heesen en Van der Sluijs, 1974; Bouma, 1977; Stoffelsen en Bouma, 1979).

3.2.4.8 Benaderingen van het vochtleverend vermogen

Uit het voorgaande blijkt dat de vaststelling van het vochtleverend vermogen door het ontbreken van benodigde gegevens soms met veel onzekerheden behept zal zijn en slechts een benadering van de werkelijkheid zal geven. Door echter die elementen, die wel binnen meetbereik liggen, zo nauwkeurig mogelijk vast te stellen, draagt men er toe bij de onzekerheid van de schatting te verkleinen. Dit geldt in sterke mate voor de dikte van de bewortelbare zone, verder voor de pF-gegevens en de gegevens over grondwaterstanden.

Als de dikte van de bewortelbare zone bekend is en als men beschikt over pF-gegevens van de hierin voorkomende lagen, kan men als

volgt te werk gaan om te komen tot een benadering van het vochtleverend vermogen. Men berekent voor de verschillende lagen van de bewortelbare zone het evenwichtsvochtgehalte bij de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG), trekt hiervan het vochtgehalte bij verwelkingspunt af en sommeert dan. Vervolgens gaat men na of de aldus verkregen hoeveelheid vocht nog aangevuld kan worden met vocht uit het grondwater. Hiervoor kan men uitgaan van de indeling in grondwater-, contact- en hangwaterprofielen.

Bij grondwaterprofielen kan men meestal rekenen op een onbeperkte vochtaanvoer vanuit het grondwater. Deze gronden zullen gradatie 1 krijgen.

Bij de hangwaterprofielen telt alleen het beschikbare vocht in de bewortelbare zone mee voor het vochtleverend vermogen.

Het vochtleverend vermogen van de contactprofielen is moeilijker vast te stellen. Het komt gewoonlijk overeen met de gradaties 2, 3 of 4. Voor de bepaling berekent men eerst, op dezelfde wijze als bij de hangwaterprofielen, het beschikbaar vocht in de bewortelbare zone. Op grond van deze uitkomst kent men een "voorlopige" gradatie toe. Vervolgens probeert men een schatting te maken van de periode waarin het grondwater zo diep wegzakt dat de capillaire nalevering onvoldoende wordt. Afhankelijk van de periode waarin dit plaatsvindt (begin, midden of eind van het groeiseizoen) en van de hoeveelheid beschikbaar vocht in de bewortelbare zone kan men de "voorlopige" gradatie handhaven of één of twee klassen opschuiven. Houben (1977 en mondelinge mededeling) geeft hiervoor de volgende vuistregel. De gradatie 4, 3 of 2 wordt toegekend indien de capillaire nalevering onvoldoende wordt respectievelijk in de periode vóór begin juni, tussen begin juni en half juli en na half juli. Bij de toepassing van deze vuistregel moet men bedenken, dat het vochtleverend vermogen van het gehele profiel niet lager kan zijn dan dat van de bewortelbare zone.

De vochtnalevering bij contactprofielen is afhankelijk van de afstand tussen de onderkant van de bewortelbare zone en de GLG en verder van de Z-afstand of de Z-waarde bij 2 mm capillair vochttransport per etmaal. De Z-afstand is de hoogte boven de grondwaterstand (in cm), waarover nog een capillair transport van 2 mm per etmaal mogelijk is; 2 mm is een hoeveelheid die gemiddeld voor verdamping nodig is. De Z-afstand is afhankelijk van de grondsoort; enkele waarden zijn vermeld in tabel 6.

Het zich afvragen, hoe vaak gewassen verdrogen, kan eveneens bijdragen tot het verkrijgen van inzicht in het vochtleverend vermo-

gen. Zo kunnen gronden waarvan de gewassen drie van de vier jaren of nog vaker verdrogen, niet voorzien in het dan optredende neerslagtekort van 50 of minder mm. Zij krijgen dan gradatie 5. Gradatie 4 krijgen de gronden die gemiddeld ten minste eens in de twee jaren verdrogen. Met deze benaderingen kan men de extremen redelijk goed indelen, maar de grote moeilijkheid blijft het maken van onderscheid in de middengroep.

Tabel 6. Z-afstanden voor een capillaire opstijging van betekenis (ca. 2 mm per etmaal) in een aantal typen ondergrond, geschat op basis van gewas- en profielwaarnemingen

Aard ondergrond	Z-afstand in cm	
	gemiddeld	spreiding
Kleiarm zeezand	40	30-50
Kleiig zeezand	70	50-100
Leemarm dekzand	70	50-90
Zwak lemig dekzand	110	90-140
Sterk lemig dekzand	160	140-250
Lichte zavel	130	100-180
Zware zavel	90	90-120
Lichte klei	70	60-100
Matig zware klei	60	50-80
Zeer zware klei	40	30-60
Oud veenmosveen	30	10-40
Zeggeveen	40	30-60

Ook kunnen de referentiewaarden voor vochtleverend vermogen, samengevat in de tabellen 7 en 8 behulpzaam zijn bij de schattingen.

3.3 Interne drainage

3.3.1 Begripsomschrijving

Met interne drainage wordt beoogd een aanduiding te geven van de doorlatendheid van het profieldeel dat boven het niveau van de ontwateringsdiepte ligt. Het gaat daarbij vooral om de gronden die een langzame of zeer langzame verzadigde doorlatendheid bezitten. Ondiep in het profiel voorkomende, langzaam water doorlatende lagen vertragen de waterafvoer door het profiel. De grond boven zo'n laag kan daardoor in regenperiodes natter zijn dan eronder. Bij zeer lang-

Tabel 7. Gradaties in vochtleverend vermogen van enkele fijnzandige zandgronden en moerige gronden uit het dekzandgebied .

Gradatie	Legenda-eenheden 1 : 50 000	Gt's	Bewortelbare diepte
1	Elke eenheid	I, II, II*	2 à 3 dm of meer
	Hn/pZn/pZg/W	III, III*, IV	5 dm of meer
	EZ/cHn/pZn/W	III, III*, IV	4 à 5 dm of meer
	cHn/pZn/W	V en V*	6 dm of meer
	cHn/pZn/cY/W	VI	7 dm of meer
	EZ	V en V*	5 à 6 dm of meer
	EZ	VI	7 dm of meer
2	Hn/pZn/pZg/Zn/W	III, III*, IV	4 à 5 dm
	Hn/pZn/pZg/Zn/W	V en V*	5 à 6 dm
	Hn/pZn/pZg/Zb	VI	7 dm
	cHn/pZn/W	V en V*	5 à 6 dm
	cHn/pZn/cY	VI	+6 dm
	EZ	VI	5 à 6 dm
	EZ	VII	8 à 9 dm
3	Hn/pZn/pZg/Zn/W	III, III*, IV	2 à 3 dm
	Hn/pZn/pZg/Zn/Zb/W	V en V*	3 à 4 dm
	Hn/pZn/pZg/Zn/Zb/W	VI	4 à 6 dm
	cHn/pZn/cZd/cY	VII	8 dm
	EZ	VII	6 à 8 dm
4	Hn/pZn/Zn/Zd/Zb	VI	3 à 4 dm
	Hn/pZn/Zn/Zd/Zb	VII	5 à 7 dm
	cHn/pZn/cZd/cY	VII	4 à 7 dm
5	Hn/pZn/Zn/Zd/Zb	VI	+2 dm
	Hn/pZn/Zn/Zd/Zb	VII	3 à 5 dm

Tabel 8. Gradaties in vochtleverend vermogen van enkele zeekleigronden en van moerige gronden uit het zee- en rivierkleigebied

Gradatie	Legenda-eenheden 1 : 50 000	Gt
1	Mn15A	alle Gt's (Gt VII soms 2)
	Mn25A, Mn35A	alle Gt's
	Mn45A	alle Gt's (Gt VI en VII soms 2)
	pMn55A, pMn85A	alle Gt's
	pMn55C	alle Gt's
	pMn85C	alle Gt's (Gt VI en VII soms 2)
	pMn86C met uiz. van profielverloop 4 bij Gt V, V* en VI	III, IV, V, V*, VI
	pMo50, pMo80, Mo50C, Mo80C	II, III, IV
	Mn15C, Mn25C	alle Gt's
	Mn85C	alle Gt's (Gt VI en VII soms 2)
	Mn86C met uitz. van profielverloop 4 bij Gt V, V*, en VI	II, III, IV, V, V* en VI
	gMn15C, gMn25C	alle Gt's
	gMn85C	alle Gt's (Gt VI en VII soms 2)
	gMn35C, gMn83C	alle Gt's (Gt V* en VI soms 2)
	gMn88C	II, III, V
	Mv61C, Mv41C met uitz. van ondergrond met mosveen en fijn zeggeveen bij Gt III en IV	II, III, IV
	Mn12A, Mn22A, Mn82A, Mn52C, Mn82C alle veengronden en moerige gronden met uitz. van eenheden met toevoeging <u>d</u>	II, III, IV
2	Mn12A, Mn22A, Mn82A, Mn52C, Mn82C	V, V*, VI
	pMn86C, Mn86C met profielverloop 4	V, V*, VI
	Mv61C, Mv41C met ondergrond van mosveen of fijn zeggeveen	III, IV
	gMn88C	V, V*, VI
	zware homogene kleigronden met toevoeging <u>p</u>	V*, VI
3	Mn12A, Mn22A, Mn82A	VII
	Mn52C, Mn82C	VII

N.B. Veengronden en moerige gronden met toevoeging d maken wat vochtleverend vermogen betreft vaak een complexe indruk.

zame doorlatendheid van een laag ondiep in het profiel (minder dan ca. 1 cm per etmaal) kan zich grondwater boven de laag verzamelen. Langzaam doorlatende lagen beneden het ontwateringsniveau kunnen eveneens bijdragen tot het vertragen van de afvoer van het regenwater, des te meer naarmate de afstand tussen ontwateringsniveau en slecht doorlatende laag kleiner is. Vertraagde afvoer heeft in het algemeen hoge grondwaterstanden tot gevolg. Dit wordt in de gradaties van de ontwateringstoestand tot uiting gebracht. De langzame doorlatendheid maakt dat het dikwijls zeer moeilijk is en veel kosten vergt de ontwatering te doen beantwoorden aan de eisen die voor een bepaald bodemgebruik aan de grond worden gesteld.

De langzaam doorlatende lagen zijn in het algemeen ook storend voor de opwaartse waterbeweging, de capillaire opstijging van vocht naar de wortels.

De bodemlagen met een langzame verzadigde doorlatendheid hebben doorgaans een hoog lutum- of leemgehalte. Bij uitdroging treedt er vaak krimp en scheurvorming in op, als gevolg waarvan de in de zomer of herfst op deze grond vallende neerslag snel naar de ondergrond afgevoerd wordt (zie Bouma en Dekker, 1978a). In natte toestand, wanneer ze dichtgezwollen zijn, bezitten ze echter een langzame doorlatendheid. Dit is de kritieke periode van de ontwatering, in het winterhalfjaar, wanneer er een neerslagoverschot is.

3.3.2 De praktische betekenis van interne drainage

Natheid die een gevolg is van een slechte afwatering, kan dikwijls met betrekkelijk geringe kosten worden verholpen. Wanneer echter natheid een gevolg is van langzame doorlatendheid, zijn ingrijpende maatregelen nodig. Hiertoe behoren buisdrainage met geringe onderlinge afstand van de drainreeksen, opvullen van de drainsleuven met snel doorlatend materiaal, zoals zand, het maken van smalle zandsleufjes haaks op de drains en zelfs het verwijderen van de langzaam doorlatende lagen. Voor de meeste vormen van agrarisch bodemgebruik zijn deze ingrepen niet meer economisch verantwoord; men beperkt zich dan tot oppervlakkige afvoer van overtollig water door greppels. Slechts ten behoeve van intensieve vormen van tuinbouw en bij aanleg van bijv. sportvelden worden de eerder genoemde maatregelen toegepast. De kosten die dan gemaakt moeten worden, vormen een belangrijke factor bij het aangeven van de mogelijkheden na verbetering van de waterhuishouding voor een bepaald bodemgebruik.

3.3.3 Registratie van interne drainage

Er worden gewoonlijk géén gradaties in interne drainage onderscheiden. Slechts van gronden met in de bovenste 80 cm van het profiel lagen waarvan de verzadigde doorlatendheid kleiner is dan ca. 1 cm per etmaal, kan dit in de beoordelingstabellen door het teken + worden aangegeven. Bij detailkarteringen voor specifieke gebruiksdoelen kunnen zo nodig nadere indelingen gemaakt worden naar diepte, dikte en doorlatendheid van de lagen.

3.3.4 Gegevens over doorlatendheid

Het eenvoudigst is de doorlatendheid van een bodemlaag te meten met de boorgatenmethode (Van Beers, 1958). Voor metingen ondiep in het profiel is echter dikwijls de grondwaterstand niet hoog genoeg. Dan biedt de kolommenmethode (Bouma, 1977; Dekker en Bouma, 1978a en 1978b) uitkomst. Deze heeft het voordeel dat een groot grondvolume bij de meting betrokken is en de grond vrijwel onberoerd wordt gelaten.

Om snel een inzicht te krijgen in verschillen in doorlatendheid, kan men in natte perioden grondwaterstanden meten in twee naast elkaar gelegen boorgaten, waarvan de onderkant van het ene gat reikt tot aan een naar verwachting langzaam doorlatende laag, en de onderkant van het andere gat beneden de betreffende laag eindigt. Wanneer inderdaad een langzaam doorlatende laag aanwezig is, zal men in natte perioden in het ondiepe gat een één tot enkele decimeters hogere grondwaterstand meten dan in het diepe gat (Domhof et al., 1965). Lagen die de verticale waterbeweging in een bodemprofiel zouden kunnen storen vanwege langzame doorlatendheid, zijn opgenomen in de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, wanneer ze aan de volgende diktecriteria voldoen:

- moerige tussenlagen en spalterveenlagen: ≥ 5 cm
- briklagen en kleilagen (profielverloop 3): ≥ 15 cm
- toevoeging x: ≥ 20 cm.

Van de volgende legenda-eenheden kan men verwachten, dat de verticale waterbeweging soms te wensen overlaat. De hierna volgende opsomming heeft echter geen absolute betekenis, maar moet meer als een attenderingslijstje gezien worden.

Veengronden: veengronden met bagger, verslagen veen en gyttja binnen boorbereik (hVd, pVd, kVd, Va), veengronden met een podzolprofiel binnen boorbereik (aVp, zVp, Vp), waardveengronden (kVs, kVc, kVd).

Brikgronden: kuilbrikgronden (BLn5, BLn6, BKn25, BKn26).

Zaekleigronden: leekeerd- en woudeerdgronden (pMn56C, pMn86C),
drechtvaaggronden (Mv41C), poldervaaggronden (Mn56C, Mn86C, gMn83C,
gMn88C, kMn63C, kMn68C, kMn43C, kMn48C).

Rivierkleigronden: drechtvaaggronden (Rv01C), poldervaaggronden
(Rn67C, Rn47C, Rn94C, Rn44C, Rn45C, bRn46C).

Oude kleigronden: leek- en woudeerdgronden (pKRn8), poldervaag-
gronden (KRn8), kleefaarde (KM), glauconietklei (KG), rendzina (KD),
zeer ondiepe keileem (KX), potklei enz.

Voorts de legenda-eenheden met de volgende toevoegingen:

....w, 15 à 40 cm moerig materiaal, beginnend tussen 40 en 80 cm
(niet bij veengronden),

....c, spalterveen, ten minste 5 cm dik en direct onder de bovengrond
beginnend (alleen bij veengronden en moerige gronden),

....x, keileem of potklei beginnend tussen 40 en 120 cm en ten minste
20 cm dik,

....t, andere oude klei dan keileem of potklei beginnend tussen 40 en
120 cm en ten minste 20 cm dik.

3.4 Infiltratiecapaciteit

3.4.1 Begripsomschrijving

Met infiltratiecapaciteit wordt beoogd aan te geven in welke mate de grond in staat is regenbuien te verwerken. In dit opzicht zijn er grote verschillen tussen gronden. Bij sommige treedt snel plasvorming op, bij andere is dit in mindere mate of bijna niet het geval. Beoordeling van dit proces is van betekenis bij recreatief bodemgebruik (kampaeerterreinen, speel- en ligweiden, sportterreinen); in het algemeen gaat het dan om een bodemoppervlak met een grasmat.

De beweging van neerslag vanaf het bodemoppervlak door poriën, scheuren en gangen de grond in wordt infiltratie genoemd. De snelheid waarmee dit gebeurt, is de infiltratiesnelheid of opnamesnelheid (mm/min). De infiltratiecapaciteit is de infiltratiesnelheid bij juist beginnende plasvorming (maximale infiltratiesnelheid). Deze neemt met de tijd af (Bruggenwert et al., 1966).

Infiltratie kan worden gemeten met een infiltrometer, een stalen cylinder met een diameter van ca. 2 dm die enige centimeters in het bodemoppervlak wordt gedrukt. Vervolgens wordt water op het oppervlak gebracht en gedurende de meting op een constant niveau van enige centimeters boven het bodemoppervlak gehandhaafd. Gemeten wordt het verloop in de opname van water gedurende bijv. een uur door de

grond (Vis en Geenen, 1972). De infiltratiecapaciteit is van velerlei factoren afhankelijk. In de eerste plaats het poriënvolume en de poriëndistributie als basis voor de doorlatendheid van de grond en de vraag of men al dan niet met zwellende gronden te maken heeft. Van wezenlijk belang is de vochttoestand aan het begin van de proef, de vochtverdeling in het profiel en de grondwaterstandsdiepte. Bij een zeer droge uitgangstoestand hebben vooral zavel- en kleigronden door scheuren een hoge infiltratiecapaciteit. Ook de toestand van de toplaag is van invloed. Met gras begroeide toplagen hebben altijd een grote infiltratiecapaciteit. Wanneer door betreding en berijden het gras verdwijnt en de grond verdicht wordt - vooral lutumrijkere gronden, betreden en bereden in natte toestand, zijn daarvoor gevoelig -, neemt de infiltratiecapaciteit af.

Voor een kwantitatieve beschrijving van de opname en stroming van water door de onverzadigde grond, zoals dat plaats heeft bij infiltratie, wordt verwezen naar Bouma (1977] en Bouma en Dekker (1978a en 1978b]. Het probleem bij de infiltratieproef zoals boven beschreven, is dat geen wezenlijke fysische eigenschappen van de grond gemeten worden. De proef geeft echter wel een kwalitatief inzicht in de verschillen die ten aanzien van plasvorming tussen gronden bestaan en speciaal ten aanzien van de betekenis die de aard van de toplaag in dit verband heeft. De infiltratiecapaciteit van de bovengrond wisselt van tijd tot tijd. Hij gaat achteruit doordat bij betreden en berijden de bovengrond wordt verdicht. Door krimp en zwel, maar vooral ook door de biologische activiteiten in de bovengrond wordt de infiltratiecapaciteit weer verhoogd.

Uit onderzoek is gebleken dat bij gebruik als kampeerterrein de doorlatendheid van vooral kleigronden sterk achteruitgaat. Dit gebeurt vooral, omdat er onder natte omstandigheden op gelopen en gereden wordt. Naarmate een betere grasmat aanwezig is en de grond humeuzeur is, blijft deze door de grotere activiteit van met name wormen beter doorlatend.

De humusarme lichte kleigronden hebben een gering herstellingsvermogen. Hierin ontstaan gemakkelijk blijvende verdichtingen (Dawson et al., 1978).

Belangrijk is nog te weten aan welke eisen de infiltratiecapaciteit wat betreft het verwerken van neerslag moet voldoen. Vis en Geenen (1972) kozen buien met een intensiteit van 0,3 mm/min en een hoeveelheid van 18 mm als maatgevende neerslag. Deze en zwaardere regens komen eenmaal per drie jaar voor. Zij stelden dat 1 uur na begin van een bui geen hinder in de vorm van plassen meer ondervonden mag worden. De infiltratiecapaciteit moet dus 18 mm per uur zijn. In

het algemeen bleek uit metingen op kampeerterreinen dat met gras begroeide toplagen van zandgronden en veengronden aan deze eis voldoen; die op zavelgronden eveneens, zij het in duidelijk mindere mate; gronden met een toplaag van zware klei voldeden er niet aan (Vis en Gaenen, 1972).

Uit nog niet gepubliceerde gegevens kwam naar voren dat zavelgronden nogal gevoelig zijn voor verdichting. Op veel belopen en betreden terreingedeelten waar de conditie van de grasmat verslechtert, vermindert de infiltratiecapaciteit snel. De grond gaat een betonstructuur vertonen. Regeneratie als gevolg van zwel en krimp treedt hier niet zo gemakkelijk op als bij kleigronden. Op alle grondsoorten is het overigens zo dat het ontbreken van een grasmat de infiltratie ongunstig beïnvloedt.

3.4.2 De praktische betekenis van infiltratiecapaciteit

Een hoge infiltratiesnelheid is belangrijk op kampeerterreinen en speel- en ligweiden. Gedurende het zomerseizoen mag hier geen wateroverlast door plasvorming optreden. Vooral voor kampeerterreinen geldt dat; er mag geen water in de tenten stromen en na een bui dient het water snel in de grond te verdwijnen. De grond mag ook niet zo gevoelig zijn voor betreden, dat gemakkelijk structuurverval en verdichting en daarmee achteruitgang van de infiltratiecapaciteit optreedt, zoals op lutumrijke gronden. Overigens worden speel- en ligweiden in natte toestand minder intensief betreden dan kampeerterreinen.

Sportterreinen worden, anders dan de hiervoor genoemde terreinen, zowel in het zomer- als in het winterhalfjaar gebruikt. Ook hier geldt als eis dat plasvorming tot een minimum beperkt moet blijven. Om dit te bewerkstelligen - en om de toplaag stroever te maken -, worden voor sportveldgebruik alle grondsoorten behalve de humus- en laemarme zandgronden met zand verschraald of van een zandtoplaag voorzien. Als gunstige omstandigheid kan worden vermeld, dat de hiervoor genoemde maatgevende neerslag van 0,3 mm/min en 18 mm per uur in de winterperiode niet voorkomt.

3.4.3 Gradaties in infiltratiecapaciteit

Er worden drie gradaties in infiltratiecapaciteit onderscheiden (tabel 9). Hierbij wordt gedacht aan met gras begroeide bovengronden en de gradaties worden beschreven in samenhang met de gevoeligheid voor verdichting bij intensieve betreding.

Tabel 9. Gradaties in infiltratiecapaciteit

Gradatie	Omschrijving	Infiltratiecapaciteit* mm/uur
1	hoge infiltratiecapaciteit, weinig gevoelig voor verdichting	> 18
2	hoge infiltratiecapaciteit, gevoelig voor verdichting	> 18
3	lage infiltratiecapaciteit en/of gevoelig voor verdichting	< 18

*Referentiewaarden; ze hebben geen absolute betekenis. Resultaten van metingen op veldvochtige met gras begroeide grond zijn verricht volgens de door Vis en Geenen (1972) beschreven methode.

Gegeven het feit dat infiltratiecapaciteit van veel omstandigheden afhankelijk is en verder dat er weinig fysische meetgegevens voorhanden zijn, die bovendien niet gemakkelijk zijn te interpreteren, zal infiltratiecapaciteit voorlopig slechts globaal en kwalitatief kunnen worden benaderd. De referentiewaarden in tabel 10, die ontleend is aan het onderzoek van Vis en Geenen (1972), kunnen hierbij tot steun zijn.

Tabel 10. Gradaties in infiltratiecapaciteit bij een aantal eenheden van de bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000

Gradatie	Legenda-eenheid 1 : 50 000 en grondwatertrap
1	Y21, Hn21, Hd21, Y30, Hn30, Hd30, Vo, Vc met verschillende Gt's
2	pZg23, EZg23, pZn23, Mn15A, Mn10A, OpVb met verschillende Gt's
3	Mn45A, Rn47C, Mn86C, pMn86C, pVb, Rv01C, hVb, hVc met verschillende Gt's

3.5 Verkruimelbaarheid

3.5.1 Begripsomschrijving

De verkruimelbaarheid geeft een aanduiding van het gemak waarmee de bouwvoor zich laat verkruimelen, en van de breedte van het vochtgehalte-traject waarbinnen dit mogelijk is. Verkruimelbaarheid wordt hier beschouwd als een hoedanigheid van het bodemmateriaal zelf, die kan worden afgeleid uit het lutum-, kalk- en organischestofgehalte van de bouwvoor.

Bij het verkruimelen van de grond wordt gestreefd naar een breukvorming van zodanige aard en intensiteit, dat voldoende fijne aggregaten ontstaan. De vorming daarbij van (grove) kluiten wordt in het algemeen als ongunstig beschouwd. Bij dit proces moeten de bindingskrachten (cohesiekrachten) tussen de gronddeeltjes onderling overwonnen worden. Vooral de kleideeltjes beïnvloeden sterk de binding: hoe meer kleideeltjes, hoe sterker de binding. Bij stijging van het organischestofgehalte en het kalkgehalte daarentegen, neemt de binding af (Boekel, 1972). Het vochtgehalte van de grond is eveneens sterk van invloed op de binding en daarmee op de verkruimelbaarheid. Elke klei-, zavel- of leemgrond heeft een vochtgehalte-traject, waarbinnen verkruimeling mogelijk is. Aan de "droge" kant wordt het traject begrensd door een vochtgehalte waarbij de bindingskrachten zo groot zijn, dat verkruimeling onmogelijk is. Aan de "natte" kant is er een vochtgehalte waarbij de grond zo plastisch gaat worden, dat bij groundbewerking versmering optreedt. Het vochtgehalte-traject waarbinnen verkruimeling mogelijk is (ook wel bewerkingstraject of bewerkingsmarge, genoemd) is klein bij zware klei (zie fig. 5, traject c-c'); de voor verkruimeling benodigde energie is hoog. Bij zavel is een veel groter vochtgehalte-traject bruikbaar. Zand is bijna altijd en bovendien gemakkelijk verkruimelbaar; alleen extremen in verband met verstuiving of "modderen" moeten worden vermeden. In het algemeen geldt dus dat moeilijker verkruimelbaarheid gepaard gaat met een kleiner voor verkruimeling geschikt vochtgehalte-traject. Over de vochtspanningswaarden die dit traject aan weerszijden begrenzen, is niet veel cijfermateriaal voorhanden. Bij lichte zavelgronden ligt de ondergrens bij een pF van ca. 2,0, bij zware klei dicht bij 3,0 (zie verder Perdok en Tanis, 1975; Boels en Wind, 1975a; Wind, 1976).

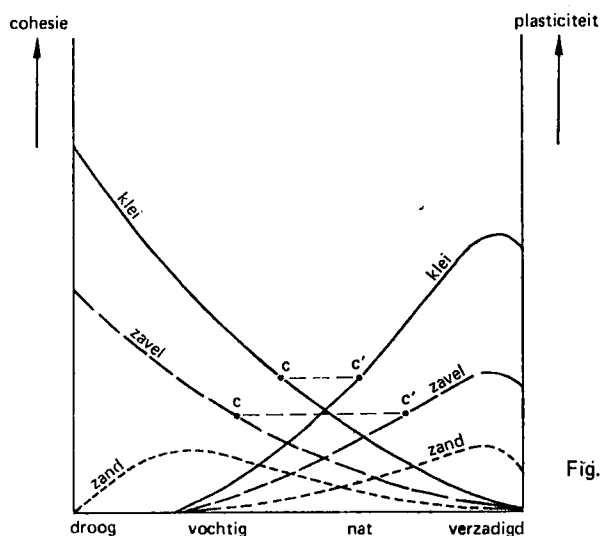


Fig. 5 Invloed van het vochtgehalte op cohesie en plasticiteit bij klei, zavel en zand
c - c' bewerkingstraject (naar Perdok, 1976)

Bij de beoordeling van de verkruimelbaarheid wordt aangenomen dat de bouwvoor een vochtgehalte binnen het vereiste vochtgehalte-traject heeft. Of dat op het voor verkruimeling gewenste tijdstip ook werkelijk het geval is, hangt van verschillende omstandigheden af. Het vochtgehalte van de bouwvoor stijgt en daalt geregeld als gevolg van neerslag, verdamping en afvoer door het profiel. Daarom zullen de profielopbouw en de ontwateringstoestand van de grond en ook het patroon van neerslag en verdamping mede in beschouwing moeten worden genomen als men wil weten op hoeveel dagen en wanneer men in het voorjaar kan rekenen op een vochtgehalte van de grond die verkruimeling toelaat, op hoeveel dagen men in het najaar kan rekenen op bodemomstandigheden die oogstwerkzaamheden toelaten, enz. Begrippen als vroegheid en aantal werkbare dagen komen dan aan de orde. Bij het moderne grondbewerkingsonderzoek wordt aan deze aspecten veel aandacht besteed; daarom zullen wij zo mogelijk de resultaten daarvan in de toekomst in onze beoordelingen inbouwen. Op dit moment moet worden volstaan met een beoordeling van de verkruimelbaarheid op basis van het lutum-, kalk- en organische-stofgehalte van de grond. De beoordeling van de ontwateringstoestand geeft daarnaast globaal aan wat voor mogelijkheden er in voor- en najaar zijn, dat het voor grondbewerkingswerkzaamheden gewenste vochtgehalte bereikt wordt.

3.5.2 De praktische betekenis van de verkruimelbaarheid

Bij diverse landbouwkundige maatregelen wordt ingegrepen in de gesteldheid van de bouwvoor. Dit gebeurt bij het ploegen, het maken van een zaai bed, het effenen van de grond, het aanaarden van gewassen, de onkruidbestrijding, het inwerken van organisch materiaal en

het oogsten van rooivruchten. Deze werkzaamheden geven problemen als de grond moeilijk verkruimelbaar is, dat wil zeggen, als de werkzaamheden veel energie vragen en slechts bij een nauw vochtgehalte-traject mogelijk zijn en als de fijnheid van de verkregen aggregaten te wensen overlaat. In veel gevallen kan de grond als materiaal zo moeilijk verkruimelbaar zijn, dat zelfs bij goede ontwatering akkerbouw in gemechaniseerde vorm vrijwel onmogelijk wordt. In veel andere gevallen, waarbij de grond als materiaal gemakkelijk of redelijk gemakkelijk verkruimelbaar is, kan de ontwateringstoestand van dien aard zijn, dat tijdige grondbewerkings- en oogstwerkzaamheden en daarmee de gemechaniseerde akkerbouw uitgesloten moeten worden geacht.

Hoewel dit aspect in beschouwing genomen wordt bij de ontwateringstoestand (par. 3.1), wijzen we er hier nog eens op dat een diepe ontwateringstoestand mede een voorwaarde is voor het verkrijgen van een redelijk aantal werkbare dagen zo vroeg mogelijk in het voorjaar. Hoe vroeger de gewassen aan de groei zijn, des te hoger in het algemeen de opbrengst. Hoe groter het aantal werkbare dagen, des te efficiënter het dure machinepark van het bedrijf benut kan worden (zie ook: Perdok en Tanis, 1975; Perdok, 1976; Boekel, 1974).

3.5.3 Gradaties in verkruimelbaarheid

Er worden drie gradaties onderscheiden, zoals omschreven in tabel 11.

Tabel 11. Gradaties in verkruimelbaarheid

Gradatie	Omschrijving
1	gemakkelijk verkruimelbaar over meestal een breed vochtgehalte-traject
2	tamelijk gemakkelijk verkruimelbaar over een betrekkelijk breed vochtgehalte-traject
3	moeilijk verkruimelbaar over een nauw vochtgehalte-traject

3.5.4 Vaststelling van de gradaties in verkruimelbaarheid

Alleen gronden met een bovengrond van klei, zavel of leem worden op verkruimelbaarheid beoordeeld. Gronden met een bovengrond van

zand of moerig materiaal worden geacht gemakkelijk verkruielbaar te zijn. Gradaties in verkruielbaarheid kunnen worden afgeleid uit het lutum-, leem-, organische-stof- en kalkgehalte van de grond, zoals is aangegeven in tabel 12. Deze tabel is afgeleid uit de tiendelige schaal voor bewerkbaarheid uit het waarderingsysteem van De Vries (1974), die teruggrijpt op de resultaten van het onderzoek van Boekel (1972).

Tabel 12. Gradaties in verkruielbaarheid van de bouwvoor in afhankelijkheid van zwaarte, organische-stofgehalte en kalkklasse van de bouwvoor

Samenstelling van de bouwvoor			Gradaties in verkruielbaarheid van de bouwvoor	
zwaarte	organische-stofgehalte (%)	kalkklasse		
zeeklei- en rivierkleiafzettingen (% lutum)	eolische afzettingen (% leem)			
8 - 17,5	-	geen indeling	kalkloos	1
	-	geen indeling	kalkarm, kalkrijk	1
17,5 - 25	-	<2	kalkloos	2
	-		kalkarm, kalkrijk	2
	-	>2	kalkloos	2
	-		kalkarm, kalkrijk	1
25 - 35	-	<5	kalkloos	2 of 3 ¹⁾
	-		kalkarm, kalkrijk	2
	-	>5	kalkloos	2
	-		kalkarm, kalkrijk	1 of 2 ¹⁾
>35	-	<5	kalkloos	3
	-		kalkarm, kalkrijk	2 of 3 ¹⁾
	-	>5	kalkloos	2 of 3 ²⁾
	-		kalkarm, kalkrijk	2
-	> 50	geen indeling	kalkloos	1 of 2 ³⁾

1) Afhankelijk van de plaatselijke situatie

2) Bij veel organische stof gradatie 2

3) Als vuistregel geldt: gradatie 1 voor een bouwvoor met minder dan 17,5% lutum
gradatie 2 voor een bouwvoor met meer dan 17,5% lutum.

3.6 Stevigheid van de bovengrond

3.6.1 Begripsomschrijving

Stevigheid van de bovengrond geeft een aanduiding van het weerstandsvermogen van de grond tegen de belasting, die optreedt bij het beweiden door vee, het betreden door de mens, het berijden met landbouwwerktuigen. Daarbij wordt om gronden onderling vergelijkbaar te maken steeds een met gras begroeide bovengrond in beschouwing genomen.

Het gewicht (plus eventueel de bewegingsenergie) van de zich op

het grondoppervlak bevindende voorwerpen oefent een druk (kracht per oppervlakte-eenheid) uit. Is de tegendruk (draagkracht) van de grond hiertegen kleiner, dan daalt het grondoppervlak. Daardoor wordt de grond verdicht en neemt zijn weerstand (draagkracht) toe. Dit gaat door totdat de grond voldoende draagkracht heeft. De voorwerpen die de belasting uitoefenen (koeienhoef, wagenwiel, enz.) kunnen meer of minder ernstige vervormingen van de grond veroorzaken, die zich uiten als vertrapping van de zode, insporing, enz. (Wind, 1972).

De stevigheid van de met gras begroeide bovengrond, waarbij wij denken aan de bovenste 5 à 15 cm van de grond, is afhankelijk van de aard van de graszode, van de "dichtheid" van de grond en van het vochtgehalte ervan.

De sterk met elkaar vervlochten wortels van de graszode geven, zeker wanneer de zode goed gesloten is, een verhoging van de draagkracht. De bodembehandeling in het moderne weidebedrijf, met hoge N-giften heeft echter tot gevolg dat de groei van zodevormende grassen en van klavers wordt belemmerd ten gunste van sterk groeiend, pollen-vormend gras. Dit leidt tot een graszode met een verminderde draagkracht.

Een grote invloed op de stevigheid en de draagkracht heeft de "dichtheid" van de grond. In het algemeen geldt; hoe dichter de grond hoe groter de draagkracht.

In figuur 6 is voor verschillende vochtspanningen het verband gegeven tussen de draagkracht van een bovengrond met een penetrometer, gemeten als indringingsweerstand, en de dichtheid van de grond, aangegeven met het poriënvolume. De waarde die voor het poriënvolume of het poriëngetal gemeten wordt, is vooral afhankelijk van organische-stofgehalte, textuur en structuur (zie ook Van Wallenburg en Van der Sluijs, 1973).

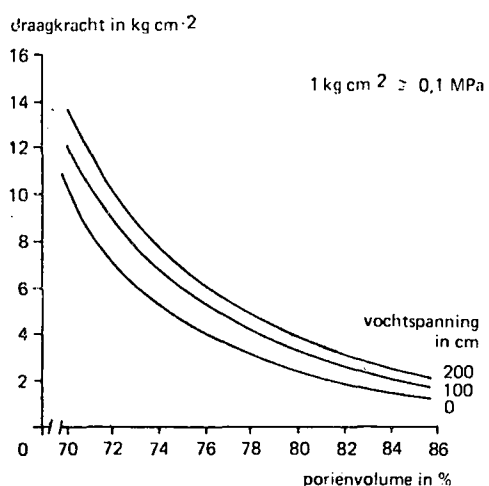


Fig. 6 De draagkracht van bosveen (37% organische stof) in afhankelijkheid van de dichtheid (gemeten als poriënvolume), bij drie vochttoestanden (Wind, 1972)

Of een bepaalde grond los of vast is kan op verschillende manieren worden weergegeven: met het droog volumegewicht, het poriënvolume of het poriëngetal.

Het droog volumegewicht (v.g.) is het gewicht van 1 cm³ grond in natuurlijke ligging en gedroogd bij 105 °C.

Het poriënvolume, p, geeft de verhouding tussen het door poriën ingenomen volume (Vp) en het totale volume (Vt) van de grond:

$$p = \frac{V_p}{V_t} \times 100\%.$$

Het poriëngetal, e, is de verhouding tussen het door poriën ingenomen volume (Vp) en het volume vaste delen (Vv): $e = \frac{V_p}{V_v}$. Bij processen waarbij volumeveranderingen van de grond optreden, wordt om praktische redenen vaak met het poriëngetal gewerkt om de dichtheid aan te geven, niet met het poriënvolume.

Het verband tussen poriëngetal en poriënvolume wordt gegeven door: $e = \frac{p}{100 - p}$.

Uit een bepaalde waarde voor poriënvolume of poriëngetal kan echter niet zonder meer afgeleid worden of een grond los of vast is. Ook de aard van de grond speelt daarbij een rol. Een poriëngetal van 1,9 geeft voor een veengrond met een organische-stofgehalte van 40% een zeer verdichte toestand aan, voor een eerdgrond met een organische-stofgehalte van 12% echter een zeer losse toestand. In verband hiermee wordt wel met het begrip relatieve dichtheid gewerkt. Zie hiervoor: Van Wallenburg en Van der Sluijs (1973).

Een zeer grote invloed op de stevigheid van de grond heeft het vochtgehalte. Als een grond wordt belast, wordt hij, wanneer de draagkracht onvoldoende is, verdicht totdat voldoende stevigheid is bereikt. De verdichting bestaat vooral uit het uitdrijven van lucht uit de grond. Wanneer nu een grond verzadigd raakt met water, voordat voldoende stevigheid bereikt is, zakt het belastende voorwerp in de grond (Wind, 1972). Hoge vochtgehalten, dat wil zeggen: een gering aantal met lucht gevulde poriën, zullen dus eerder tot vertrapping leiden dan lage vochtgehalten.

Het vochtgehalte van de bovengrond is afhankelijk van de profielopbouw en de daarmee samenhangende doorlatendheid van de grond en van de diepte van de grondwaterstand; verder in sterke mate van neerslag en verdamping. Stevigheidsproblemen doen zich dan ook vooral voor in perioden dat de neerslag de verdamping overtreft, op gronden waar de grondwaterstand hoog is, waar minder doorlatende lagen ondiep in het profiel tijdelijk een hoog vochtgehalte veroorzaken, enz. In de maanden mei, juni en juli, wanneer de verdamping de neerslag overtreft, is de stevigheid vrijwel steeds voldoende.

3.3.2 De praktische betekenis van de stevigheid van de bovengrond

In het weidebedrijf brengt een onvoldoende stevige bovengrond de volgende bezwaren met zich mee (Schothorst, 1970). In winter en voorjaar kan het transport van mest niet op het gewenste tijdstip plaatshebben. Bij beweiding gaat veel gras verloren door vertrapping. In ernstige gevallen is het berijden van de grond gedurende lange tijd niet mogelijk en kan het vee niet (op tijd) worden ingeschaard. Indien het land toch bereden wordt of vee wordt ingeschaard, kunnen de gevolgen zijn: spoorvorming, vertrapping en vernieling van de graszode, opbrengstderving, achteruitgang van het grasbestand.

In de akkerbouw leidt onvoldoende draagkracht tot moeilijkheden bij het uitvoeren van grondbewerkings- en gewasbehandelingsmaatregelen. Deze problematiek wordt echter bij de beoordelingsfactor ontwateringstoestand in beschouwing genomen. Een goede oplossing voor het signaleren van draagkrachtproblemen los van de ontwateringstoestand, zoals op veenkoloniale gronden, is nog niet gevonden.

Bij sportvelden en recreatieterreinen dient de met gras begroeide bovengrond eveneens een zekere stevigheid te bezitten. De eisen die daarbij aan sport- en trapvelden worden gesteld zijn veel zwaarder dan bij speel- en ligweiden (Van Wijk en Beuving, 1975). Sport- en trapvelden worden niet alleen in de zomer, maar ook veel in het natte jaargetijde bespeeld. Ze worden daarbij intensief betreden, waarbij hoge belastingen kunnen optreden. Voldoende stevigheid kan dan worden verkregen met een hoge dichtheid van de toplaag. Maar dan ontstaat bij sportvelden het probleem, dat deze hoge dichtheid ongunstig is voor de wortelgroei van het gras en gemakkelijk aanleiding geeft tot plasvorming.

Speel- en ligweiden worden soms intensief betreden, doch dit beperkt zich meestal tot een klein aantal dagen met goede weersomstandigheden, zodat met een minder grote stevigheid volstaan kan worden (Van Wijk en Van den Hurk, 1974). Bij droogte moet de grond niet te hard en hobbelig worden (zoals bij zware klei).

Kampeerterreinen stellen hoge eisen aan de stevigheid; ze worden ook onder ongunstiger omstandigheden gebruikt en er wordt met voertuigen op gereden. Er worden dezelfde hoge eisen aan gesteld als bij de weidebouw. Het ontstaan van een ongelijk, hobbelig oppervlak na opdroging wordt als zeer hinderlijk ervaren.

3.6.3 Gradaties in stevigheid van de bovengrond

Er worden drie gradaties in stevigheid van de bovengrond onderscheiden, zoals is aangegeven in tabel 13. De kwalitatieve omschrijving van de stevigheidsgradaties is gericht op de weidebouw en geldt voor alle typen gronden. De grenswaarden voor indringingsweerstand gelden slechts voor gronden met een bovengrond van klei, zavel of moerig materiaal. Ze zijn gemeten met een penetrometer met een conus van 5 cm². De indeling gaat terug op onderzoek van Schot-horst (1970). Op zandgronden wordt meestal gemeten met een penetrometer met een conus van 1 cm². De dan geldende penetrometerwaarden, voor zover het de weidebouw betreft, staan nog niet voldoende vast.

Tabel 13. Gradaties in stevigheid van de bovengrond (weidebouw)

Gradatie	Omschrijving	Indringingsweerstand *		
		kgf/cm ²	N/cm ²	MPa
1	nagenoeg niet gevoelig voor vertrapping bij beweiden of voor insporing bij berijden	>7,5	>75	>0,75
2	matig gevoelig voor vertrapping bij beweiden of voor insporing bij berijden	5 t/m 7,5	50-75	0,5-0,75
3	sterk gevoelig voor vertrapping bij beweiden of voor insporing bij berijden	<5	<50	<0,5

* De indringingsweerstand is gemeten met een Barentsen penetrometer met een conus van 5 cm² en bij een grondwaterstand ongeveer overeenkomend met GVG

Voor grassportvelden, trapvelden en speel- en ligweiden met een zandtoplaag zijn de stevigheidseisen die in verband met gevoeligheid voor vertrapping bij bespeling gesteld worden, goed bekend. Ze zijn bovendien uit te drukken in penetrometerwaarden (zie 4.5).

Als bijvoeglijke bepalingen bij de gradaties 1, 2 en 3 kan men desgewenst de termen groot, matig en gering gebruiken.

3.6.4 Vaststelling van de gradaties in stevigheid van de bovengrond

In principe kan de stevigheid van de met gras begroeide bovengrond worden vastgesteld met een penetrometer. Zoals al eerder is ge-

steld, wordt bij klei- en veengronden steeds met een conus van 5 cm² gewerkt. De beste tijd om de metingen te verrichten, is het vroege voorjaar, bij een grondwaterstand ongeveer overeenkomend met de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Voor gronden met een bovengrond van zavel, klei of moerig materiaal kunnen aan de hand van de gevonden meetwaarden de gradaties 1, 2 en 3 worden vastgesteld, die veelal goede aansluiting geven met de praktijkervaring. Voor gronden met een bovengrond van zand dienen de met de gradaties 1, 2 en 3 corresponderende penetrometerwaarden (1 cm²-conus) nog nader vastgesteld te worden.

Indien men niet beschikt over metingen van de indringingsweerstand zal men, gebruikmakend van kennis betreffende de voor de stevigheid belangrijke bodemfactoren, moeten besluiten tot een gradatie. Van zeer groot belang zijn: de gemiddeld hoogste grondwaterstand of de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GHG en GVG) en verder het organische-stofgehalte van de bovenste 5 à 15 cm van het profiel. Tevens kunnen van belang zijn de aanwezigheid van zand met een M50 van meer dan ca. 150 µm, het voorkomen van minder goed doorlatende lagen in het profiel, enz. Bij het waarderen en combineren van bovengenoemde bodemfactoren zal in de praktijk inzicht worden verkregen over de toe te kennen gradatie. Vergelijking met de gegevens uit tabel 14 kan helpen bij de uiteindelijke keuze van een bepaalde gradatie. Behalve naar de reeds geciteerde literatuur kan ook verwezen worden naar Van Egmond (1973), naar onderzoek van Van Walenburg, vermeld in de rapporten bij de kaartbladen 37 Oost en 31 West van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, en naar een nog te publiceren rapport van Van der Sluijs en Van Egmond.

3.7 Structuurstabiliteit in verband met slomp

3.7.1 Begripsomschrijving

De structuurstabiliteit in verband met slomp duidt aan, in welke mate de bodemaggregaten bestand zijn tegen uiteenvallen onder invloed van de destructieve kracht van de neerslag of tegen vervloeien bij hoge vochtgehalten. De structuurstabiliteit wordt beschouwd als een hoedanigheid van het bodemmateriaal zelf, die kan worden afgeleid uit het lutum-, het organische-stof- en het kalkgehalte van de bouwvoor.

De ruimtelijke rangschikking van de bestanddelen waaruit de grond is opgebouwd, samengevat onder de naam bodemstructuur, is voortdurend onderhevig aan destructieve invloeden. Dit geldt voor alle

gronden, onafhankelijk van de gebruiksvorm, maar in het bijzonder voor gronden die regelmatig bewerkt worden en in de winter geen beschermend gewasdek bezitten. De aan het oppervlak liggende structuurelementen kunnen door de mechanische kracht van de neerslag vernietigd worden, als gevolg waarvan een bij opdrogen hard wordende slempkorst ontstaat. Er is dan sprake van oppervlakkige slemp. Daarnaast wordt onderscheiden de interne slemp waarbij de gehele bouwvoor of een gedeelte ervan in elkaar zakt en het poriënvolume afneemt (Jongerius, 1972).

Tabel 14. Gradaties in stevigheid van de bovengrond bij veel voorkomende kaarteenheden

Legenda- eenheid 1 : 50 000	Gradaties bij grondwatertrap									
	I, II	II*	III	III*	IV	V	V*	VI	VII, VII*	
hV..	3	2	2 of 3	2	1	(2)	(1 of 2)	(1)		
aV..., V..	3	2 of 3	3	3	(2 of 3)	3	(2 of 3)			
pV..., kV..	3	2 of 3	3	2	1	(2 of 3)	(1 of 2)	(1)		
zV..	3	1 of 2	2 of 3	1 of 2	1	1 of 2	1	1		
ghV..., opV..	2 of 3	2	2 of 3	2	2	(2 of 3)	(1 of 2)			
sv..	3	2	3	2	1	2 of 3	1 of 2			
kW..	3	2 of 3	2 of 3	2	1	2 of 3	1 of 2	1		
vW..	3	3	3	2	1	2 of 3	1 of 2	1		
zW..	3	1 of 2	2 of 3	1 of 2	1	2	1	1		
Wo, Wol	3	2	2 of 3	2	1	2 of 3	1 of 2			
dWol	2 of 3	1 of 2	1 of 2	1	1 of 2					
Y..., cY..								1	1	
Hn...	3	2	2 of 3	1 of 2	1	2	1	1	1	
chn..	3	2	2 of 3	1	1	1 of 2	1	1	1	
EZg	3	2	2 of 3	1 of 2						
zEZ..., bEZ..					1	1 of 2	1	1	1	
pZg..., pZn..	3	2 of 3	2 of 3	2	1	2 of 3	1 of 2	1	1	
Zn..	3	1 of 2	2	1	1	1 of 2	1	1	1	
pMv..., pMo..	3	2	2 of 3	2	1 of 2					
pMn55A, pMn55C	3	2	2 of 3	2	1 of 2	2	1 of 2	1	1	
pMn85A, pMn85C	3	2	2 of 3	2	1 of 2	2	1 of 2	1 of 2	1	
pMn86C	3	2	3	2	1 of 2	2	2	1 of 2		
Mv41C	3	2	3	2	1 of 2					
Mn.2A, Mn.2C	2	1 of 2	2	1 of 2	1	1 of 2	1	1	1	
Mn15A, Mn25A	3	1 of 2	2	1 of 2	1	1 of 2	1	1	1	
Mn15C, Mn25C	3	1 of 2	2	1 of 2	1	1 of 2	1	1	1	
Mn35A, Mn85C	3	1 of 2	2	1 of 2	1	2	1 of 2	1	1	
Mn45A	3	2	2 of 3	1 of 2	1 of 2	2	1	1	1	
Mn86C	3	2	3	2	1 of 2	2	2	1		
gMn83C, gMn88C	3	2	3	2	1 of 2	2	1 of 2	1		
gMn11C, gMn25C	3	1 of 2	2	1 of 2	1	1 of 2	1 of 2	1		
gMn84C	3	2	2 of 3	2	1 of 2	2	1 of 2	1		
kMn63C, kMn68C	3	2	3	2	1 of 2	2	1 of 2	1		
kMn43C, kMn48C	3	2	3	2	1 of 2	2	1 of 2	1		
Rv01C	3	2	3	2	1 of 2					
Ro60A, Ro60C	3	2	3	2	1 of 2					
Rn47C, Rn44C	3	2	3	2	2	2	1 of 2	1		

(...) komt vermoedelijk niet voor.

Het is bekend dat slemp gaat optreden als het vochtgehalte van de grond de vloeigrens heeft overschreden (Boekel, 1965, 1972). Naarmate het lutumgehalte van de grond lager is, is het vochtgehalte waarbij de grond gaat vervloeien lager (fig. 7); het vochtgehalte bij pF 2,0 (een veel in het vroege voorjaar voorkomend vochtgehalte van de toplaag) neemt evenwel minder sterk af met het lutumgehalte. Bij lagere lutumgehalten waarbij ook de binding tussen de

gronddeeltjes minder groot wordt, bestaat dus eerder kans dat het vochtgehalte zo groot wordt dat de grond gaat vervloeien en slomp optreedt. Volgens Boekel beïnvloedt vooral het lutumgehalte sterk de gevoeligheid voor slomp. Daarnaast zijn nog van betekenis (in volgorde van belangrijkheid): het gehalte aan organische stof (meer organische stof, minder slomp), de fijnheid van de zandfractie (meer fijn zand, meer slomp), de kalktoestand (hogere pH, resp. meer vrije CaCO_3 , minder slomp). Ook de ontwateringstoestand is van invloed. Albers (1978) kwam tot de conclusie dat van de bodemfactoren slechts het lutumgehalte, de pH en de fijnheid van het zand een significante invloed op de verslumping hebben.

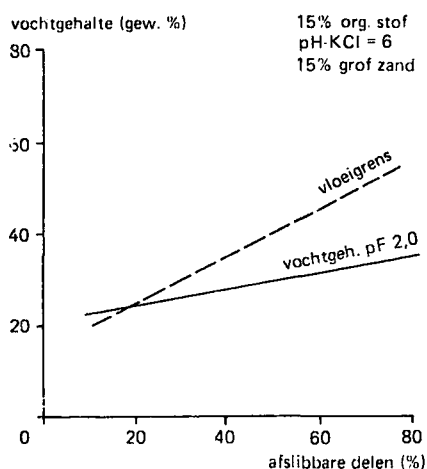


Fig. 7 Het vochtgehalte bij vloeigrens en bij pF 2,0 in afhankelijkheid van het gehalte aan afslibbare delen (Boekel, 1972)

De hoge vochtgehalten waarbij slomp optreedt, ontstaan als het water niet snel genoeg van het maaiveld naar de ondergrond wordt afgevoerd. Bij een goede ontwatering verloopt dit proces uiteraard voldoende snel. De weersomstandigheden kunnen echter van dien aard zijn, dat ook bij goede ontwatering slomp optreedt. De juist op lichte zavelgronden veel voorkomende ploegzolen, die vertragend op de waterafvoer naar de ondergrond werken, kunnen hiertoe bijdragen (zie ook Boels en Wind, 1975b).

Ook bij zandgronden treedt slomp op, waarbij alleen een heroriëntatie van elementaire bodemdeeltjes plaatsvindt; een slempkorst wordt hier niet gevormd (eventueel wel bij lemige zandgronden), zodat de gevolgen in het algemeen minder funest zijn.

3.7.2 De praktische betekenis van de structuurstabiliteit in verband met slomp

Oppervlakkige slomp met korstvorming kan tot gevolg hebben dat kiemplanten worden beschadigd en dat de zuurstofvoorziening van de wortels erdoor belemmerd wordt. Bij interne slomp neemt het poriën-

volume en vooral het volume grote poriën sterk af, waardoor de zuurstofvoorziening van de wortels in gevaar komt. Het waterbergend vermogen loopt terug, de doorlatendheid neemt af. Als gevolg van een en ander kunnen wintergranen uitwinteren. De grond zal in het voorjaar langer nat blijven.

3.7.3 Gradaties in structuurstabiliteit in verband met slemp

Er worden drie gradaties in structuurstabiliteit in verband met slemp onderscheiden, zoals omschreven in tabel 15. Het optreden van slemp als gevolg van te geringe structuurstabiliteit is een complex gebeuren dat van veel factoren afhankelijk is. Er is dan ook geen fysische bepaling, met behulp waarvan op eenvoudige wijze kan worden aangegeven, wat de gevoeligheid van een grond voor verslemping is. De omschrijvingen in tabel 15 zijn daarom kwalitatief en geven weinig aanknopingspunten voor vaststelling van de gradaties. Deze geschiedt op grond van het lutum-, kalk- en organische-stofgehalte van de bouwvoor, zoals beschreven in de volgende paragraaf.

Tabel 15. Gradaties in structuurstabiliteit in verband met slemp

Gradatie	Omschrijving
1	grote structuurstabiliteit; nooit of alleen bij zeer hoge vochtgehalten of onder ongunstige omstandigheden treedt oppervlakkige en/of interne slemp op.
2	matige structuurstabiliteit; bij hoge vochtgehalten treedt duidelijk oppervlakkige, maar weinig interne slemp op.
3	geringe structuurstabiliteit; bij hoge vochtgehalten treedt in sterke mate oppervlakkige en soms ook interne slemp op.

3.7.4 Vaststelling van de gradaties in structuurstabiliteit in verband met slemp

Alleen klei- en leemgronden worden beoordeeld op structuurstabiliteit in verband met slemp. Van zand- en veengronden wordt verondersteld, dat ze allemaal een grote structuurstabiliteit bezitten.

Tabel 16 geeft de samenhang tussen de gradaties in structuurstabiliteit en de gehalten aan lutum, organische stof en kalk van de bouwvoor. De indeling is gebaseerd op het waarderingssysteem van De Vries (1974), die weer teruggrijpt op het onderzoek van Boekel (1972).

Tabel 16. Gradaties in structuurstabiliteit in verband met slemp in afhankelijkheid van het lutumgehalte, het organische-stofgehalte en het kalkgehalte van de bouwvoor

Samenstelling van de bouwvoor				Gradaties in structuurstabiliteit in verband met slemp
lutumgehalte (%)	organische-stofgehalte (%)	kalkklasse		
8 - 17,5	<1,5	kalkloos		3
		kalkarm		2 of 3*
		kalkrijk		2
	1,5 - 2	kalkloos		3
		kalkarm en kalkrijk		2
	2 - 3	kalkloos		2 of 3*
		kalkarm en kalkrijk		2
	3 - 5	kalkloos, kalkarm en kalkrijk		2
		>5	kalkloos, kalkarm en kalkrijk	2
	>5	kalkloos, kalkarm en kalkrijk		2
17,5 - 25	<1,5	kalkloos, kalkarm en kalkrijk		2
		1,5 - 2	kalkloos, kalkarm en kalkrijk	2
	>2	kalkloos		2
		kalkarm en kalkrijk		1
25 - 35	<2	kalkloos, kalkarm en kalkrijk		1
		>2	kalkloos, kalkarm en kalkrijk	1
	>35	-	kalkloos, kalkarm en kalkrijk	1

* Afhankelijk van de plaatselijke situatie

3.8 Structuurstabiliteit in verband met verstuiving

3.8.1 Begripsomschrijving

Met structuurstabiliteit in verband met verstuiving wordt de weerstand van de grond tegen verstuiven tot uitdrukking gebracht. Bij verstuiving worden de fijnste bestanddelen van de grond (humus-, klei- en siltdeeltjes) als een stofwolk hoog de lucht in geblazen; grovere bestanddelen stuiten of rollen over het bodemoppervlak (Miedema, 1951). Verstuiving treedt op wanneer de onderlinge binding van de gronddeeltjes te gering is om de eroderende kracht van

de wind te weerstaan. De in dit verband belangrijkste bodemfactoren zijn: organische-stofgehalte, textuur (lutum- en leemgehalte) en vochtgehalte; naarmate de grond humusarmer, lichter en droger is, verstuift hij gemakkelijker. Geen bodemfactoren maar ook van invloed op de verstuiving zijn: de graad van de bodembedekking en de beschutting die door windschermen (bomenrijen, hagen enz.) geboden wordt.

Verstuiving treedt vooral op in het voorjaar, van ongeveer eind maart tot mei. Er komen echter ook in de winter en het najaar verstuivingen voor (Miedema, 1951). In Nederland met zijn vochtig klimaat beperkt verstuiving zich voornamelijk tot de zandgronden: bollengronden, zandgronden in het mariene gebied, leemarme zandgronden in het pleistocene gebied en veenkoloniale gronden. Zavel- en kleigronden stuiven zelden, bijv. de kleigronden in het westen in het voorjaar van 1949 (Miedema, 1951; Van der Spek, 1950).

De verstuivingen als probleem van de zandgronden is verminderd door de sterke toeneming van het grasland in de laatste decennien.

3.8.2 De praktische betekenis van de structuurstabiliteit in verband met verstuiving

De grootste schade door verstuiving valt in de akkerbouw bij de voorjaarsgewassen te constateren. Zaden en zelfs aardappelen kunnen dan bloot waaien. Planten, vooral de jonge, kunnen door de schurende werking van de gronddeeltjes beschadigd of overstoven worden. Sloten en greppels stuiven soms dicht.

Pas ingezaaid grasland is vanwege de oppervlakkige ligging van het zaad en het fijne zaaibed zeer gevoelig. In de tuinbouw is verstuiving bekend van o.a. aspergevelden en van de bollenvelden in de duinstreek.

In de akkerbouw en tuinbouw worden veel teeltmaatregelen genomen om het stuifgevaar te bezweren. Zo worden wel bieten en aardappelen gezaaid resp. gepoot in een gewas winterrogge, men zaait groenbemesters of men rijdt mengmest uit over het nog niet opgekomen gewas waardoor zich een korstje op de grond vormt. In de bollenstreek kent men vanouds de heggetjes tussen de percelen. Ook wordt stro in de grond gereden met een schijvenegge, er wordt met structuurstabiliserende middelen gespoten of er worden stroken graan ingezaaid.

3.8.3 Gradaties in structuurstabiliteit in verband met verstuiving

Er worden drie gradaties in structuurstabiliteit onderscheiden, zoals omschreven is in tabel 17.

Tabel 17. Gradaties in structuurstabiliteit in verband met verstuiving

Gradatie	Omschrijving
1	weinig gevoelig voor verstuiven
2	matig gevoelig voor verstuiven
5	zeer gevoelig voor verstuiven

3.8.4 Vaststelling van de gradaties in structuurstabiliteit in verband met verstuiving

Er bestaat geen eenvoudige methode om de structuurstabiliteit van de grond te meten. De vaststelling van de gradatie zal vooral moeten geschieden op basis van ervaringskennis. Men zal vooral moeten letten op leemarme, lutumarme, humusarme zandgronden met diepe grondwaterstanden.

In de Veenkoloniën zijn vooral de hoog gelegen gronden met minder dan ca. 15% organische stof stuifgevoelig (De Smet, 1969; Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, Blad 17 West en Oost).

3.9 Stevigheid van de ondergrond

3.9.1 Begripsomschrijving

Met stevigheid van de ondergrond wordt informatie verschaft over de weerstand die de ondergrond kan bieden tegen belasting door op staal gefundeerde laagbouwwoningen (maximaal drie woonlagen). Fundering op staal is een fundering die direct op de vaste ondergrond rust. De funderingsdiepte is ten minste gelijk aan de vorstgrens, dat wil zeggen ongeveer 80 cm onder maaiveld. Voor zulke funderingen is vereist, dat de draagkracht van de ondergrond (gemeten als indringingsweerstand met een conus van 1 cm²) over een dikte van ten minste 2 m vanaf de funderingsdiepte meer dan ca. 5 MPa (50 kgf/cm²) bedraagt.

Als de ondergrond zo weinig draagkrachtig is, dat fundering op staal niet mogelijk is, zal een z.g. fundering op kunstmatig staal noodzakelijk zijn. Hiervoor wordt op de plaats van het bouwwerk de weinig stevige grondlaag verwijderd. De ontgraving wordt daarna opgevuld met draagkrachtig materiaal, meestal zand, waarna alsnog een fundering op staal wordt aangebracht. Indien de stevige ondergrond

zich echter op een grote diepte, meer dan 3 m beneden maaiveld bevindt, wordt een paalfundering aangebracht. Tegenwoordig wordt steeds meer, ook bij het ondiepe voorkomen van een voldoende stevige ondergrond een paalfundering toegepast in plaats van fundering op kunstmatig staal.

Gezien de eisen, die vooral betrekking hebben op de diepere ondergrond, kunnen over de stevigheid van de ondergrond niet meer dan zeer globale informatie aan de bodemkaart worden ontleend.

De betekenis van de afzonderlijke bodemeigenschappen voor de stevigheid, is in de paragraaf over stevigheid van de bovengrond (3.6) reeds besproken. Met wisseling in stevigheid als gevolg van wisseling in vochtgehalte, zoals dat bij de bovengrond optreedt, heeft men bij de ondergrond ternauwernood te maken.

3.9.2 De praktische betekenis van de stevigheid van de ondergrond

De draagkracht van de grondlagen beneden de funderingsdiepte is beslissend voor de vraag of er direct op de ondergrond gebouwd kan worden dan wel nadere voorzieningen of paalfunderingen nodig zijn. Het laatste gaat in het algemeen met hoge kosten gepaard. Voor ontwerpers is het daarom belangrijk, wanneer ze gegevens over de stevigheid van de ondergrond aan bodemkaarten kunnen ontleenen.

3.9.3 Gradaties in stevigheid van de ondergrond en hun vaststelling

Er worden drie gradaties onderscheiden, zoals omschreven in tabel 18.

Tabel 18. Gradaties in stevigheid van de ondergrond

Gradaties	Omschrijving
1	conusweerstand* in de laag van 0,8 tot 3 m beneden maaiveld meer dan 5 MPa
2	conusweerstand* in de laag van 0,8 tot 3 m beneden maaiveld afwisselend meer of minder dan 5 MPa, en vanaf 3 m beneden maaiveld meer dan 5 MPa
3	conusweerstand* van 0,8 tot dieper dan 3 m beneden maaiveld overwegend minder dan 5 MPa

* Gemeten met een penetrometer met een conus van 1 cm²

Als bijvoegelijke bepalingen bij de gradaties 1, 2 en 3 kan men desgewenst de termen groot, matig en gering gebruiken.

In principe is het niet moeilijk de gradaties vast te stellen. Daartoe kunnen indringingsmetingen worden verricht. Maar de apparatuur die nodig is om indringingsweerstand van méér dan ca. 5 MPa in de diepere ondergrond te meten, behoort hier tot het dagelijkse gereedschap van de veldbodemkundige. Wat overblijft is het schatten-derwijze vaststellen van de stevigheid aan de hand van profielwaarnemingen, waarbij 5 MPa de kritische grens is.

De verbreiding van gronden met een slappe of zeer slappe ondergrond, die thuis horen in gradatie 3, kan bij bodemkartering betrekkelijk gemakkelijk worden vastgesteld. Zo iets doet zich bijv. voor in een gebied waar veen rust op pleistoceen zand. Het is in het kader van een bodemkartering dan niet moeilijk de gronden af te grenzen die zeker in gradatie 3 thuishoren. Er wordt echter vrijwel nooit zoveel informatie verzameld, dat ook de gradaties 1 en 2 kunnen worden onderscheiden.

Gradatie 1 kan men toekennen, als men zeker weet dat de ondergrond van een bodemeenheid tot 3 m of dieper uit dekzand bestaat. Over boringen waaruit dit kan worden afgeleid, zal men echter niet vaak de beschikking hebben.

Samenvattend geldt dus dat met de beoordelingsfactor stevigheid van de ondergrond voornamelijk slappe en zeer slappe ondergronden kunnen worden opgespoord. Over de rest kan slechts zeer globale informatie worden gegeven.

3.10 Voedingstoestand

3.10.1 Begripsomschrijving

De voedingstoestand is een beoordelingsfactor die van toepassing is bij de geschiktheidsbeoordeling van de grond voor bos. Hij kan omschreven worden als de mate waarin de grond is voorzien van voor de bomen noodzakelijke voedingsstoffen.

De voedingstoestand is een bodemhoedanigheid die niet rechtstreeks aan de grond wordt waargenomen of gemeten, maar die wordt afgeleid uit een aantal bodemeigenschappen en de spontane vegetatie. Het niveau van de voedingstoestand kan bij benadering en behoudens enkele uitzonderingen binnen een periode van ten minste één omloop (tijd tussen bosaanleg en kap) als constant worden beschouwd. Immers, gedurende deze omloop worden (na eventuele bemesting bij de bosaanleg) door de mens geen voedingsstoffen meer aan de grond toegevoegd

of onttrokken. In het bos ontstaat nu geleidelijk een zogenaamde voedselkringloop, waarbij de door de wortels opgenomen voedingsstoffen door de omzetting van het bosstrooisel (afgestorven blad, twijgen e.d.) weer aan de grond worden toegevoerd. Er heerst dus een betrekkelijk stabiele toestand, waarbij de totale hoeveelheid voedingsstoffen slechts aan geringe veranderingen onderhevig is.

Het niveau van de kringloop, dat wil zeggen de soort, de hoeveelheid en de onderlinge verhouding van de mineralen in die kringloop, kan sterk uiteenlopen. Bij bos op een kleigrond kan de kringloop een ander niveau hebben dan bij bos op een "oud bouwland" of op een podzolgrond. Het niveau bepaalt de soort en hoeveelheid voedingsstoffen die de grond aan de bomen ter beschikking kan stellen en daarmee de voedingstoestand.

3.10.2 De praktische betekenis van de voedingstoestand

De boomgroei wordt voor een belangrijk deel door de beschikbare hoeveelheid voedingsstoffen in de grond bepaald. Omdat herhaalde bemesting in de bosbouw ongebruikelijk is, is de voedingstoestand een onmisbare factor voor een juiste "voorspelling" van de boomgroei.

3.10.3 Gradaties in voedingstoestand

De kennis van de samenhang tussen soort, hoeveelheid en beschikbaarheid van voedingsstoffen in de grond en de groei van de verschillende boomsoorten is nog vrij beperkt. Een vaste maatstaf, voor de voedingstoestand, bijvoorbeeld in de vorm van een gewichtshoeveelheid van de afzonderlijke voedingselementen, is dan ook nog niet te geven. Uit gegevens over de aard van het moedermateriaal, de bodemvorming, het vroegere en huidige bodemgebruik en de spontane vegetatie, zoals die in bossen voorkomt, kan echter afgeleid worden wat de voedingstoestand op een bepaalde standplaats is. Het verband tussen deze op indirecte wijze vastgestelde voedingstoestand en de boomgroei is voor verschillende boomsoorten onderzocht (Bannink et al., 1973; Jansen, 1973; Schoenfeld en Waenink, 1974; Stapelveld, 1956; Vis, 1973; Waenink, 1973) en door vele veldwaarnemingen bevestigd. Over de samenhang tussen deze afgeleide voedingstoestand en de hoeveelheid voedingsselementen in de grond is nog weinig bekend (Bannink et al., 1973; Schoenfeld en Waenink, 1974; Waenink, 1973).

Er worden drie reeksen van ieder vijf gradaties onderscheiden, in totaal 15 gradaties.

- a) Een reeks gradaties voor de veengronden, aangeduid met de codes 1.1, 1.2, 1.5, waarin 1.1 de "rijkste" en 1.5 de "armste" gradatie is.
- b) Een reeks gradaties voor de zand-, leem- en zavelgronden, aangeduid met de codes 2.1, 2.2, 2.5. In deze groep van gronden is 2.1 de "rijkste" en 2.5 de "armste" gradatie.
- c) Een reeks gradaties voor de kleigronden, aangeduid met de codes 3.1, 3.2, 3.5. Hierin is 3.1 de "rijkste" en 3.5 de "armste" gradatie.

3.10.4 Vaststelling van de gradaties in voedingstoestand

De samenhang tussen de op de voedingstoestand van invloed zijnde factoren en de gradaties in voedingstoestand is weergegeven in tabel 19.

Tabel 19 Richtlijnen voor de vaststelling van de gradaties in voedingstoestand

Groepen van gronden	Legenda-eenheden van de 50 000 karteringen	bij agrarisch bodemgebruik	Gradaties in voedingstoestand														
			bij niet-agrarisch bodemgebruik (bos, heide, natuurterrein) met de vegetatietypen 3)														
			K3	K2	K1	Z	R4	R3	R2	R1.2	R1.1	H2	H1	A2	A1		
			VI			V			IV			III			II		I
Voengronden	hV., hEV., pV., kV. en sommige veengronden met dun kleidekje	1.1	1.1						1.2						1.3		
	aEV., sEV., eVz, iEVz en iVt)	1.2		1.1			1.2				1.3					1.4	
	IV., aV., zV., V.	1.3		1.2			1.3				1.4				1.5		
Moerige gronden	kWz, Wo ¹⁾ , Wg ¹⁾ , en vWz met lutumhoudende bovengrond	2.1	2.1						2.2						2.3		
	kWp, iWz, vWz, zWz, iWp)	2.2		2.1			2.2				2.3					2.4	
	iWp, zWp, vWp, (vWz en zWz)	2.3		2.2			2.3				2.4				2.5		
Podzolgronden en vorstvaaggronden	kHn21/23/30, cY21/23/30, cHn21/23/30, cHd21/23/30	2.2		2.1			2.2				2.3					2.4	
	Y21, Y23, Y30, Y21b, Y23b, Zb21, Zb23, Zb30	2.2		2.2						2.3					2.4		
	Hn21, Hn23, Hn30, Hd21, Hd23, Hd30 (Y21 en Zb21)	2.3		2.2			2.3				2.4				2.5		
Brikgronden en legronden	alle eenheden	2.1		2.1			2.2				2.3					2.4	
Dikke eerdgronden	EK16, FK16, EK76 ¹⁾ , EK79 ¹⁾ , bEZ23, (bEZ30), EL5	2.1	2.1						2.2						2.3		
	bEZ21, bEZ30, EZg21, EZg23, EZg30, eEZ21, eEZ23, eEZ30	2.2		2.1			2.2				2.3					2.4	
	kpZg21/23/30, kpZn21/23/30, kZn21/23/30, pZg23 (en soms pZn23 en Zn23)	2.1	2.1						2.2						2.3		
Kalkloze zandgronden	pZg21/30 ²⁾ , pZn21/23/30 ²⁾ , cZd21/23/30, (pZg23)	2.2		2.1			2.2				2.3					2.4	
	pZg21/30, pZn21/23/30, Zn21/23/30, Zd21/23/30	2.3		2.2			2.3				2.4				2.5		
Kalkhoudende zandgronden	alle eenheden	2.1	2.1						2.2						2.3		
Zee- en rivierkleigronden	alle eenheden ¹⁾	2.1	2.1						2.2						2.3		
Oude kleigronden	pKRn1/2, KRn1/2, KRd1, KRd7 ¹⁾ , pKRn8 ¹⁾ , KRn8 ¹⁾	2.1	2.1						2.2						2.3		
	KM ¹⁾ , KG ¹⁾ , KD ¹⁾ , KK ¹⁾	2.2		2.2			2.3				2.4				2.5		

1) Bij lutumgehalte hoger dan 25%, dan codering voedingstoestand voor kleigronden gebruiken (3.1/m 3.5)

2) Alleen die met een matig dikke A1-horizont

3) Vegetatietypen Benrunk et al. (1973)

1) Incidenteel

Ingang van deze tabel zijn de legenda-eenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (kolommen 1 en 2). De legenda-eenheden geven informatie over de profielopbouw van de grond, over de aard en de opeenvolging van horizonten en daarmee over moeder materiaal en bodemvorming. Bij de toekenning van de gradaties is onderscheid gemaakt tussen gronden die in gebruik zijn voor akkerbouw, weidebouw of tuinbouw (agrarisch bodemgebruik) en gronden onder bos of in natuurgebieden (niet-agrarisch bodemgebruik). Wat betreft het agrarisch bodemgebruik kan uitgaande van de legenda-eenheid de voedingstoestand direct worden afgelezen. In het andere geval (gronden onder bos, heide en natuurterreinen) wordt ook de spontane vegetatie bij de vaststelling van de voedingstoestand betrokken. De door ons gebruikte vegetatietypen zijn ontleend aan Bannink et al., (1973) en aan Bannink (1975). Tabel 20 geeft er een overzicht van.

Tabel 20 Vegetatietypen in de Nederlandse naaldhoutbossen (Bannink et al., 1973) ')

Lichte bossen			Donkere bossen		
Gezelschap van:	code Bannink, Leijis, Zonneveld	code Stiboka Boskarteringen	Gezelschap van:	code Stiboka Boskarteringen	code Bannink, Leijis, Zonneveld
Zandzegge en Ruig Haarmos ----- Duinriet en Zandzegge	A0 K0	L0	Sparrenbos zonder ondergroei	D0	0
Rendiermos en Zandgauffeltandmos	A1	L1	Kantmos en Klauwtjesmos	D1	I
Rendiermos en Klauwtjesmos	A2				
Bronsmos, Klauwtjesmos en Gewoon gauffeltandmos	H1	L2	Kronkelsteeltje en Sterremos	D2	II
Bronsmos en Groot laddermos	H2				
Bronsmos en Struisgrassen	R1.1	L3	Kronkelsteeltje, Lijsterbes en Wilgenroosje Stekelvaren en Liggend walstro	D3	III IV
Bronsmos en Lijsterbes	R1.2				
Braam, Stekelvaren en Groot laddermos	R2	L4	Kamperfoelie, Stekelvaren en Drienervige muur	D4	V
Zachte witbol, Valse salie en Braam	R3				
framboos en Braam	R4	L5	Rankende helmbloem, Witte klaverzuring en Braam	D5	VI
Witte klaverzuring, Hazelaar en Drienervige muur	Z				
Brandnetel en Stekelvaren	K1				
Dauwbraam, Vlasleuwebek en Hondstong	K2	L6			
Dauwbraam en Robertskruid	K3				

) Raadpleeg vooral Bodemkundige Studies 9 (Bannink, Leijis en Zonneveld, 1973) en event. Interne Mededeling 35 (Bannink, 1975)

In 3.10.3 is een aantal onderzoeken vermeld, waaruit is gebleken dat de uit moedermateriaal, bodemvorming en spontane vegetatie afgeleide voedingstoestand een waardevolle factor is voor de groei van bosbomen. De resultaten van dit onderzoek zijn benut voor de samenstelling van tabel 19. Op vele van de in die tabel vermelde gronden is echter nog ternauwernood onderzoek verricht. De daarin weergegeven gradaties berusten derhalve op extrapolatie van een betrekkelijk bescheiden kennis; de weergegeven waarden voor de gradaties worden dan ook met veel voorbehoud gepresenteerd.

3.11 Zuurgraad

3.11.1 Begripsomschrijving

De zuurgraad in de hier bedoelde beperkte betekenis is een beoordelingsfactor die alleen wordt toegepast bij de geschiktheidsbeoordeling van de grond voor bosbouw. Hij is eigenlijk een onderdeel van de beoordelingsfactor voedingstoestand maar wordt uit praktische overwegingen afzonderlijk aangegeven. Om dezelfde redenen die voor de voedingstoestand gelden, beschouwen wij voor de bosbouw ook de zuurgraad als een betrekkelijk onveranderlijke bodemeigenschap.

De zuurgraad, uitgedrukt in pH-KCl, geeft een aanduiding van de zuurheid van een grond onder bos of met een natuurlijke vegetatie die ten minste de laatste 5 à 10 achtereenvolgende jaren niet is bekalkt of bemest. Wij gaan er hierbij vanuit, dat in jaarlijks bemeste en bekalkte landbouwgronden een pH-daling optreedt na beëindiging van de bekalking en dat na 5 à 10 jaar een toestand is bereikt waarbij de pH nog maar weinig verandert. De zuurgraad in de hierboven omschreven betekenis is dus overwegend afhankelijk van het kalkgehalte van het moedermateriaal.

3.11.2 De praktische betekenis van de zuurgraad

Er zijn duidelijke aanwijzingen dat bij naaldboomsoorten (met uitzonderingen van *Pinus nigra*) op kalkhoudende of kalkrijke gronden (pH > circa 4,5-5) storingen in de voedingsstoffenhuishouding optreden, die op den duur hun weerslag op de groei zullen hebben. Bovendien is er op deze gronden een grote kans op het optreden van wortelrot, vooral na uitvoering van de eerste dunningen.

Op "zure" gronden (pH-KCl <4,5) kan de groei van loofboomsoorten worden belemmerd. Vooral de populier is wat dit betreft erg gevoelig. Op gronden met een pH-KCl kleiner dan circa 3,5 kan men van

deze boomsoort zelfs geen normale groei meer verwachten.

3.11.3 Gradaties in zuurgraad

Omdat de kennis over het verband tussen de pH en de boomgroei zeer onvolledig is, moeten wij ermee volstaan de zuurgraad in grove lijnen (drie gradaties) weer te geven (tabel 21).

Tabel 21 Gradaties in zuurgraad

Grada- tie	Omschrijving pH-KCl	Enkele voorbeelden
1	> circa 6,5	kalkrijke zeeklei- en rivierkleigronden; kalkrijke zeezand- en rivierzandgronden
2	circa 4,5 - 6,5	kalkloze en kalkarme zeeklei- en rivierkleigronden; kalkarme zeezand- en rivierzandgronden; een deel van de beekkeerdgronden, van de leemgronden en van de oude kleigronden
3	< circa 4,5	kalkloze "pleistocene" zandgronden (met uitzondering van een deel van de beekkeerdgronden en "natte" dikke eerdgronden); een deel van de leemgronden van de kleigronden; "stuifzandgronden" veel veengronden

3.11.4 De vaststelling van de gradaties in zuurgraad

De gradaties kunnen in het algemeen worden vastgesteld met behulp van de voorbeelden van tabel 21.

Op gronden met een zeer lage pH (<3,5) kan de groei van loofboomsoorten, vooral van de populier en de es, ernstig worden belemmerd. Hoewel het niet is voorgeschreven, kan het nuttig zijn de aanwezigheid van deze gronden te signaleren.

Indien men de zuurgraad wil vaststellen door pH-meting, moet men er op bedacht zijn dat de pH op bouw- en weiland gewoonlijk niet overeenkomt met die (op overigens dezelfde grond) onder bos (zie 3.11.1).

3.12 Reliëf

3.12.1 Begripsomschrijving

In de bodemkundige literatuur verstaat men onder reliëf de verschillen in hoogteligging van het aardoppervlak; het gaat met andere woorden om de relatieve hoogteligging van de grond (Soil Survey Staff, 1951).

Voor het definiëren van het reliëf worden grootheden gebruikt als hellinggradiënt en lengte en vorm van de helling. Het is in de bodemkunde algemeen gebruikelijk helling te beschouwen als een eigenschap van de grond als driedimensionaal lichaam. Bodemkarteringshandboeken geven aanwijzingen hoe deze eigenschap is vast te stellen, in te delen en te verwerken in de legenda. In Nederland met zijn overwegend vlakke of vrijwel vlakke land is het tot nu toe ternauwernood nodig geweest in dit opzicht onderscheidingen te maken. In het karteringshandboek van de Stichting voor Bodemkartering komt dan ook geen hoofdstuk over reliëf en helling voor.

In de legenda van de geomorfologische kaart is wel een indeling in reliëfklassen gemaakt (Ten Cate en Maarleveld, 1977). Deze wijkt nogal af van de hellingindeling in het Soil Survey Manual, die algemeen bij bodemkundigen gehanteerd wordt.

Al hebben in Nederland de gronden overwegend een vlakke ligging, er is een aantal gevallen waarbij het reliëf van de grond duidelijk van invloed is op zijn gebruikseigenschappen. Bij de interpretatie dient dan het reliëf in de beschouwing te worden betrokken. Wij maken daarbij onderscheid tussen:

- microreliëf,
- mesoreliëf,
- macroreliëf.

Bij microreliëf gaat het om hoogteverschillen van 10 à 30 cm die zich voordoen over horizontale afstanden van één tot enkele meters. De hoogteverschillen kunnen meestal door ploegen worden weggewerkt (zie ook: Soil Survey Staff, 1951). Een voorbeeld ervan is het hobbelig oppervlak dat met de naam schalter wordt aangeduid en voorkomt bij sommige koopveen-, waardveen- en weideveengronden in het zuidwesten van Friesland. Het is op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, aangegeven met de toevoeging c (Stichting voor Bodemkartering, Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000, blad 15 West en Oost). Een ander voorbeeld (Stoffelsen et al., 1977) is de ongelijke maai-veldligging die in Waterland speciaal in droogmakerijen bij veengronden op bagger wordt aangetroffen en hier eveneens als schalter-

verschijnsel wordt betiteld. Ook in Waterland, maar dan ten westen van het Noordhollandsch Kanaal is dit schalterverschijnsel vooral in weideveen- en vlierveengronden eveneens waargenomen (Mulder et al., 1978).

Bij mesoreliëf gaat het om hoogteverschillen van 75 à 250 cm over afstanden van enkele tientallen tot hoogstens 100 m. Zulke onffenheden kunnen nog met bulldozers glad gestreken worden. Een voorbeeld is de kruinigheid die voorkomt in het noordelijke zeekele gebied die op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 is aangegeven met de toevoeging b (Stichting voor Bodemkartering, Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000, bladen 5 West, en Oost en 7 West). Een ander voorbeeld betreft de in Noord-Holland voorkomende nolletjes (eenheid 42 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000, Pons en Van Oosten, 1974).

Het macroreliëf is het voor heuvelland en voor sommige duingebieden karakteristieke reliëf. De helling bedraagt meer dan 2 à 3% en de hoogteverschillen bedragen enkele meters tot vele tientallen meters. Tot nu toe zijn er geen bodemkaarten gemaakt, waarop de helling als bodemeigenschap van een gebied is aangegeven. Tezijnertijd zal dat in Zuid-Limburg aan de orde komen.

3.12.2 De praktische betekenis van het reliëf

Het microreliëf dat met het schalterverschijnsel gepaard gaat, geeft vooral problemen bij de machinale behandeling van het grasland. Er moet met lage snelheid worden gereden en er treedt veel machineschade op. Het is moeilijk het gras gelijkmatig af te maaien; trouwens, de andere verplegingsmaatregelen leveren eveneens problemen op.

De bultigheid brengt ook een ongelijke stand van het gras mee. Dit kan zo hinderlijk zijn dat periodiek fresen, egaliseren en opnieuw inzaaien van grasland nodig is (Stoffelsen, 1977).

Het mesoreliëf zoals dat bij kruinige percelen voorkomt, wordt voor de moderne bouwlandexploitatie als ongunstig ervaren. Daarom worden wel egalisaties uitgevoerd. Om dezelfde reden zijn veel nolletjes in Noord-Holland, die meestal in de in gras liggende percelen voorkwamen, afgegraven.

Vooraf voor niet-agrarische gebruiksvormen kan het mesoreliëf van invloed zijn. Met name voor sportvelden worden hoge eisen aan de vlakheid gesteld. Op kampeerterreinen en speel- en ligweiden daarentegen kan reliëf een voordeel zijn; het geeft aanknopingspunten voor een attractieve inrichting. Ook voor bebouwing geldt dit.

De terreinhellingen zoals die bij het macroreliëf onderscheiden

worden, hebben grote praktische consequenties voor de landbouw. Het gaat daarbij om de mogelijkheid machines te gebruiken, om de erodeerbaarheid van de grond en de hoeveelheid "runoff". Normen voor de waardering ervan zullen te zijner tijd worden overgenomen van buitenlandse karteringsdiensten.

Ten aanzien van de niet-agrarische gebruiksvormen geldt hier hetzelfde als opgemerkt bij mesoreliëf.

3.12.3 Registratie van het reliëf in verband met de interpretatie

In micro- en mesoreliëf worden geen gradaties onderscheiden. Er wordt volstaan met aan te geven in de beoordelingstabel, dat het micro- of mesoreliëf als gebruikseigenschap van de grond van belang is. Wat het macroreliëf betreft, daarvoor zullen gradaties ingevoerd moeten worden, waarvoor buitenlandse indelingen als voorbeeld kunnen dienen.

3.13 Stenigheid

3.13.1 Begripsomschrijving

Stenigheid is een eigenschap van de grond waarmee bij het classificeren van gronden vaak rekening gehouden wordt, omdat het ook een belangrijke gebruikseigenschap is. Het gaat bij deze beoordelingsfactor speciaal om de stenigheid van de bovenste 2 à 3 dm van de grond, waarbij slechts stenen met een diameter groter dan 60 mm meetellen. Het areaal waarin hinderlijk veel van dit materiaal voorkomt, is in Nederland niet groot. Het beperkt zich in hoofdzaak tot gronden op geërodeerde keileem op het Fries-Drents plateau. Op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 zijn dit o.a. de gronden met de toevoeging m (zie bijv. de bladen 12 Oost en 17 West en Oost).

3.13.2 De praktische betekenis van stenigheid

Veel stenen in de bouwvoor zijn hinderlijk voor de gemechaniseerde landbouw. Met name bij het ploegen en zaaien en bij het oogsten van rooivruchten vormen ze een handicap. De werktuigen zijn aan zeer ernstige slijtage onderhevig. Veelal is aangepast materiaal nodig en vaak moet meer mankracht worden ingezet dan op gronden zonder stenen. Te veel stenen kunnen een grond voor akkerbouw ongeschikt maken, al komt dit in Nederland slechts zelden voor.

3.13.3 Gradaties in stenigheid en vaststelling ervan

Er worden drie gradaties, als omschreven in tabel 22 onderscheiden.

Tot gradatie 3 worden de gronden gerekend die op de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, de toevoeging m hebben gekregen. Ze hebben 10 of méér stenen per m².

Tabel 22. Gradaties in stenigheid

Gradatie	Omschrijving
1	Nagenoeg geen stenen* in de bovenste 2 dm
2	Enkele stenen* in de bovenste 2 dm
3	Veel stenen* in de bovenste 2 dm

* Stenen met een diameter van meer dan 60 mm

3.14 Nachtvorstgevoeligheid

3.14.1 Begripsomschrijving

Het optreden van nachtvorst en van nachtvorstschade aan gewassen is van zeer veel factoren afhankelijk (Scharringa, z.j.). Een ervan is de opbouw van het bodemprofiel. In gronden waarvan de bovengrond een hoog organisch-stofgehalte heeft, bijv. veen of venig materiaal, is het poriënvolume meestal groot. Wanneer veel poriën met lucht gevuld zijn, zoals na een aantal droge dagen het geval kan zijn, heeft de grond een gering warmtegeleidend vermogen. Als gevolg daarvan kunnen in daarvoor geschikte nachten lage temperaturen nabij de grond optreden, die vorstschade geven aan de gewassen. De aanwezigheid van veen of venig materiaal gaat soms gepaard met een wat lagere terreinligging. Omdat koude lucht naar de laagste terreingedeelten stroomt, kan dat tot het verschijnsel bijdragen.

Met deze beoordelingsfactor wordt signaleerd dat vanwege de profielopbouw een bijzondere gevoeligheid voor nachtvorstschade bestaat.

3.14.2 De praktische betekenis van nachtvorstgevoeligheid

Het is bekend dat nachtvorst in land-, tuin- en bosbouw ernstige

schade aan gewassen kan toebrengen. Dat de factor grond hierbij een rol speelt, geldt vooral voor het veenkoloniale gebied, waar het nachtvorstgevoelige gewas aardappel 50% van het bouwplan uitmaakt.

3.14.3 Registratie van nachtvorstgevoeligheid

Er worden geen gradaties in nachtvorstgevoeligheid onderscheiden. Wel wordt van gronden gesignaleerd dat ze vanwege hun profielopbouw duidelijk gevoelig zijn voor nachtvorst. Vooral ervaringskennis, naast kennis van de profielopbouw speelt hierbij een rol (zie ook: De Smet (1969) en de bladen 12 Oost en 17 West en Oost van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000).

4. DE INTERPRETATIES VOOR EEN AANTAL BODEMGEBRUIKSVORMEN

In dit hoofdstuk worden de interpretaties voor een aantal belangrijke bodemgebruiksvormen behandeld, waarbij telkens aan de orde komen:

- een beschrijving van de bodemgebruiksvorm, en
- de interpretatie zelf (beoordelingsfactoren, achtergrondveronderstellingen, geschiktheidsclassificatie enz.).

4.1 Interpretatie voor de weidebouw

4.1.1 Omschrijving van de gebruiksvorm

4.1.1.1 Weidebouw en rundveehouderij

Veenman's Agrarische Winkler Prins rekent tot de weidebouw alles wat betrekking heeft op de produktie van het grasland. De grasland-, produkten worden in Nederland echter algemeen via de rundveehouderij in de vorm van melk en vlees te gelde gemaakt. Voor ons doel, de geschiktheidsbeoordeling van de grond, wordt de bodemgebruiksvorm weidebouw daarom wat wijder omschreven en verbonden gezien met de rundveehouderij. Er wordt bij deze interpretatie niet slechts nagegaan wat de invloed van de bodemgesteldheid is op de groei en produktie van gras, maar ook wat de betekenis ervan is voor het houden van rundvee, in het bijzonder melkvee.

Rundveehouderij kan plaatsvinden op bedrijven die vrijwel uitsluitend uit grasland bestaan, dat wil zeggen op weidebedrijven. Daarnaast zijn er bedrijven, waar naast grasland ook bouwland voorkomt en waar produkten van het bouwland rechtstreeks aan het vee worden gevoerd. Momenteel is snijmaïs vrijwel het enige akkerbouwprodukt dat aldus benut wordt. Enkele decennia geleden waren dat er veel meer: graan, stoppelknollen, voederbieten, aardappelen enz. Bedrijven waar dat gebeurde, werden gemengde bedrijven genoemd; ze verschilden in bedrijfsopzet sterk van de bedrijven, waar nu grasland met veehouderij naast bouwland voorkomt. De akkerbouwprodukten van deze laatste bedrijven worden, uitgezonderd de snijmaïs, rechtstreeks verkocht.

4.1.1.2 Het areaal grasland

Anderhalf miljoen ha, 66% van de Nederlandse cultuurgrond, ligt in gras. De rundveehouders zijn daarmee de belangrijkste beheerders

van de ruimte in ons land.

In tabel 23 is weergegeven hoe het graslandareaal verdeeld is over de landbouwgebieden (zie ook fig. 8). Het noordelijk en westelijk weidegebied en het oostelijk en centraal zandgebied bestaan voor 90 of meer percent uit grasland. Zeer aanzienlijk (60-90%) is ook het graslandareaal in het noordelijk en zuidelijk zandgebied en in het rivierkleigebied. In het noordelijk zeekleigebied en het lössgebied is ongeveer de helft van de cultuurgrond grasland; in de uitgesproken akkerbouwgebieden: de Hollandse en IJsselmeerpolders, het zuidwestelijk zeekleigebied en de veenkoloniën is dat 10 à 15%. De landbouwgebieden Overig Noord-Holland en Overig Zuid-Holland nemen, omdat er veel tuinbouw voorkomt, een bijzondere positie in.

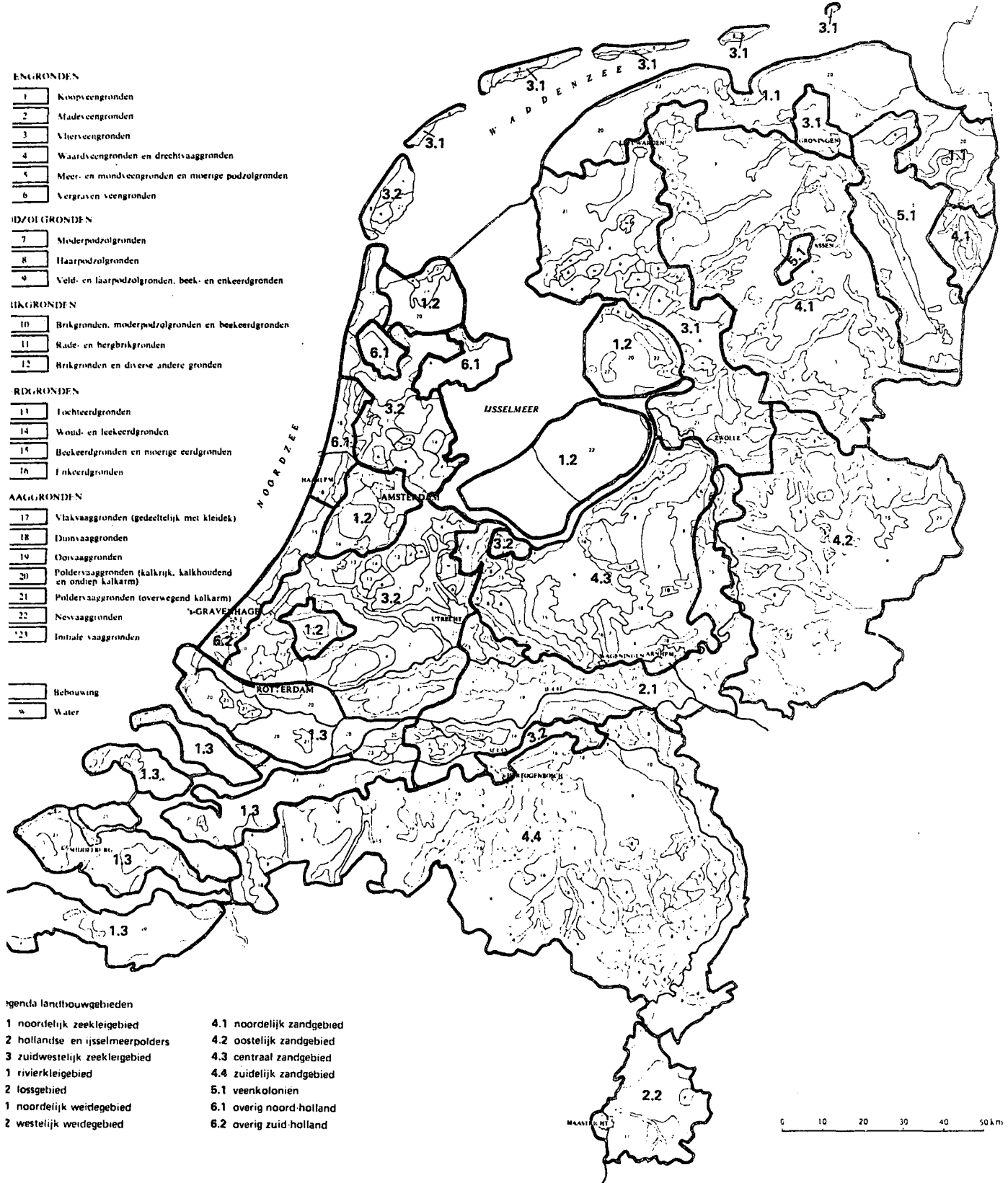
Tabel 23. De oppervlakten grasland en bouwland in ha en % en de totale oppervlakte grasland + bouwland in ha in de 14 landbouwgebieden

Landbouwgebieden (zie fig.)		Grasland		Bouwland		Grasland + bouwland
code	naam	ha (x 1000)	%	ha (x 1000)	%	ha (x 1000)
1.1	Noordelijk zeekleigebied	69	43	92	57	161
1.2	Hollandse en IJsselmeerpolders	11	12	81	88	92
1.3	Zuidwestelijk zeekleigebied	26	10	229	90	255
2.1	Rivierkleigebied	132	83	28	17	160
2.2	Lössgebied	23	48	24	52	47
3.1	Noordelijk weidegebied	204	99	1	1	205
3.2	Westelijk weidegebied	235	93	19	7	25
4.1	Noordelijk zandgebied	236	79	64	21	300
4.2	Oostelijk zandgebied	204	91	21	9	225
4.3	Centraal zandgebied	92	96	4	4	96
4.4	Zuidelijk zandgebied	236	65	128	35	364
5.1	Veenkoloniën	14	15	80	85	94
6.1	Overig Noord-Holland	24	64	14	36	38
6.2	Overig Zuid-Holland	8	51	8	49	16
Nederland		1 514	66	793	34	2 307

De oppervlakten bouwland en grasland zijn incl. sloten, bermen en verspreide bouwing. Ze zijn ontleend aan: Haans en Van Soesbergen (1977).

Fig. 8 INDELING VAN NEDERLAND IN 14 LANDBOUWGEBIEDEN, GEPROJECTEERD OP HET KAARTBEELD VAN DE GLOBALE BODEMKAART VAN NEDERLAND, SCHAAL 1:1000000

(Indeling in landbouwgebieden C.B.S.; zie maandstatistiek van de landbouw, aug. 1976, pag. 249 - 251)



Het verlies dat de landbouw in de laatste decennia moest lijden door overgang van cultuurgrond naar niet-agrarisch gebruik, is wat het grasland betreft geheel gecompenseerd door omzetting van bouwland in grasland (zie fig. 9). Deze omzetting vond vooral plaats in de zandgebieden, waar ook de hogere gronden in gebruik werden genomen voor de weidebouw. De verhouding grasland-bouwland heeft zich momenteel vrijwel gestabiliseerd.

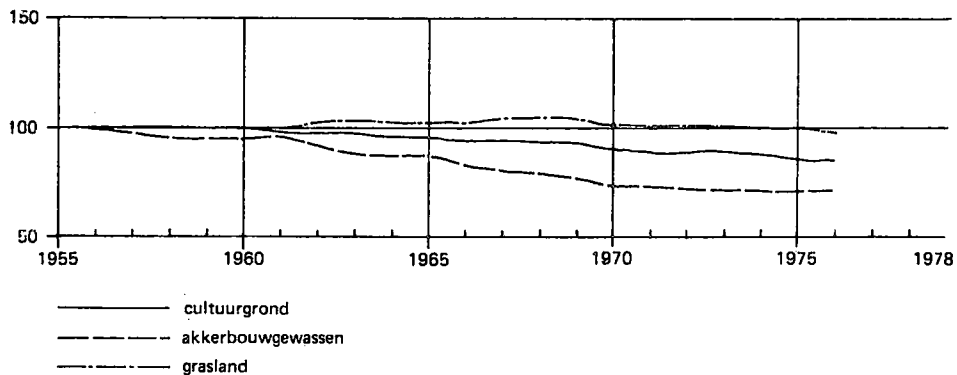


Fig. 9 De oppervlakte cultuurgrond in de periode 1955 - 1978; 1955 = 100 (Statistisch zakboek, 1977)

4.1.1.3 Ontwikkelingen in de weidebouw en de rundveehouderij

Tot in de jaren vijftig was er in Nederland veel grasland dat een slechte ontwateringstoestand en bemestingstoestand had en dat slecht was ontsloten. Sindsdien is de economische betekenis van de rundveehouderij en daarmee de aandacht voor het grasland belangrijk toegenomen. Er hebben in het rundveehouderijbedrijf op grote schaal nieuwe biologische en mechanische methoden ingang gevonden, de land-verhouding heeft zich gewijzigd, de infrastructuur van veel graslandgebieden is verbeterd, waardoor de bedrijfstak rundveehouderij een geheel ander aanzien heeft gekregen. De drijvende kracht achter deze ontwikkeling was het economisch klimaat van de jaren zestig met lage grond- en brandstoffenprijzen en stabiele, gunstige, in EEG-verband vastgestelde melk- en vleesprijzen. De economische groei van Nederland als geheel, met als consequentie een sterke verhoging van de beloningsaanspraken voor arbeid, noodzaakte de landbouw op grote schaal arbeidsbesparende technieken toe te passen. Hierdoor en door de biologisch-technische vooruitgang (zoals betere ontwatering, bemesting en verzorging van het grasland, beter vee), nam de produktie per ha en per arbeidskracht aanzienlijk toe. Hiermee gepaard gingen een afvloeiing van arbeidskrachten uit de landbouw en een schaalvergroting. Een groot deel van de vroegere arbeidsintensieve veebedrijven, veel gemengde bedrijven, zijn in de laatste decennia omgevormd deels samengevoegd, tot moderne geme-

chaniseerde melkveebedrijven, met trekkers en gespecialiseerde werktuigen en moderne vee- en melkstallen (o.a. Maris, 1976).

Tabel 24 geeft een aantal kengetallen voor de bedrijven met melkvee, die iets demonstreren van de schaalvergroting en de toename van produktie en arbeidsproduktiviteit in de afgelopen tien jaar, met tevens een raming voor de jaren 1980 en 1990. De gepresenteerde cijfers zijn landelijke gemiddelden. Het blijkt dat sinds 1966 de fysieke opbrengsten per ha aanzienlijk zijn gestegen door een dichtere melkveebezetting (1,29 resp. 1,60 stuks per ha) en een hogere melkgift per koe (4 150 resp. 4 620 l). De bedrijven zijn in omvang gegroeid (van 11,6 tot 15,3 ha), terwijl het aantal arbeidskrachten per bedrijf is afgenomen (van 1,5 tot 1,2 man). Dit betekent derhalve dat de produktiviteit per man aanzienlijk is gestegen. De prognoses voor 1980 en 1990 laten nog groei zien, echter minder sterk.

Tabel 24. Enkele kengetallen voor bedrijven met melkvee (Maris, 1976)

	Aantallen in:			
	1966	1974	1980	1990
Melkkoeien (x 1000)	1 680	2 110	2 400	2 500
Bedrijven* met melkkoeien (x 1000)	112	86	72	50
Grasland + voedergewassen (x 1000 ha)	1 300	1 320	1 300	1 200
Kengetallen:				
Koeien per bedrijf	15	25	33	50
Volw.arb.-kr. per bedrijf	1,5	1,2	1,2	1,3
Koeien per volw.arb.-kracht	10	20	28	38
Koeien per ha gras + voergew.	1,29	1,60	1,84	2,08
Ha.gras + voergew. per bedrijf	11,6	15,3	18,1	24,0
Melkgift per koe (liters)	4 150	4 620	5 000	5 500
Totale melkplas (+ mld. liters)	7	10	12	13,5

* Met als hoofdberoep bedrijfshoofd: landbouwer

Gezien in Europees verband ligt de rundveehouderij in Nederland technologisch aan de top. De melkproduktie per koe, de melkveedichtheid en de melkproduktie per ha zijn zeer hoog. In de Europese Gemeenschap levert Nederland met 3% van de cultuurgrond 12% van de melkproduktie. De rundveehouderij en de ermee verbonden zuivelindustrie is in Nederland een economisch belangrijke bedrijfstak. De totale waarde van de zuivelproduktie bedroeg in 1977 ruim 8 miljard gulden (tegenover ca. 3 miljard voor de akkerbouw en ruim 4 miljard voor de tuinbouw). 50% van de zuivelproduktie wordt geëxporteerd.

Na deze schets van de ontwikkeling en de betekenis van de rundveehouderij zal op enkele onderdelen nog wat nader worden ingegaan.

De stijging in de bruto-grasproduktie is in de afgelopen decennia aanzienlijk geweest, zoals kan worden afgeleid uit de stijging van de veedichtheid en van de melkproduktie. Verbetering van de waterbeheersing en verbetering van verkaveling en ontsluiting, veelal tot stand gebracht in het kader van ruilverkavelings- en andere landinrichtingswerken, hebben in veel gebieden de voorwaarden voor een betere graslandcultuur en een hogere produktie geschapen. Het kunstmestgebruik, vooral dat van stikstof, is aanzienlijk toegenomen en ook hierdoor steeg de grasproduktie.

Tabel 25. Verbruik van kunstmeststoffen (herleid tot resp. N, P_2O_5 en K_2O) in kg per ha cultuurgrond in een aantal jaren (Bron: Landbouwcijfers, 1977)

	N	P_2O_5	K_2O
1950/51	67	51	66
1960/61	97	48	60
1970/71	109	52	63
1975/76	218	35	48

De gegevens over kunstmestgebruik in tabel 25 hebben betrekking op cultuurgrond. De sterke stijging van het stikstofgebruik sinds de jaren vijftig is echter vooral een gevolg van een toeneming van het gebruik ervan op het grasland. Het fosfaat- en kaligebruik vertoont een dalende tendens in de weidebouw, vooral vanwege de grote hoeveelheden drijfmest die beschikbaar zijn. Overigens zijn de stikstofgiften op intensieve weidebedrijven hoger dan de ruim 200 kg/ha uit tabel 25. Ze liggen tussen de 300 en 400 kg zuivere N per ha.

Mechanisatie en toepassing van technische vindingen spelen in het Nederlandse melkveebedrijf een steeds grotere rol. Te voorzien valt dat deze ontwikkelingen zich in de nabije toekomst zullen voortzetten. Enkele opvallende gevolgen van de modernisering zijn de volgende.

Voor huisvesting en verzorging van het melkvee worden ligboxenstallen (stallen met loslopend melkvee en bijbehorende mestopslagruimte) als het meest doelmatig aanvaard. Deze stallen zijn een voorwaarde voor het systeem van mechanisch melken. In 1972 had nog maar 14% van de bedrijven met meer dan ca. 30 melkkoeien een dergelijke stal. Dit aantal is inmiddels opgelopen tot ruim

40% (ca. 12 000). De verwachting is dat er tot 1990 nog eens 10 à 12 000 bij gebouwd zullen worden.

Een grote vlucht nam ook het gebruik van technische apparatuur bij de verpleging en verzorging van het grasland, bij de voederwinning en -conservering en bij de voeding en verzorging van het vee. De mest wordt voornamelijk als mengmest opgeslagen (gerekend moet worden op 9 m^3 per koe per winterhalfjaar) en later met behulp van tankwagens van 5 à 10 m^3 uitgereden over het land.

Sinds 1950 is de totale melkproduktie bijna verdubbeld. Bedroeg deze in 1950 ruim 5 miljard liter bij een melkveestapel van 1,5 miljoen stuks, momenteel bedraagt de produktie bijna 11 miljard liter bij een melkveestapel van 2,2 miljoen stuks. De produktiestijging is vooral een gevolg van de hogere veebezetting (momenteel gemiddeld 1,76 koeien per ha), maar ook, zij het in mindere mate, van de verhoging van de produktie per koe (momenteel ca. 4 900 kg per koe). De waarden voor veebezetting en produktie per koe kunnen op goed geleide, intensieve bedrijven overigens veel hoger zijn dan deze landelijke gemiddelden. Het aantal melkkoeien per ha grasland + voedergewassen (snijmaïs) bedraagt dan al gauw 2 à 2,5, terwijl de produktie per koe 5 500 tot 6 000 en meer liters kan zijn. Daarbij dient vermeld, dat het gebruik van krachtvoer dan ook hoger ligt.

4.1.1.4 Grasgroei en grasproduktie

Groeiomstandigheden

Grasland is in Nederland overwegend blijvend grasland, waarop in tegenstelling tot wat bij akkerbouwgewassen het geval is, geregelde grondbewerking en inbreng van een nieuw gewas niet plaats vindt. Weliswaar gaat men wel tot herinzaai over als het grasbestand in kwaliteit tekort schiet, maar op lage veengronden, klei-op-veengronden of zware kleigronden is dat een moeilijke operatie; het geschiedt dan ook slechts in uiterste noodzaak. Men volstaat daarom soms met doorzaaien. Op lichtere gronden, met name zandgronden met een diepe ontwatering, is herinzaai goed uitvoerbaar; deze vindt ook regelmatig plaats als de samenstelling van het grasbestand dat nodig maakt. Jaarlijks wordt gemiddeld 100 000 ha op nieuw ingezaaid (Klooster en Frederiks, 1978).

Gras wordt in één seizoen meermalen, gemiddeld 4 à 6 keer door beweiden of maaien geoogst. Omdat men van gras uitsluitend het vegetatieve deel oogst, is na elke oogst het grasgewas arm aan

groene delen (weinig assimilatie-mogelijkheden). De hergroei moet daarna weer plaatsvinden vanuit de reserve van de stengelbasis en de wortels. De mate waarin de hergroei plaatsvindt, is - ook bij een optimale vochtvoorziening en bemestingstoestand van de grond - verder afhankelijk van andere factoren, zoals:

- de produktie van de voorafgaande snede, hoe groter die is geweest des te trager de hergroei;
- de luchtvochtigheid; hoe geringer die is, des te trager verloopt de hergroei;
- het tijdstip in het groeiseizoen; in het voorjaar vindt de hergroei veelal sneller plaats dan in de zomer en de herfst;
- de lengte van de grasstoppel; hoe korter geweid of gemaaid is, des te langer duurt het voordat er weer duidelijke groei aanwezig is.

Groeiverloop

Uit diverse onderzoeken (o.a. Albeda, 1968) is bekend dat, ook al is de vocht- en voedselvoorziening optimaal, de grasgroei gedurende het groeiseizoen geleidelijk afneemt. Is er in de loop van het groeiseizoen een periode waarin de vochtvoorziening te wensen overlaat, dan kan de groei plotseling sterk afnemen (midzomerdepressie). Nadat het vochtekort is opgeheven, kan vaak door hernieuwde groei een groot deel van de door droogte ontstane achterstand worden ingehaald.

Figuur 10 illustreert het verloop in de groei van het gras. De curven vertonen het groeiverloop van het gras op proefveldjes bij een bemestingsniveau van 70 kg N per ha, waarbij vijfmaal per sei-

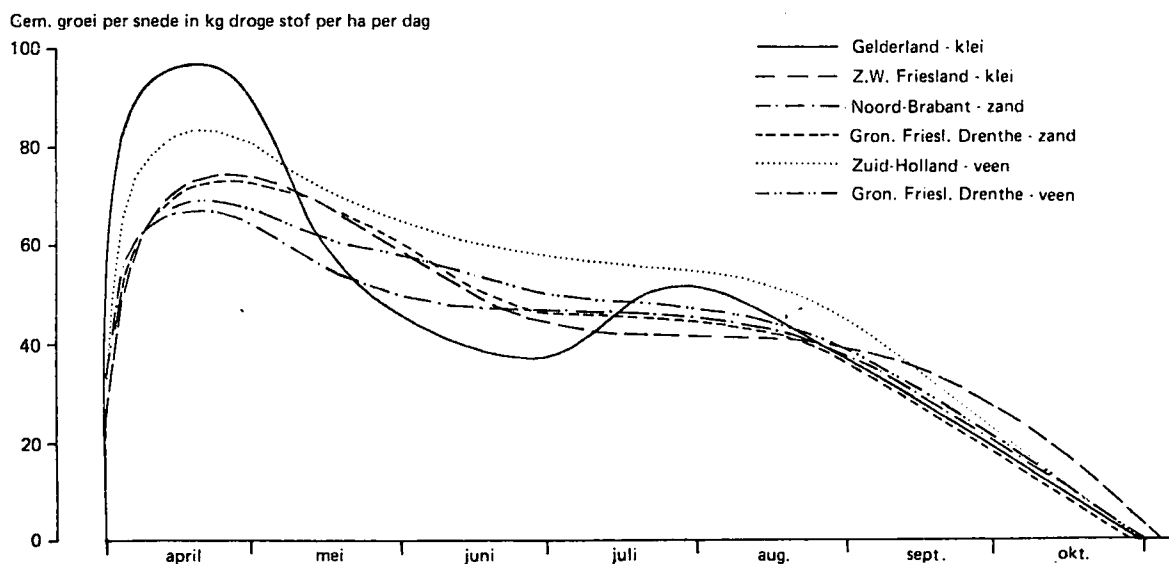


Fig. 10 Groeiverloop droge stof per gebied en per grondsoort gemiddeld over 1959 t/m 1963 (Van Steenberg, 1967)

zoen gemaaid werd. De curve voor de Gelderse rivierklei laat de mid-zomerdepressie duidelijk zien; bij die voor de Zuidhollandse veengronden (gronden met een groot vochtleverend vermogen) is er nauwelijks sprake van een depressie. De laatstgenoemde curve toont overigens wel een geleidelijke achteruitgang van de groei in de loop van het seizoen. Terloops wordt erop gewezen, dat de verschillende groei-verlopen van de curven consequenties hebben voor de beweiding.

Bruto- en netto-productie

De door de curve van figuur 10 begrensde vlakken geven een indruk van de totale opbrengsten. In tabel 26 zijn de voor een aantal gronden bepaalde bruto-opbrengsten vermeld voor een aantal jaren, in dit geval bij 300 kg N per ha (zie ook Van Steenbergen, 1977). De opbrengstgegevens zijn per categorie gronden telkens op drie proefplekken bepaald. De aard van de gronden per categorie is in de tabel aangegeven; o.a. zijn vermeld de grondwatertrap(pen) en de gradaties van de beoordelingsfactoren vochtleverend vermogen en stevigheid van de bovengrond. De omschrijvingen "droog", "normaal vochtig", "vochtig" en "nat" zijn gebruikelijk bij het CABO en worden gegeven op grond van de samenstelling van de grasmat.

Wanneer de gemiddelde opbrengst van de "normaal vochtige" veengronden op 100 wordt gesteld (13,5 ton droge stof per ha), dan blijkt dat de "vochtige" zandgronden en de "normaal vochtige" klei-op-veengronden daar ca. 5% bij achterblijven. De "natte" zandgronden en de "natte" veengronden en de "natte" klei-op-veengronden brengen ca. 10% minder op; de "droge" zandgronden 16%. Uit de opbrengstgegevens van de "natte" typen gronden is af te leiden, dat de bruto-opbrengsten op gronden met zéér natte ligging (grondwatertrap II) nog relatief hoog kunnen zijn. Beperkingen in de groei als gevolg van gebrek aan aëratie doen zich bij grasland blijkbaar niet gauw voor.

Dat behalve de waterhuishouding van de grond ook de grootte van de stikstofgift sterk de opbrengst beïnvloedt, demonstreert fig. 11 (ontleend aan Van Steenbergen, 1977). Voor de gronden uit tabel 26 zijn hierin de gemiddelde bruto-opbrengsten aan droge stof in de jaren 1964 t/m 1973 uitgezet bij verschillende N-giften. Op de "normaal vochtige" veengronden is de opbrengst zonder N even hoog als op de "droge" zandgronden met 250 kg N per ha. De opbrengstverhoging per kg N is bij alle gronden het grootst bij de eerste 200 kg.

Tabel 26 Bruto-opbrengsten van grasland in kg droge stof per are bij 300 kg N per ha op een aantal typen gronden in de jaren 1964-1973 en de gemiddelde opbrengst over die jaren (PAW serie 970-CABO)

Oogstjaar en aard van de zomer		Aard van de grond		zandgronden		veengronden		klei- op veengronden							
A = normaal tot droog		"droog" 1)		"vochtig" 2)		"nat" 3)		"normaal vochtig" 4)		"nat" 5)		"normaal vochtig" 6)		"nat" 6)	
B = nat tot zeer nat		Gt VI en VII vochtl.verm.3(-4) stevigheid 1		Gt III, III* en V* vochtl.verm.2 stevigheid 2		Gt II vochtl.verm.1 stevigheid 3		Gt II* vochtl.verm.1 stevigheid 2		Gt II vochtl.verm.1 stevigheid 3		Gt II* Vochtl.verm.1(-2) stevigheid 2		Gt II vochtl.verm.1 stevigheid 3	
1964 A	103	122	117	120	115	110	115	108							
1965 B	118	120	106	117	109	116	119	107							
1966 B	126	126	110	138	116	135	134	107							
1967 B	120	138	134	149	135	122	143	138							
1968 B	120	132	116	152	122	124	136	130							
1969 A	113	128	126	130	124	131	124	123							
1970 A	104	113	123	121	131	126	119	132							
1971 A	97	132	128	121	126	123	123	120							
1972 B	-	135	129	156	123	134	134	120							
1973 A	-	(134)	141	148	136	133	133	(128)							
Gemiddelde '64-('71)'73 kg per are	113	127	123	135	123	128	128	121							
Gemiddelde '64-('71)'73 veengronden n.v.=120	84	94	91	100	91	95	95	90							

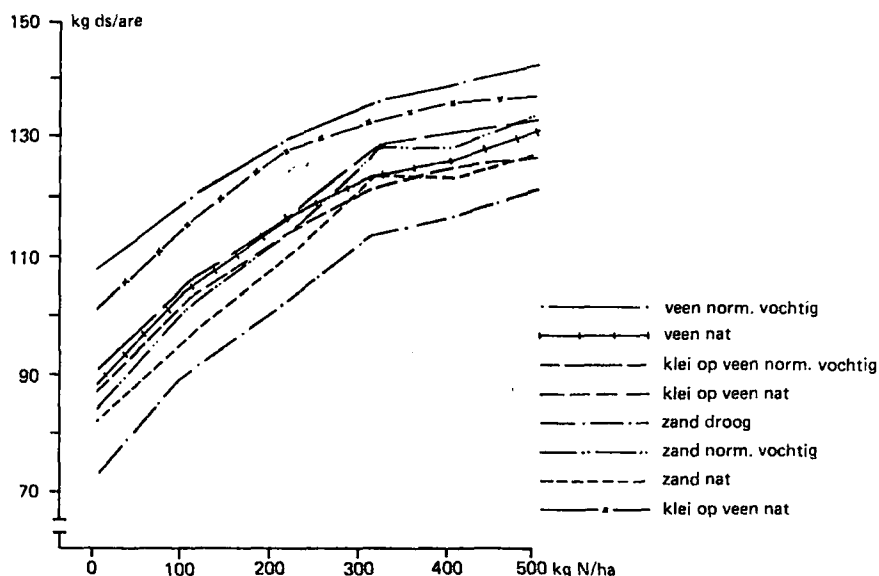


Fig. 11 Gemiddelde droge- stofopbrengsten van grasland over de jaren '64 t/m '73 bij verschillende N - giften op verschillende gronden (Van Steenberghe, 1977)

Interessanter worden de gegevens uit tabel 26, wanneer men de opbrengsten splitst naar de aard van de zomer in "normaal tot droog" enerzijds en "nat tot zeer nat" anderzijds. Het blijkt dan (tabel 28) dat, wanneer men weer de "normaal vochtige" veengronden op 100 stelt, de bruto-opbrengsten in "normale tot droge" zomers op de "droge" zandgronden 19% lager liggen, op alle andere typen gronden 1 tot 5% lager. In "natte tot zeer natte" zomers echter is de bruto-opbrengst van de "droge" zandgronden 15% lager, maar ook de "natte" typen gronden brengen dan ongeveer 15% minder op. De "vochtige" zandgronden en de "normaal vochtige" klei-op-veengronden hebben een reductie van 7 tot 9%.

De tot nu toe besproken opbrengsten zijn bruto-opbrengsten, verkregen door maaien en wegen van vers gras. In de praktijk komen bij beweiding en het winnen van hooi en kuilvoer verliezen voor. Exacte gegevens over de grootte ervan zijn slechts schaars voorhanden. Bekend is dat ze in droge zomers lager zijn dan in normale en natte zomers, verder dat ze lager zijn op stevige graslandgronden dan op gronden met een beperkte draagkracht (Schothorst, 1963; Van Zuilen, 1967; zie ook Haans en Westerveld, 1970).

In overleg met graslandspecialisten van het CABO en het Proefstation voor de Rundveehouderij zijn de in tabel 27 weergegeven verliezen geschat in afhankelijkheid van de aard van de zomer en de stevigheid van de grond. Met behulp hiervan zijn de netto-opbrengsten in tabel 28 berekend. Wanneer de netto-opbrengst op "normaal vochtige" veengronden weer op 100 wordt gesteld,

dan blijkt in "normale tot droge" zomers de netto-opbrengst op "droge" zandgronden 14% lager te liggen. Op de "natte" typen gronden liggen ze 12 tot 17% lager, op de "vochtige" zandgronden en de "normaal vochtige" klei-op-veengronden 1 resp. 4% lager. In "natte tot zeer natte" zomers daarentegen zijn de netto-opbrengsten op de "natte" typen gronden méér dan 25% lager, op de "droge" zandgronden maar 2%, op de "vochtige" zandgronden en de "normaal vochtige" klei-op-veengronden resp. 8 en 6%.

Tabel 27. Beweidingsverliezen van grasland (in %) in afhankelijkheid van de aard van de zomer en de stevigheid van de bovengrond (geschatte waarden, opgesteld in overleg met CABO en PR)

Stevigheid van de bovengrond	Aard van de zomer	
	"normaal droog"	"nat tot zeer nat"
1	15	20
2	20	30
3	30	40

Tabel 28. Bruto- en netto-opbrengsten aan droge stof van grasland op verschillende typen gronden en in verschillende typen zomers (zie ook de tabellen 26 en 27)

Aard van de grond	Opbrengsten							
	"normale tot droge" zomers				"natte tot zeer natte" zomers			
	bruto		netto		bruto		netto	
	kg/are	verh. cijfer ¹⁾	kg/are	verh. cijfer ¹⁾	kg/are	verh. cijfer ¹⁾	kg/are	verh. cijfer ¹⁾
Zandgronden								
"Droog"	104	81	88	86	121	85	97	98
"Vochtig"	126	98	101	99	130	91	91	92
"Nat"	127	99	90	88	119	83	71	72
Veengronden								
"Normaal vochtig"	128	100	102	100	142	100	99	100
"Nat"	125	98	88	86	121	85	73	74
Klei-op-veengronden								
"Normaal vochtig"	123	96	98	96	133	93	93	94
"Nat"	122	95	85	83	120	84	72	73

1) Opbrengst op veengronden "normaal vochtig" = 100

Uit deze beschouwing wordt duidelijk dat op gronden met een betrekkelijk gering vochtleverend vermogen van ongeveer 100 mm, de bruto-graslandproduktie in "normale tot droge" zomers sterk achterblijft, maar dat als gevolg van de relatief geringe verliezen de netto-opbrengsten nog erg meevallen. In "natte tot zeer natte" zomers is de netto-opbrengst vergelijkbaar met die van gronden met een hoger vochtleverend vermogen en veel beter dan die van "natte" gronden. Daarbij zij nog opgemerkt, dat de in tabel 26 vermelde gemiddelde bruto-produktie van 11,3 ton van de "droge" zandgronden berekend is over 1964 t/m 1971. Opbrengstgegevens voor 1972 en 1973, relatief gunstige jaren, ontbreken.

In figuur 12 zijn de gegevens samengevat van de bruto-drogestofbepalingen bij verschillende N-giften op twee proefplekken op zwarte enkeerdgrond en twee op ooivaaggrond (rivierkleistroomruggrond); beide met grondwatertrap VII; ze hebben betrekking op de jaren 1974 t/m 1977. Ook hier blijkt het N-effect. De produktie op de ooivaaggronden is in alle onderzoeksjaren hoger dan op de enkeerdgronden. De enkeerdgronden zijn hangwaterprofielen met gradatie 2 voor vochtleverend vermogen. De ooivaaggronden zijn eveneens hangwaterprofielen met misschien wat grondwaterinvloed. De gradatie voor vochtleverend vermogen is 1 à 2.

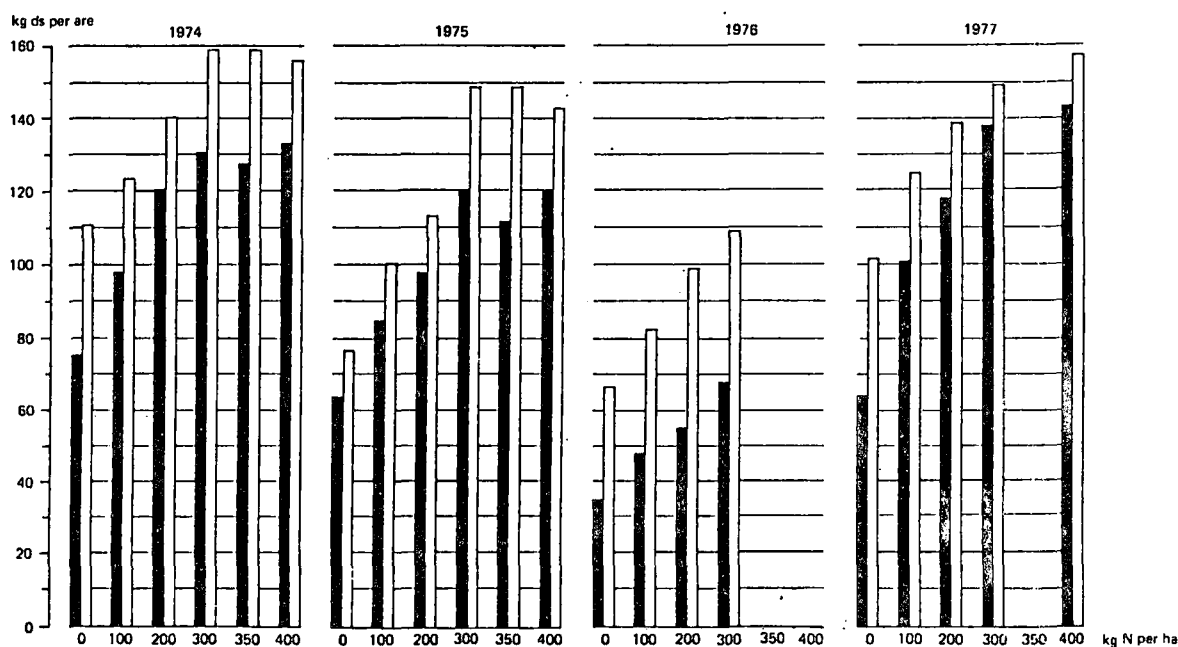


Fig. 12 Gemiddelde droge-stofopbrengsten op twee zwarte enkeerdgronden en twee ooivaaggronden (rivierkleistroomgronden) in de jaren 1974 t/m 1977 bij verschillende N-giften (gegevens CABO). Zwarte staven: enkeerdgronden; witte staven: ooivaaggronden

De ooivaaggrond is duidelijk beter in staat de wortels van vocht en voedsel te voorzien. Van de onderzoeksjaren waren 1974 en 1977 "normaal", 1975 was "droog" en 1976 was "zeer droog". De invloed van het zeer droge jaar komt duidelijk naar voren; vooral de produktie op de enkeerdgrond blijft dan sterk achter. Gemiddeld over de vier onderzoeksjaren produceert bij 300 kg N de enkeerdgrond 11,4 ton, de ooivaaggrond 14,2 ton. Rekent men 1976 niet mee dan worden de cijfers resp. 12,9 ton en 15,3 ton. Vergelijking van deze produkties met die, vermeld in de tabellen 26 en 28 is moeilijk, omdat laatstgenoemde betrekking hebben op acht à tien onderzoeksjaren met een ander karakter. Duidelijk blijkt wel dat de enkeerdgronden meer produceren dan de "droge" zandgronden uit de tabellen 26 en 28. Het niveau van de enkeerdgronden is ongeveer dat van de "vochtige" zandgronden. De ooivaaggrond produceert meer dan welke grond uit tabel 26 ook. Het is verwonderlijk dat zulke hoge produkties gehaald zijn op een hangwaterprofiel met misschien enige grondwaterinvloed. Hier zou kunnen meespelen dat we met een "klei"-grond te maken hebben, in de andere gevallen met "zand"- en "veen"-gronden.

De besproken gegevens voor bruto-opbrengsten op verschillende typen gronden zijn in tabel 29 samengevat tot vuistgetallen.

4.1.2 De interpretatie

4.1.2.1 Uitgangspunten en achtergrondveronderstellingen

Bij het interpreteren voor de bodemgebruiksvorm weidebouw wordt uitgegaan van een modern intensief weidebedrijf, gericht op de melkveehouderij. Dat bedrijf heeft een omvang van ca. 20 of meer ha en een bezetting van ca. 2,5 stuks grootvee per ha gras plus groenvoedergewassen (snijmaïs). Het vee wordt geweid in aantallen van veertientallen stuks. Gedurende de weideperiode maken deze koppels tweemaal daags de gang naar de centrale melkstal. Van de stal wordt de drijfmest uitgereden over het land op tijdstippen die voor de bedrijfsvoering en de grasgroei zo gunstig mogelijk zijn. Er wordt veel stikstof als kunstmeststikstof gegeven (ca. 300 kg N per ha). In verband met de arbeidsbezetting worden werkzaamheden voor verpleging en onderhoud van het grasland, voor de winning van hooi en ruwvoer, enz., zoveel mogelijk gemechaniseerd uitgevoerd, waarbij dikwijls zware werktuigen worden gebruikt. Aangenomen wordt verder dat:

- het bedrijf goed geleid wordt;

Tabel 29. Vuistgetallen voor gemiddelde bruto-drogestofopbrengsten van gras in tonnen per ha, afgerond op halve tonnen, bij 300 kg N per ha op verschillende typen gronden (samengesteld uit de tabellen 26 en 28 en fig. 12)

Aard van de grond	Gradaties van de beoorde- lingsfactoren		Bruto-opbrengst (tonnen droge stof per ha)	Opmerkingen
	ontwaterings- toestand	vochtleverend vermogen		
Zandgronden (o.a. veldpodzolgronden)	1 en 2	3	11,0	relatief gevoelig voor droge jaren; 8 onderzoeksjaren
Zandgronden (o.a. beekeerdgronden)	3	2	12,5	10 onderzoeksjaren
Zandgronden (o.a. beekeerdgronden)	4	1	12,0	10 onderzoeksjaren
Zandgronden (o.a. enkeerdgronden)	1	2	12,0	relatief gevoelig voor droge jaren; 4 onderzoeksjaren
Veengronden	3	1	13,5	10 onderzoeksjaren
Veengronden	4	1	12,0	10 onderzoeksjaren
Klei-op-veengronden	3	1	13,0	10 onderzoeksjaren
Klei-op-veengronden	4	1	12,0	10 onderzoeksjaren
Zavel- tot lichte kleigronden	1	1 à 2	14,0	4 onderzoeksjaren

- het bedrijf een zodanige verkaveling en ontsluiting heeft, dat redelijk wordt voldaan aan de eisen die in dit verband worden gesteld;
- de bodemvruchtbaarheid het niveau heeft dat wenselijk voor de gegeven bodemkundige situatie is.

Tenslotte moet worden opgemerkt, dat steeds een kaarteenheid wordt beoordeeld alsof alle percelen van dat fictieve bedrijf uit die eenheid bestaan.

4.1.2.2 Beoordelingsfactoren

De beoordelingsfactoren waarop de interpretatie voor weidebouw berust zijn:

- de ontwateringstoestand,
- het vochtleverend vermogen,
- de stevigheid van de bovengrond.

De beoordelingsfactor verkruimelbaarheid wordt niet bij de interpretatie betrokken, omdat het maken van een zaaibed geen regelmatig voorkomend vereiste is in de weidebouw. Niettemin is goede verkruimelbaarheid een voordeel, wanneer herinzaai als gevolg van degradatie van het grasbestand gewenst is.

Ook met de verschillen die er tussen kleigronden enerzijds en zand- en veengronden anderzijds bestaan, wordt bij de interpretatie geen rekening gehouden, al moet het niet uitgesloten worden geacht dat deze van betekenis zijn. Gedacht moet dan worden aan kwaliteitsverschillen van het gras en daarnaast ook aan hogere opbrengsten. Vergeleken met de drie in de aanhef genoemde beoordelingsfactoren, is echter deze factor waarschijnlijk toch van ondergeschikte betekenis.

Ontwateringstoestand (zie ook 3.1)

De ontwateringstoestand is belangrijk vanwege zijn invloed op de stevigheid van de bovengrond en daarmee op de berijdbaarheid en de beweidbaarheid; verder is hij bepalend voor de zuurstofvoorziening van de wortels en dus voor de grasgroei. Voor weidebouw behoeft de ontwateringstoestand niet aan zulke hoge eisen te voldoen als bij de akkerbouw, hetgeen wil zeggen dat er in het algemeen undiepere grondwaterstanden toelaatbaar zijn. Niettemin worden speciaal in de moderne weidebouw hoge eisen aan de stevigheid van de bovengrond gesteld, maar dat aspect wordt bij de factor "stevigheid van de bovengrond" nader beoordeeld. Een diepere ontwateringstoestand betekent veelal tevens vroege groei van het gras in het voorjaar, betere

N-mineralisatie en in het najaar langer doorgaande groei. Daar staat echter tegenover dat de vochtvoorziening, en daarmee de produktie in de zomer, in het gedrang kan komen. De eisen van de moderne bedrijfsvoering maken, dat men vaak kiest voor diepere ontwatering ook al gaat dit ten koste van de produktie.

Vochtleverend vermogen (zie ook 3.2)

Deze factor is in hoge mate bepalend voor de bruto-grasproduktie. Vanwege de zware vaebezetting vraagt het moderne weidebedrijf een hoge en regelmatige grasproduktie. In verband daarmee is een goede voorziening van de wortels met vocht en voedingsstoffen vereist. In het laatste wordt voorzien door in het algemeen zware bemestingen. Het benodigde vocht moet echter door de grond kunnen worden geleverd. In 4.1.1.2 is met een aantal voorbeelden toegelicht wat verschillen in vochtleverend vermogen voor de bruto-produktie betekenen. Daar is ook uiteengezet dat gronden met een groot vochtleverend vermogen en daarmee een hoge bruto-produktie echter vaak gronden met relatief hoge grondwaterstanden zijn, hetgeen in verband met de stevigheid van de grond kan leiden tot beweidingsverliezen en veel lagere netto-produkties.

Er zijn aanwijzingen dat voor zover een groot vochtleverend vermogen met relatief diepe grondwaterstanden gepaard gaat - gronden met dikke wortelzones en een groot vochthoudend vermogen, zoals bijv. enkeerdgronden -, het beschikbare vocht in het onderste gedeelte van de wortelzone nooit geheel door het grasgewas benut wordt. Terwijl granen of suikerbieten zo'n grond geheel uitputten in een droge zomer, is dat met gras niet het geval.

Stevigheid van de bovengrond (zie ook 3.6)

Deze factor is vooral voor de intensieve gemechaniseerde weidebouw van betekenis. Op deze bedrijven zijn gronden vereist die het gehele jaar berijdbaar zijn en waar gedurende de weideperiode geen vertrapping voorkomt. Ook in natte perioden moet de grond dus voldoende stevig zijn. Is dat niet het geval, dan wordt, als gevolg van verliezen bij beweiding en ruwvoerwinning, het rendement van de grasproduktie sterk gereduceerd. Bovendien kan dan door beweiden en berijden gemakkelijk vertrapping en beschadiging van de zode ontstaan met achteruitgang van het grasbestand en soms noodzaak tot herinzaai. Dit alles klemmt temeer, omdat geweid wordt in grote koppels,

die in de centrale melkstal worden gemolken, waardoor bepaalde perceelsgedeelten intensief worden betreden. De omvang van de veestapel per bedrijf brengt verder mee, dat er vanuit de centrale stal grote hoeveelheden drijfmest over het land verdeeld moeten worden, gedeeltelijk gedurende de winter. Intensieve, gemechaniseerde bedrijfsvoering is dan ook op weinig draagkrachtige gronden onmogelijk.

4.1.2.3 Geschiktheidsclassificatie

De kaarteenheden worden in de geschiktheidsklassen voor weidebouw ondergebracht, op grond van de gradaties voor de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen en stevigheid van de bovengrond. In hoofdstuk 2 is uiteengezet hoe de geschiktheidsclassificatie is opgebouwd. Tabel 30 geeft de geschiktheidsclassificatie voor weidebouw in hoofd- en middenklassen. De hier gepresenteerde hoofd- en middenklassen zijn die, welke worden gebruikt bij interpretaties van bodemkaarten schaal 1 : 50 000 en 1 : 25 000.

Tabel 30. Bodemgeschiktheidsclassificatie voor weidebouw in hoofd- en middenklassen.

Bij elke middenklasse is tussen haakjes een korte populaire omschrijving gegeven

Hoofdklasse 1 Gronden met ruime mogelijkheden voor weidebouw

Middenklasse 1.1 Goed berijdbaar; hoge bruto-grasproductie; weinig beweidingsverliezen (zeer goede gronden, zonder noemenswaardige tekortkomingen).

Middenklasse 1.2 Enigszins beperkt berijdbaar; hoge bruto-grasproductie; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren (vrij goede gronden; enigszins gevoelig voor schade ten gevolge van berijden en beweiden).

Middenklasse 1.3 Goed berijdbaar, hoge bruto-grasproductie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen (vrij goede gronden, enigszins gevoelig voor opbrengstdepressies in droge jaren).

Middenklasse 1.4 Enigszins beperkt berijdbaar; hoge bruto gras-productie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren (vrij goede gronden; zowel gevoelig enerzijds voor schade bij berijden en beweiden, in natte jaren als voor opbrengstdepressies in droge jaren).

Hoofdklasse 2 Gronden met beperkte mogelijkheden voor weidebouw

Middenklasse 2.1 Beperkt berijdbaar; hoge bruto-grasproductie; matige beweidingsverliezen (te natte gronden; in droge jaren groeistagnatie).

Middenklasse 2.2 Goed berijdbaar; matige bruto-grasproductie in droge jaren; weinig beweidingsverliezen (te droge gronden; ook in normale jaren groeistagnatie).

Middenklasse 2.3 Beperkte berijdbaarheid; matige bruto-grasproductie in droge jaren; matige beweidingsverliezen in natte jaren (te natte gronden met ook in normale jaren groeistagnatie ten gevolge van vochttekort).

Hoofdklasse 3 Gronden met weinig mogelijkheden voor weidebouw

Middenklasse 3.1 Zeer beperkt berijdbaar; matige of hoge bruto-grasproductie; grote beweidingsverliezen (altijd te natte gronden).

Middenklasse 3.2 Goed berijdbaar; lage of matige bruto-grasproductie; weinig beweidingsverliezen (altijd te droge gronden).

Tabel 31 Sleutel voor vaststelling van hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor weidebouw

Ontwateringstoestand	1+2		3		4			5	
Stevigheid van de bovengrond	1	2	1	2 ')	1	2	3	2	3
Vocht-leverend vermogen									
1	1.1	1.2	1.1	1.2	(1.2)	2.1	3.1	(2.1)	3.1
2	1.3	1.4	1.3	1.4	(1.3)	2.1	3.1	(2.1)	(...)
3	2.2	2.3	2.2	2.3	(2.2)	2.3	3.1	(3.1)	(...)
4	3.2	(...)	3.2	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
5	3.2	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)

(...) komt waarschijnlijk niet of in zeer kleine oppervlakten voor

') bij een stevigheid gradatie 3 wordt de geschiktheidsklasse 3.1

Tabel 32 Voorbeelden van inpassing van kaarteenheden in de geschiktheidsklassen voor weidebouw

Ontwateringstoestand	1+2		3		4			5	
Stevigheid boven-grond	1	2	1	2	1	2	3	2	3
Vocht-leverend vermogen									
1	1.1 zEZ23-VI Mn15A/C-VI Mn95A/C-VI iVz/c → VI iVz/c → IV	1.2 Rn94C-VI pMn56C-IV	1.1 zEZ21/23-V* cHn23-V* Rn15A/C-V* Mn15A/C-V* Mn25A/C-V*	1.2 pV...-III* Hn21/23-III* pZg21/23-III* pMn55A-III* Wo...-III* Vb...-III* pMn85C-V* iVz/c → V* kVc -III*	(1.2)	2.1 cHn23-V Mn15A-V (k)pZg21/23-III Hn21-III pZg23-V	3.1 V...-II pV...-II hV...-II kV...-II vW...-II/III Mv41C-II/III	(2.1)	3.1 ...-I
2	1.3 cHn23-VI/VII zEZ23-VII Mn22A-VI gMn83C-VI	1.4 pMn86C-VI Rn94C-VI pMo80C-IV	1.3 cHn21-V*	1.4 pZg23-V* gMn83C-V*	(1.3)	2.1 pZn21-III/V Hn21-V pZg21-V pZn21-V	3.1 vW...-III	(2.1)	
3	2.2 cHn21/23-VII Hn21/23-VI zEZ21-VII Mn12A-VII Rn62C-VI	2.3 dWoI-IV	2.2 Hn21-V* cHn21-V* pZn21-V*	2.3 Rn47C-V* Rn44C-V*	(2.2)	2.3 Zn21-V Hn21-V Rn44C-V	3.1 Rn44C-III	(3.1)	
4	3.2 Hn21-VII Hn23-VII		3.2 Zn21-V*						
5	3.2 Zd21-VII Hd30-VII Hn21-VII								

(...) komt waarschijnlijk niet of in zeer kleine oppervlakten voor

De middenklassen kunnen nog in onderklassen worden verdeeld door toevoeging van codes voor de belangrijkste beperkende beoordelingsfactoren. In tabel 31 wordt een "sleutel" gepresenteerd die aangeeft hoe combinaties van gradaties in beoordelingsfactoren tot geschiktheidsklassen leiden.

Tabel 32 geeft een aantal voorbeelden van inpassing van een aantal kaarteenheden in de hoofd- en middenklassen van de geschiktheidsclassificatie, in afhankelijkheid van de gradaties van de beoordelingsfactoren. We merken nog op dat de hoge, matige en lage bruto-grasproduktieniveaus, vermeld in tabel 30 bij de omschrijving van de middenklassen, als volgt gekwantificeerd worden:

- hoog meer dan 12 ton droge stof per ha per jaar bij 300 kg N
- matig 10 tot 12 ton droge stof per ha per jaar bij 300 kg N
- laag minder dan 10 ton droge stof per ha per jaar bij 300 kg N.

Bij bestudering van tabel 31, de sleutel, blijkt dat voor onderbrenging van een kaarteenheden in een van de middenklassen van hoofdklasse 1 (de dubbel omlijnende vakjes in tabel 31), een vochtleverend vermogen gradatie 1 of 2 nodig is. Bij een dergelijk vochtleverend vermogen mag een hoge bruto-produktie worden verwacht. Verder moet de gradatie voor stevigheid 1 of 2 zijn (bij een gradatie van ontwateringstoestand 1, 2 of 3), of 1 (bij gradatie 4 voor ontwateringstoestand).

De middenklassen van hoofdklasse 2 (de enkel omlijnende vakjes in tabel 31) hebben of gradatie 3 voor vochtleverend vermogen (matige bruto-produktie) met geen of matige stevigheidsbeperkingen, of gradatie 1 of 2 voor vochtleverend vermogen (hoge bruto-produktie) met ernstige natheidsproblemen, gradatie 2 voor stevigheid bij een ontwateringstoestand 4 of 5.

De middenklassen van hoofdklasse 3 tenslotte hebben of lage bruto-producties (gradatie 4 en 5 voor vochtleverend vermogen) of ernstige natheidsproblemen.

Het zijn dus vooral de beoordelingsfactoren vochtleverend vermogen (bruto-produktie) en stevigheid van de bovengrond die bepalend zijn voor het onderbrengen van een grond in de geschiktheidsclassificatie voor weidebouw. Er dient nog te worden opgemerkt dat gelijke gradaties voor stevigheid niet altijd leiden tot gelijke stevigheidsbeperkingen. Het is nodig ook de gradatie in ontwateringstoestand in de beoordeling te betrekken, zoals het volgende voorbeeld laat zien.

De stevigheidsgradatie 2 in combinatie met ontwateringstoestand 1, 2 of 3, leidt volgens tabel 31 tot de geschiktheidsklasse 1.2, die slechts geringe beperkingen heeft wat berijdbaarheid betreft en

waar ook de beweidingsverliezen niet groot zijn, zoals uit de klasse-omschrijving (totaal 30) blijkt. De stevigheidsgradatie 2 in combinatie met de ontwateringstoestand 4 leidt echter tot de geschiktheidsklasse 2.1 of 2.3. Uit de omschrijving van deze klassen (tabel 30) blijkt, dat, hoewel de stevigheidsgradatie gelijk is aan die van de klasse 1.2, de beperkingen ten aanzien van berijdbaarheid en beweidbaarheid er groter zijn. De filosofie erachter is, dat vanwege de ondiepere grondwaterstanden bij ontwateringstoestand 4 de stevigheidstoestand van gradatie 2 hier minder frequent en minder langdurig voorkomt dan bij de ontwateringstoestand 1, 2 of 3 het geval is.

4.1.3 Kritische opmerkingen

De geschiktheidsclassificatie voor weidebouw met de erbij behorende beoordelingsfactoren en sleutel zoals beschreven in 4.1.2.3 is in 1978 in gebruik genomen (Stiboka, 1978). Er wordt naar gestreefd de interpretatie te verbeteren, waartoe de volgende overwegingen kunnen bijdragen.

4.1.3.1 Zeer hoge bruto-producties

Uit de in 4.1.1.2 besproken CABO-gegevens blijkt dat op lichte kleigronden van het type ooivaaggrond zeer hoge producties voorkomen (bijna 15 ton bij 300 kg N), duidelijk hoger dan op de beste veengronden. Het betreft weliswaar slechts twee proefplekken, doch de uitkomsten zijn zeer sprekend. Het is nog niet helemaal duidelijk, waar het zeer hoge produktieniveau mee samenhangt. Is het feit, dat we hier met een "klei"-grond te maken hebben, er mede oorzaak van?

Naar analogie van het onderscheid bij de akkerbouwclassificatie (waar in hoofdklasse 1 middenklassen met "zware" en "lichte" vruchtwisseling onderscheiden worden), zou ook iets dergelijks bij de weidebouwclassificatie gedacht kunnen worden, zoals ook vroeger gebeurd is. Het is namelijk niet goed mogelijk alléén uit de voorkomende gradatie in vochtleverend vermogen de zeer hoge produktie te verklaren. Eerst moet echter meer bekend worden over zeer hoge producties op andere kleigronden in het land.

4.1.3.2 De gradaties in de beoordelingsfactor stevigheid

Deze beoordelingsfactor, die zwaar weegt bij de interpretatie voor weidebouw, kent slechts drie gradaties. Het is technisch moei-

lijk er méér te onderscheiden, maar dit neemt niet weg dat drie gradaties voor zo'n belangrijke beoordelingsfactor duidelijk te weinig is. Wanneer men bedenkt, dat in gradatie 3 alles wat slap is, terecht komt, tot en met de kraggelanden, en in gradatie 1 alles wat goed stevig is, dan betekent dit dat in gradatie 2 een nogal grote variatie van stevigheidstoestanden moet voorkomen. Het blijkt dan ook moeilijk met alleen de beoordelingsfactor stevigheid de stevigheidstoestanden voldoende genuanceerd te beschrijven. Dit geldt bijv. voor gebieden waar het ene deel wat beter ontwaterd is dan het andere. De gradatie 3 komt, omdat die gereserveerd is voor de echte slappe gronden, veelal niet in aanmerking. Over blijft dan slechts 1 en 2, met andere woorden: het gaat om de keuze goed of niet goed. Daarom wordt in de geschiktheidsclassificatie een wat genuanceerder beeld van de stevigheidsaspecten gegeven door de ontwateringstoestand erbij te betrekken, zoals uiteengezet is in het slot van 4.1.2.3. Ideaal zou echter zijn, en in overeenstemming met de gedachten die ten grondslag liggen aan het beschreven interpretatiesysteem, wanneer de stevigheidstoestand van de grond zoveel mogelijk onafhankelijk en voldoende gedetailleerd beschreven kan worden met de beoordelingsfactor. Het is daarom zeer gewenst dat onderzoek daartoe gedaan wordt.

4.2 Interpretatie voor de akkerbouw

4.2.1 Omschrijving van de bodemgebruiksvorm

4.2.1.1 Algemeen

De akkerbouw houdt zich bezig met de teelt van cultuurgewassen op de akker en de daarmee samenhangende werkzaamheden, zoals grondbewerking, bemesting en gewasbehandeling. De akkerbouwmatige teelt van tuinbouwgewassen rekent men ook tot de akkerbouw.

De meeste akkerbouwprodukten worden verkocht en dus van het bedrijf afgevoerd; snijmaïs is een akkerbouwgewas, waarbij dat niet altijd het geval is.

Akkerbouw kan plaatsvinden op bedrijven die vrijwel uitsluitend uit bouwland bestaan, zuivere akkerbouwbedrijven. Daarnaast zijn er bedrijven waar naast bouwland ook grasland met rundveehouderij voorkomt. Dit soort bedrijven is de laatste decennia door "ontmenging" van de landbouwbedrijven sterk in aantal teruggelopen. De vroeger vooral in de zandgebieden veel voorkomende gemengde be-

drijven hadden grasland en verbouwden daarnaast akkerbouwgewassen, die in het eigen bedrijf aan het vee werden gevoerd. Op het ogenblik is snijmaïs het enige akkerbouwprodukt dat daarvoor wordt verbouwd.

Bij de interpretatie voor akkerbouw wordt nagegaan, wat de invloed van de bodemgesteldheid is op de groei en produktie van akkerbouwgewassen; er wordt daarbij niet onderscheiden of de teelt plaatsvindt op zuivere akkerbouwbedrijven dan wel op bedrijven met naast bouwland ook grasland met veehouderij.

4.2.1.2 Het areaal akkerbouw

Het Nederlandse akkerbouwareaal omvat 793 000 ha (tabel 23)*. Dit is ca. 32% van de oppervlakte cultuurgrond; voor grasland is het percentage ca. 62, voor tuinbouw ca. 6. Na grasland is akkerbouw de naar oppervlakte belangrijkste vorm van bodemgebruik. In tabel 23 is weergegeven hoe het areaal verdeeld is over de landbouwgebieden (zie ook fig. 8).

Het areaal cultuurgrond nam sinds het begin van de jaren zestig geregeld af, vooral ten behoeve van niet-agrarische doeleinden. Tegelijkertijd vond een verschuiving plaats van bouwland naar grasland. Daardoor bleef het graslandareaal constant en verminderde vooral het bouwlandareaal (fig. 9). De omzetting van bouwland in grasland voltrok zich voornamelijk in gebieden met gemengde bedrijven, zoals het rivierkleigebied en het oostelijk, centraal en zuidelijk zandgebied. Vooral door de opkomst van de snijmaïs is aan de daling van het akkerbouwareaal in deze gebieden een einde gekomen (Ministerie van Landbouw en Visserij, 1976). In de specifieke akkerbouwgebieden, zoals het noordelijk zeekleigebied, het centraal zeekleigebied (Hollandse en IJsselmeerpolders), het zuidwestelijke zeekleigebied, het lössgebied, de veenkoloniën en het noordelijk zandgebied, met een gezamenlijk akkerbouwareaal van ruim 500 000 ha, is de daling van de oppervlakte akkerbouw relatief gering geweest.

4.2.1.3 Het bouwplan

Tabel 33 (ontleend aan Preuter, 1977) laat zien welk aandeel de verschillende gewassen in het totale akkerbouwareaal hebben en welke ontwikkelingen zich daarin sinds 1965 hebben voorgedaan. In 1976

* Dit is de oppervlakte bouwland inclusief sloten, bermen en verspreide bebouwing. Rekent men alleen met het bouwland van geregistreerde bedrijven, dan komt men tot 680 000 ha (Landbouwcijfers, 1977).

werd 35% van het akkerbouwareaal ingenomen door graangewassen (vooral wintertarwe en gerst), 44% door knol- en wortelgewassen, 13% door snijmaïs en 7% door "overige" gewassen. In volgorde van hun aandeel zijn (consumptie) + fabrieks-aardappelen, suikerbieten, tarwe, snijmaïs en gerst de vijf gewassen die thans samen 85% van het akkerbouwareaal voor hun rekening nemen.

Tabel 33. Procentuele verdeling van de gewassen over het totale akkerbouwareaal (naar Preuter, 1977)

	1965	1970	1975	1976
Consumptie-aardappelen	9,2	13,3	11,6	13,0
Fabrieksaardappelen	5,6	9,6	10,8	10,5
Suikerbieten	11,6	15,1	20,2	20,4
Voederbieten	2,5	1,4	0,5	0,5
Ov.knol- en wortelgewassen	0,1	-	-	-
Totaal knol- en wortelgew.	29,0	39,4	43,2	44,3
Wintertarwe	12,3	15,2	9,6	15,6
Zomertarwe	7,6	5,4	6,2	3,1
Wintergerst	1,3	1,3	0,9	1,4
Zomergerst	11,1	13,9	11,4	7,6
Rogge	12,4	8,2	2,7	3,1
Haver	12,7	8,0	5,2	3,7
Overige granen	3,7	0,6	0,3	0,2
Totaal granen	61,1	52,5	36,2	35,0
Snijmaïs	0,4	0,9	11,5	13,0
Groene erwten en bonen	1,9	2,0	1,5	1,2
Koolzaad en karwij	1,1	1,3	2,6	2,1
Vlas	2,7	0,8	0,8	0,8
Graszaad	1,4	1,3	3,0	2,1
Div. ov.gewassen	2,5	1,8	1,3	1,5
Totaal ov.gewassen	9,6	7,2	9,2	7,6

De sterke teruggang van het graanaandeel in het nationale bouwplan sinds 1965 spitst zich vrijwel geheel toe op rogge en haver. Tegenover een vermindering van het graanareaal met ca. 26% staat een toeneming van aardappelen en suikerbieten met elk ca. 9%. Het areaal snijmaïs steeg met ruim 12%.

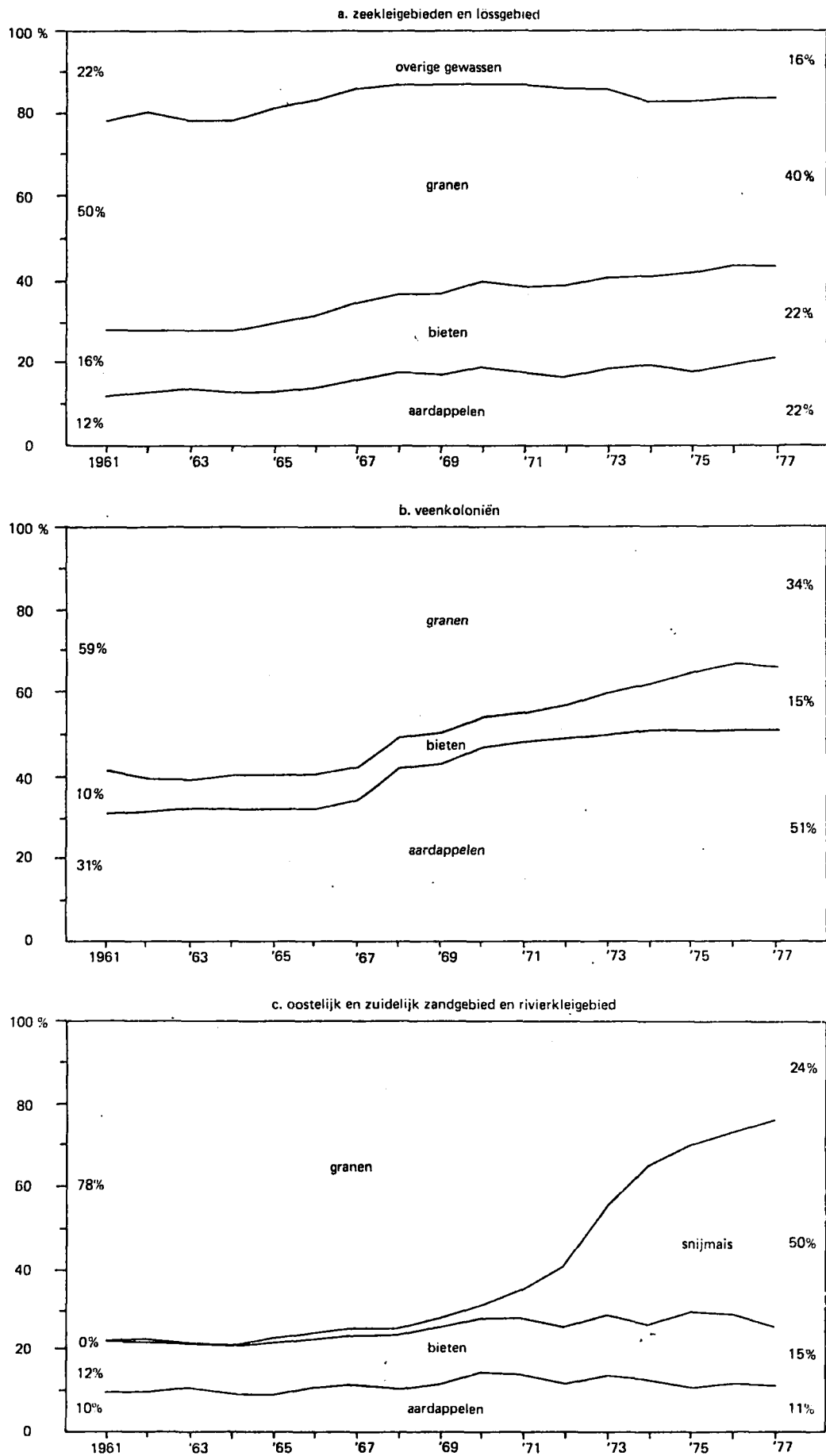


Fig. 13 Aandeel van enkele groepen van gewassen in % van het akkerbouwareaal in
a. de zeekleigebieden en het lössgebied, b. de veenkoloniën en c. het oostelijk en zuidelijk
zandgebied en het rivierkleigebied in de jaren 1961 t/m 1977 (Preuter, 1977)

De ontwikkelingen zijn in de landbouwgebieden niet gelijk geweest. De figuren 13a, b, en c illustreren dit. Het aandeel van de hakvruchten is overal sterk toegenomen. In de Veenkoloniën en het noordelijk zandgebied wordt nu ongeveer de helft van het areaal door aardappelen in beslag genomen en tweederde deel door aardappelen en suikerbieten samen. Het percentage hakvruchten nadert in de zeekleigebieden en het lössgebied de 50%. In het oostelijk en zuidelijk zandgebied is dat ca. 25%. De graanteelt is overal afgenomen, maar de tarwe handhaaft zich in de zeekleigebieden. Spectaculair is de afname van de graanteelt in het oostelijk en zuidelijk zandgebied en het rivierkleigebied; daarvoor in de plaats is vooral snijmaïs gekomen.

Met deze cijfers wordt de bouwplanvernaauwing geïllustreerd die zich sinds de jaren vijftig op de akkerbouwbedrijven heeft voorgedaan. Vooral in de zuivere akkerbouwgebieden komen nauwe bouwplannen voor. Op niet te zware kleigronden en op zavelgronden heeft een belangrijk aantal bedrijven een bouwplan met slechts drie gewassen: aardappelen, suikerbieten en granen (tarwe, gerst). Rotaties met eenderde aardappelen, eenderde bieten en eenderde granen zijn geen uitzondering. Ook de zeer intensieve aardappelteelt in de veenkoloniën dient in dit verband te worden vermeld. De gemiddeld te geringe bedrijfsgrootte per man deed de behoefte groeien aan het zo frequent mogelijk verbouwen van gewassen met een relatief hoge netto geldelijke opbrengst, hetgeen dan resulteert in een bouwplan met een zo hoog mogelijk aandeel van hakvruchten: aardappelen en suikerbieten (Lumkes, 1976). Ook de opname van gewassen als witlof, wortelen, bonen en bollen in het bouwplan vindt belangstelling. Een factor die belangrijk tot bouwplanvernaauwing heeft bijgedragen, is de mogelijkheid om met een sterk doorgevoerde mechanisatie de arbeidsbehoefte terug te dringen. Sprekend is in dit verband tabel 34 waaruit blijkt dat de arbeidsbehoefte in manuren per ha voor de voornaamste gewassen momenteel nog slechts een fractie is van die in 1938.

Tabel 34. Arbeidsbehoefte, in manuren per ha, bij gebruik van de modernste werkwijzen voor de teelt van graan, aardappelen en suikerbieten in verschillende jaren (Lumkes, 1976)

	1938	1960	1975	1975 in % van 1938
Graan	192	52	15	8
Aardappelen	469	198	31	7
Suikerbieten	445	230	34	8

4.2.1.4 Bedrijfs grootte en aantallen bedrijven

Het aantal telers van akkerbouwgewassen is sedert de jaren zestig sterk verminderd, terwijl de gemiddelde oppervlakte per teler, met name in de specifieke akkerbouwgebieden, toenam. Volgens Lumkes (1976) waren er in 1974, 14 500 zuivere akkerbouwbedrijven. Zij hadden een gezamenlijke oppervlakte van 446 000 ha; de hieruit af te leiden gemiddelde bedrijfs grootte bedraagt ca. 30 ha. Er werkten in 1973 ruim 25 000 arbeidskrachten. De gemiddelde oppervlakte per arbeidskracht was bij deze bedrijven dus ca. 17,5 ha; voor een economisch verantwoorde bedrijfsvoering wordt een oppervlakte van ruim 40 ha per man echter als gewenst genoemd. Wanneer de bedrijven zich richten op de graanteelt, is deze oppervlakte veel groter. De verwachting is dat in de komende decennia de gemiddelde bedrijfs grootte nog zal groeien.

4.2.1.5 Arbeid en mechanisatie

Kenmerkend voor de akkerbouw is de sterke toeneming in produktie per man (Muntjewerf, 1974). Tabel 35, waarin het gemiddelde aantal hectaren per man en het gemiddelde aantal standaardbedrijfseenheden (s.b.e.) per man in 1950, 1960, 1970 en (als prognose) in 1980 is weergegeven, illustreert dit. Ook de gegevens in tabel 34 zijn in dit verband sprekend. Deze groei was mogelijk door de sterke mechanisatie.

Tabel 35. Gemiddeld aantal hectaren per man en gemiddeld aantal s.b.e. per man in 1950, 1960, 1970 en 1980*(LEI-jaarverslag, 1972)

	Gemiddeld aantal ha per man				Gemiddeld aantal s.b.e. per man			
	1950	1960	1970	1980	1950	1960	1970	1980
Nederland	5,6	7,3	11,2	15,7	28	40	75	127
Zuidwestelijk zeekleigebied	6,0	8,0	14,4	24,0	32	45	90	159
Groninger zeekleigebied	7,4	10,6	19,2	31,0	33	46	94	163

*Standaardbedrijfseenheden zijn een maatstaf om de omvang van de produktie op een bedrijf aan te geven. De maatstaf is gebaseerd op de kosten van de produktiefactoren arbeid en kapitaal.

satie, die vooral in de periode 1960-1970 een stormachtig verloop had. Het aantal trekkers en machines voor de oogst nam sterk toe. Capaciteitsvergroting van de verschillende werktuigen leidde tot een vermeerdering van het aantal zware trekkers.

Het verschil in gebruik van machines wordt in grote mate bepaald door de grootte van het bedrijf en de oppervlakte van de geteelde gewassen. Bedrijven met grote eenheden gebruiken veelal eigen machines, zij het niet altijd voor de graanoogst. Op kleinere bedrijven met gewoonlijk wat minder grote eenheden per gewas, wordt samengewerkt of men schakelt de loonwerker in. In het algemeen streeft men naar grote oppervlakken van één gewas per bedrijf, liefst op één perceel. De voornaamste gewassen worden geteeld als aangegeven in tabel 36.

Tabel 36. Overzicht van de wijze waarop de gewassen worden geteeld

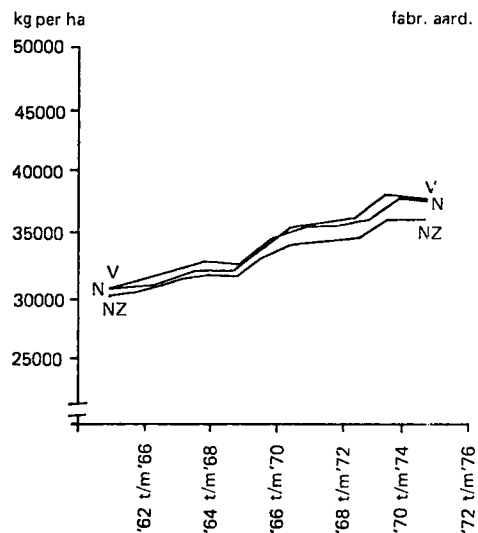
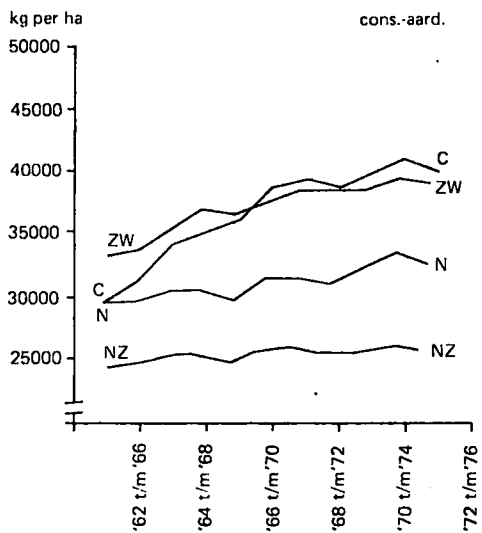
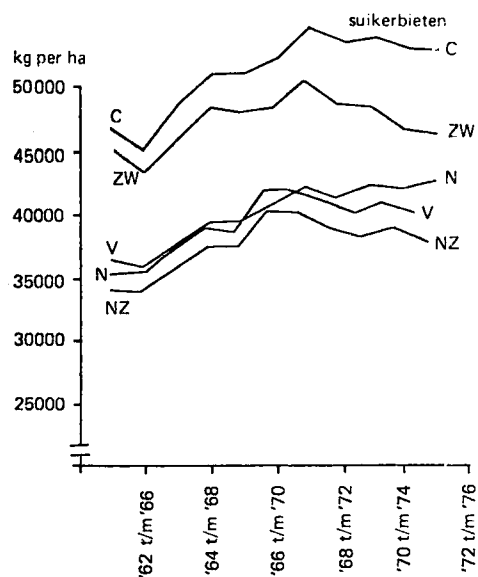
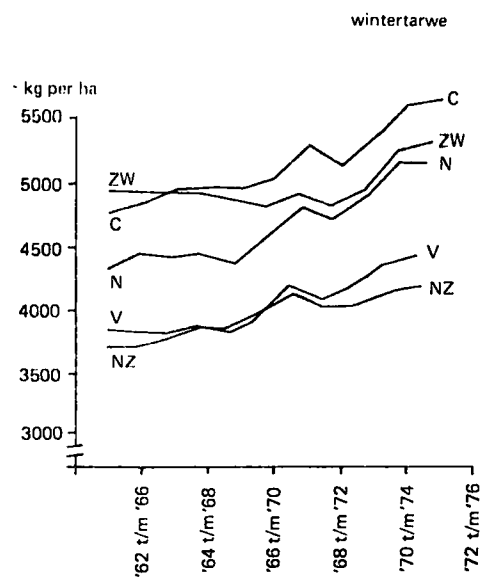
	Percentage van het areaal op oppervlakten per bedrijf van 5 ha of meer	Percentage van de telers die dit areaal betelen
Wintertarwe	80	33
Consumptie-aardappelen	70	18
Fabrieksaardappelen	85	48
Suikerbieten	60	20
Zaaiuien	90	68

4.2.1.6 Opbrengsten

Figuur 14 geeft voor een aantal akkerbouwgebieden de ontwikkeling in de opbrengsten van enkele belangrijke akkerbouwgewassen. Om de, o.a. als gevolg van de weersomstandigheden, van jaar tot jaar optredende verschillen in opbrengst af te zwakken en de trendmatige ontwikkeling in de opbrengsten beter zichtbaar te maken, is het vijfjarige voortschrijdende gemiddelde berekend. Het blijkt, dat er een tendens is van toeneming van de kg-opbrengsten van 0,5 tot 2% per jaar, echter met uitzonderingen en verschillen van gebied tot gebied en van gewas tot gewas.

In het centraal zeekleigebied liggen de opbrengsten duidelijk op een hoger niveau dan in de andere gebieden.

De opbrengstverschillen bij wintertarwe tussen de drie zeekleigebieden zijn niet zeer groot. Tussen het noorden en het zuidwesten was er aanvankelijk een duidelijk verschil in kg-opbrengst, maar dit is nu vrijwel niet meer aanwezig. In de veenkoloniën en het noorde-



N noordelijk zeekleigebied
 NZ noordelijk zandgebied
 V veenkolonien
 C centraal zeekleigebied
 ZW zuidwestelijk zeekleigebied

Fig. 14 Opbrengsten van een aantal akkerbouwgewassen in kg per ha (5-jaarlijkse voortschrijdende gemiddelden) in de periode 1962 t/m 1976 in enkele akkerbouwgebieden

lijk zandgebied ligt het opbrengstniveau duidelijk lager.

Bij de consumptie-aardappelen is het produktieniveau in het noordelijk zandgebied vrij laag. Van de zeekleigebieden heeft het noorden de laagste opbrengsten. Het opbrengstniveau in het centrale en het zuidwestelijke zeekleigebied stijgt nog steeds; het ligt nu op ongeveer 38 ton per ha. De fabrieksaardappelen in de veenkoloniën en het noordelijk zandgebied vertonen in kg-opbrengst een duidelijk stijgende lijn. In de periode vanaf 1962/1966 is de opbrengst gemiddeld met 750 kg per ha per jaar toegenomen.

Het opbrengstniveau van suikerbieten ligt in het centraal zeekleigebied op een veel hoger niveau dan in de andere gebieden, zij het dat vanaf ca. 1969 de kg-opbrengst er een stabiel karakter heeft gekregen. In het zuidwestelijk zeekleigebied vertoont het opbrengstniveau bij suikerbieten de laatste jaren zelfs een dalend verloop. Dit niveau is in het noordelijk zeekleigebied en de veenkoloniën nog steeds stijgend, maar het ligt nog aanzienlijk onder dat van het centraal zeekleigebied en ook nog onder dat van het zuidwestelijk zeekleigebied.

De toeneming van de opbrengsten is een gevolg van het verbouwen van méér producerende rassen, betere ziektebestrijding, betere grond- en gewasbehandelingsmaatregelen (waaronder bemesting) en verder van bodemverbetering (o.a. als gevolg van ontwatering). Wat de bemesting betreft dient vooral de groei van het stikstofverbruik te worden vermeld. Als illustratie hiervan geeft figuur 15 het verloop van de gemiddelde N-gift bij aardappelen in enkele landbouwgebieden in de periode 1966 tot 1973.

Verwacht wordt, dat in de komende decennieën de opbrengststijging zich zal voortzetten, zij het met variaties naar gewas en gebied.

In dit verband is het ook belangrijk te vermelden, dat uit onderzoek van Zachariasse (1974) op bedrijven in de Noordoostpolder met ongeveer gelijke bodem- en bedrijfsomstandigheden gebleken is dat per jaar de bedrijfsresultaten van akkerbouwbedrijven sterk kunnen uiteenlopen. Voor een belangrijk deel is dit een gevolg van verschillen in kg-opbrengsten. Voor wintertarwe bedroegen deze tot 1800 kg per ha, voor suikerbieten tot 18 ton per ha, voor consumptieaardappelen tot 19 ton per ha. Zachariasse toonde aan dat de verschillen in kg-opbrengsten voor het grootste deel in de beginfase van de teelt van de gewassen ontstaan. Ze zijn terug te voeren op beslissingen van de boer in verband met zaaidatum, zaai- en pootbedbereiding, zaaidiepte, N-bemesting enz., kortom op het technisch vakmanschap van de boer.

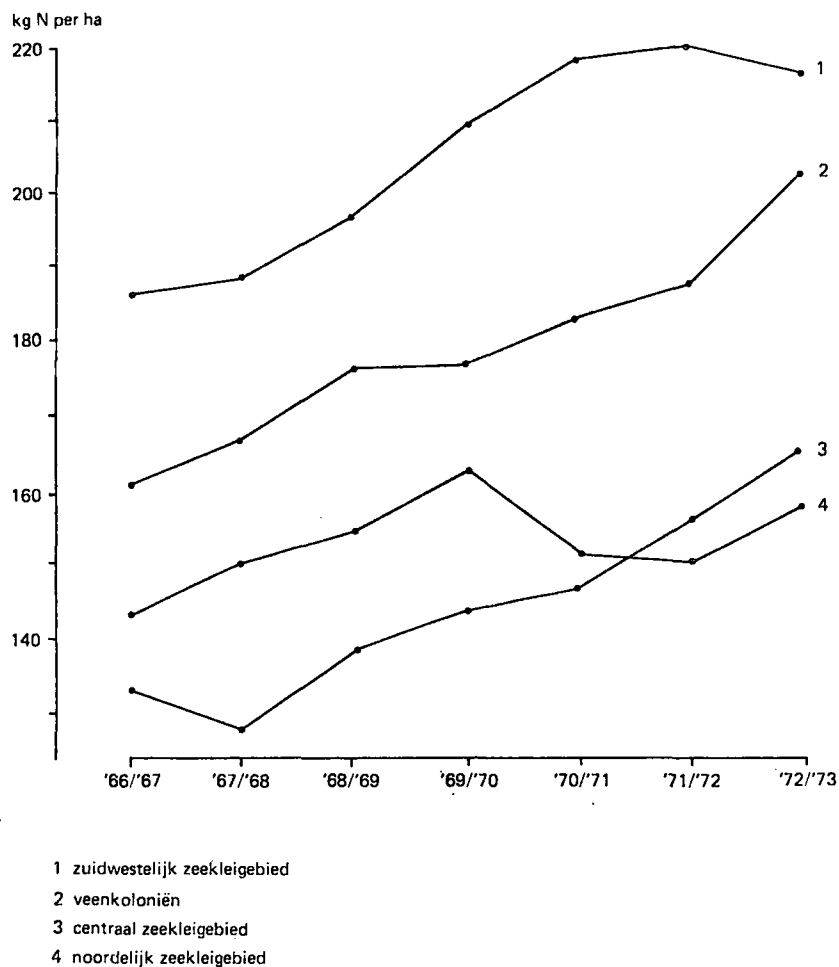


Fig. 15 Gemiddelde stikstofgiften bij aardappelen in de periode 1966 t/m 1973 (naar Sluiman, 1974)

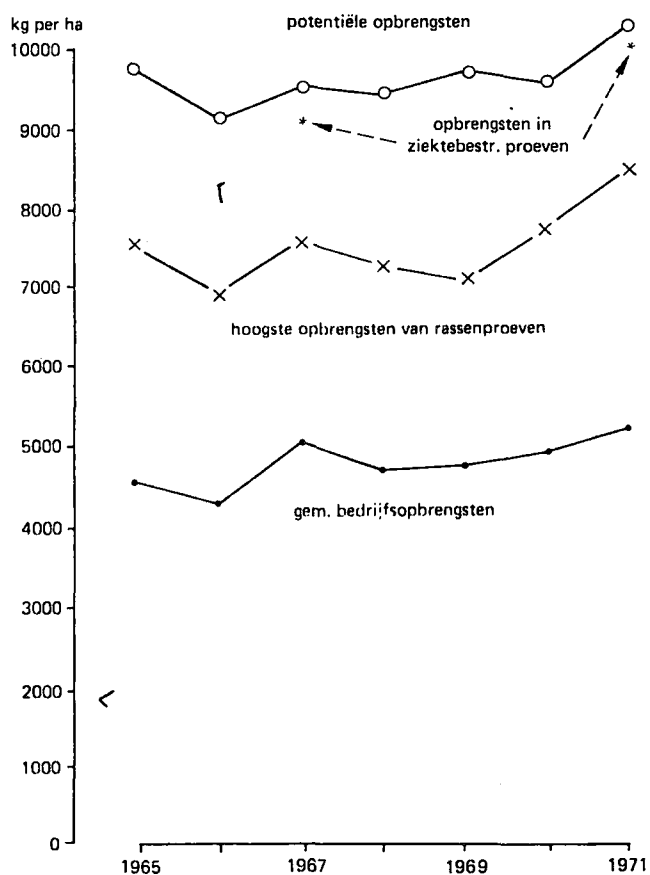


Fig. 16 Berekende en gemeten opbrengsten van tarwe in Nederland sinds 1965 (naar De Vos, I.B.S., ontleend aan de Wit, z.j.)

De maximale opbrengsten die bereikt kunnen worden met goede variëteiten van de landbouwgewassen, optimaal voorzien van mineralen, stikstof en water, kunnen worden berekend door uit te gaan van de maximale fotosynthese onder invloed van de zonne-energie en de klimatologische omstandigheden op onze breedte. (De Wit, 1971; De Wit, z.j.). Het blijkt dan dat een gesloten gewas onder optimale omstandigheden ca. 200 kg oogstbare droge stof per ha per dag kan leveren. Wintergranen, die gedurende ongeveer drie maanden een gesloten gewas vormen, kunnen aldus maximaal 18 000 kg organisch materiaal produceren. Aangezien ca. 50 % in bladeren en stengels terecht komt, kan de maximale produktie aan korrel op ca. 9 000 kg gesteld worden. Zo zijn in figuur 16 de potentiële tarwe-opbrengsten van 1965 t/m 1971 berekend. De gemiddelde tarwe-opbrengsten op praktijkbedrijven waren ongeveer de helft kleiner. Sommige boeren halen een aanmerkelijk hogere opbrengst, andere een aanmerkelijk lagere. De hoogste praktijkopbrengsten benaderen de opbrengsten van de beste variëtiëten in rasproeven (ca. 7 000 kg), maar dit niveau ligt nog altijd 2 000 kg beneden de potentiële opbrengsten. De in enkele proeven met zorgvuldige ziektebestrijding enz. behaalde opbrengsten van ruim 9 000 kg/ha bewijzen dat het potentiële niveau bereikbaar is.

Kennis van de potentiële productieniveaus is belangrijk, omdat ze een referentieniveau verschaffen, maar vooral omdat het streven erop gericht is het gat tussen actuele en potentiële productieniveaus op te vullen. Het bodemkundig onderzoek kan ertoe bijdragen de bestaande beperkende omstandigheden zo mogelijk te elimineren.

4.2.1.7 Perspectief

De verwachting is dat in de komende jaren het areaal akkerbouw vrij constant zal blijven en ook dat het aandeel van de drie hoofdgewassen, aardappelen, suikerbieten en granen, weinig zal afwijken van dat van de voorgaande jaren. Wel zal het akkerbouwmatig telen van tuinbouwgewassen ongetwijfeld enige uitbreiding ondergaan (Min. van Landbouw en Visserij, 1976).

Het streven blijft gericht op hogere produktie per oppervlakte-eenheid en per arbeidskracht; de hiermee samenhangende bodemkundige problematiek zal onze aandacht blijven vragen. Hogere opbrengsten kunnen worden verkregen door ervoor te zorgen, dat de groei van de gewassen zo vroeg mogelijk in het voorjaar begint. Aan de ontwateringstoestand worden dan hoge eisen gesteld. De boer moet in het voorjaar tijdig met zijn zware machines op de akker kunnen komen en

ook in het najaar bij de oogst, vooral van rooigewassen, moeten geen belemmeringen ondervonden worden. De keerzijde is, dat men het risico loopt van verdroging in de zomer. Dat kan soms worden verminderd, als men via grondverbetering het profiel ontsluit voor de beworteling, waardoor een betere vocht- en luchtvoorziening gegarandeerd wordt. Kunstmatige beregening, vooral bij intensieve teelten, zal naar men verwacht toenemen.

De vraag in hoeverre de grond sterk gemechaniseerde werkzaamheden verdraagt, staat volop in de aandacht. Bij de constructie van machines wordt ernaar gestreefd de nadelige effecten van zware werktuigen op de bodem zoveel mogelijk te voorkomen. Het combineren van werkzaamheden in één werkgang en de rijbanen-teelt krijgen in dit verband veel aandacht.

Uitgebalanceerde bemestingen en het toepassen van nog betere bestrijdingsmethoden tegen onkruiden, ziekten en plagen bieden ongetwijfeld nog mogelijkheden voor het verkrijgen van hogere opbrengsten.

Het streven van de boer om zoveel mogelijk gewassen te verbouwen die hem een hoog saldo opleveren, heeft geleid tot sterke bouwplanvernauwing. De vraag doet zich echter voor, of het bij verbouw van zo weinig gewassen mogelijk is op langere termijn een voldoende hoog fysisch, chemisch en biologisch vruchtbaarheidsniveau te handhaven (zie o.a. Liefstingh en Van der Schaaf, 1976; Henkens, 1976).

Het hoge Nederlandse produktieniveau kon bereikt worden door forse ingrepen in het landschap, zoals schaalvergroting en grondwaterstandsverlaging, door toepassing van mechanisatie, intensivering en monocultures en door een toenemend gebruik van kunstmeststoffen en bestrijdingsmiddelen. Voorstanders voor het behoud van natuur en landschap wijzen op de schade die hierdoor wordt aangebracht aan zeldzame, karakteristieke landschappen met hun typische flora en fauna. Anderen menen, dat de produkten van de moderne landbouw stoffen bevatten die schadelijk zijn voor de gezondheid van mens en dier. Hiermee is de discussie over alternatieve landbouwmethoden op gang gekomen (Cie. Onderzoek Biologische Landbouwmethoden, 1976; Stuurgroep Alternatieve Landbouw, 1977). De toepassing van deze methoden is voorshands echter nog van weinig betekenis.

4.2.2 De interpretatie

4.2.2.1 Uitgangspunten en achtergrondveronderstellingen

Bij de interpretatie voor de bodemgebruiksvorm akkerbouw wordt

uitgegaan van een zuiver akkerbouwbedrijf van ca. 30 ha. Het bouwplan omvat ten minste 40% hakvruchten, verder granen. In verband met de arbeidsbezetting worden de werkzaamheden aan bodem en gewas zoveel mogelijk met behulp van machines uitgevoerd.

De mechanisatiegraad van het bedrijf zal, voor zover geen gebruik wordt gemaakt van loon- of combinatiewerk, optimaal moeten zijn. Aangezien de gewassen gemechaniseerd in eenheden van grote omvang moeten kunnen worden geteeld, wordt verondersteld dat de verkaseling en de ontsluiting aan redelijke eisen voldoen. De bodemvruchtbaarheid moet het voor de gegeven bodemkundige situatie gewenste niveau hebben. Aangenomen wordt ook, dat het bedrijf goed geleid wordt. Voorts wordt iedere kaarteenheden beoordeeld, alsof alle percelen van het bedrijf uit die eenheid bestaan.

4.2.2.2 Beoordelingsfactoren

De beoordelingsfactoren met behulp waarvan de geschiktheidsbeoordeling voor akkerbouw plaatsvindt, zijn weergegeven in tabel 1. Vooral van belang zijn de ontwateringstoestand, het vochtleverend vermogen en de verkruimelbaarheid. Eveneens, maar wat minder belangrijk is de factor structuurstabiliteit in verband met de gevoeligheid van de grond voor verslepen of verstuiven. Voor bepaalde gronden kunnen nog andere factoren van invloed zijn, zoals stevigheid van de bovengrond, nachtvorstgevoeligheid, stenigheid en reliëf. Tenslotte wordt er nog rekening mee gehouden of de grond een "klei"-grond dan wel een "zand"- of "veen"grond is.

Ontwateringstoestand (zie ook 3.1)

Voor akkerbouw is een diepe ontwateringstoestand een allereerste vereiste, zulks in verband met de draagkracht en de berijdbaarheid van de grond en het beschikbaar zijn van werkbare dagen voldoende vroeg en in voldoende aantal in het voorjaar en verder ook in het najaar. De ontwateringstoestand is ook bepalend voor de zuurstofvoorziening van de wortels en daarmee voor de groei van de gewassen.

Een diepere ontwateringstoestand betekent veelal een vroegere en langer doorgaande groei en dit leidt, tenzij de produktie in het gedrang komt door vochtgebrek, tot hogere opbrengsten. Voor granen hoeft de ontwateringstoestand niet aan zulke hoge eisen te voldoen als voor rooigewassen.

Bij de meeste gronden geven de gradaties in ontwateringstoe-

stand voldoende inzicht in de draagkracht die de grond biedt voor het uitvoeren van de in de akkerbouw noodzakelijke grond- en gewasbehandelingsmaatregelen. Bij sommige gronden, o.a. veenkoloniale gronden, is het nodig daarin nog een nuancering aan te brengen. Dit geschiedt dan met behulp van de beoordelingsfactor stevigheid van de bovengrond.

Vochtleverend vermogen (zie ook 3.2)

Voor het verkrijgen van hoge produkties moet de plant over voldoende vocht kunnen beschikken; dit wordt beschreven met de factor vochtleverend vermogen. De eisen die de akkerbouwgewassen in dit verband stellen, lopen uiteen. Bij aardappelen en suikerbieten zijn die zwaarder dan bij tarwe of gerst. Laatstgenoemde gewassen worden eerder geoogst en voor zover het wintergewassen zijn levert de winterperiode geen problemen op wat de vochtvoorziening betreft.

Behalve een voldoende, is vooral een regelmatige toevoer van vocht naar de plant gedurende het groeiseizoen van groot belang. Niet alleen leidt stagnatie in de vochttoevoer tot stilstand in de groei (zoals ook bij gras het geval is), zij kan ook oogstmislukking (droogteschade bij granen) of mindere kwaliteit van het produkt meebrengen (zoals doorwas, misvormde knollen en groeischeuren bij aardappelen).

Verkruimelbaarheid (zie ook 3.5)

Gronden die moeilijk te verkruimelen zijn, geven problemen bij het maken van een zaai- of pootbed en bij het oogsten van rooigewassen; ze zijn daarom weinig geschikt voor akkerbouw. Granen stellen in dit verband minder eisen dan rooigewassen. Allereerst verdraagt een graangewas een vrij grof zaaibed en verder hoeft bij de oogst de grond niet te worden bewerkt. Voor de verbouw van aardappelen is een goed verkruimelbare grond belangrijk voor het verkrijgen van een pootbed en het maken van kluitvrije aardappelruggen. Verder moet de grond in de herfst goed uitzeefbaar zijn, wanneer gerooid wordt. Suikerbieten stellen in vergelijking met aardappelen wat minder hoge eisen.

Structuurstabiliteit (zie ook 3.7 en 3.8)

Geringe structuurstabiliteit kan zich bij lutumrijke gronden uiten als slempgevoeligheid en bij lutumarme gronden als stuifgevoe-

ligheid. Het in sterke mate verslempen van de grond gedurende de wintermaanden kan mislukking van de teelt van wintergranen tot gevolg hebben. Een verslemt zaaibed in het voorjaar en de daarop volgende korstvorming bij opdrogend weer, vertraagt de ontkieming en de eerste opkomst van het zaad. Met passende grondbewerking kan de schade dikwijls worden beperkt.

Verstuiving heeft een nadelige invloed op de ontkieming (bloot waaien van het zaad) en kan bovendien schade toebrengen aan pas opgekomen planten (schurende werking van het opgestoven materiaal).

Nachtvorstgevoeligheid (zie ook 3.14)

Optreden van nachtvorst en nachtvorstschade zijn o.a. in de veenkoloniën en de aangrenzende zandgebieden van betekenis. In deze gebieden wordt bijna 50% van het bouwplan door de zeer nachtvorstgevoelige aardappel ingenomen.

Stenigheid (zie ook 3.13)

Bij stenigheid gaat het vooral om de gronden in het noordelijk zandgebied ("keileemverweringsgronden"). Voor de gemechaniseerde akkerbouw zijn stenen (diameter > 60 mm) zeer hinderlijk. Vóór de aflevering van aardappelen aan de fabriek moeten o.a. de mee-ge oogste stenen verwijderd worden.

Reliëf (zie ook 3.12)

Reliëf kan voor de gemechaniseerde akkerbouw bezwaren opleveren. Dit is o.a. het geval in het noordelijk zeekleigebied op kruinige percelen en in Zuid-Limburg bij hellende gronden. Bij de grote hoogteverschillen binnen één perceel is het gebruik van bepaalde machines niet mogelijk, evenals bij sterke terreinhellingen.

Stevigheid van de bovengrond (zie ook 3.6)

De draagkracht die de grond bij gebruik als bouwland moet bezitten om de gemechaniseerde grond- en gewasbehandelingsmaatregelen te kunnen uitvoeren, wordt beschreven met de gradaties in ontwateringstoestand. In gevallen waarbij een te geringe draagkracht vooral het gevolg is van een laag volumegewicht en een hoog organische-stofgehalte van de bouwvoor, zoals in sommige veenkoloniale gronden, kan dit met de gradaties in de beoordelingsfactor stevigheid van de bo-

vengrond nader genuanceerd worden. Een moeilijkheid daarbij is, dat deze beoordelingsfactor een beschrijving geeft van de stevigheid van een met gras begroeide grond.

Bij de beoordeling wordt verder nog rekening gehouden met de verschillen tussen gronden met een bovengrond van "klei" enerzijds en "zand" of "veen" anderzijds. Dit onderscheid is ingevoerd omdat bij de akkerbouw op eerstgenoemde gronden veelal een andere en ruimere gewassenkeuze mogelijk is, de produktie wat hoger is en de produkten veelal van een wat betere kwaliteit zijn dan op gronden met een bovengrond van zand of moerig materiaal. Deze verschillen zijn moeilijk met de andere beoordelingsfactoren te onderscheiden. In het eerste geval spreekt men wel van zware vruchtwisseling, in het tweede van lichte vruchtwisseling. Het verschil tussen "klei" enerzijds en "zand" of "veen" anderzijds is rechtstreeks uit de bodemeigenschappen van de kaarteenheden af te lezen.

4.2.2.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie in de akkerbouw

Het inpassen van kaarteenheden in de klassen van de geschiktheidsclassificatie vindt plaats met behulp van de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen, verkruielbaarheid en structuurstabiliteit. Verder wordt rekening gehouden met de aard van de bovengrond ("klei" enerzijds tegenover "zand" of "veen" anderzijds). Bij bepaalde gronden, o.a. sommige veenkoloniale gronden, doet ook de beoordelingsfactor stevigheid van de bovengrond mee. Speciale bodemkundige situaties, bijv. wat betreft helling of stenigheid, kunnen zo nodig eveneens in rekening worden gebracht. Tabel 37 geeft de geschiktheidsclassificatie voor akkerbouw in hoofd- en middenklassen, zoals die op het ogenblik wordt gebruikt bij interpretaties van bodemkaarten schaal 1 : 50 000, 1 : 25 000 en 1 : 10 000. De middenklassen kunnen in onderklassen worden verdeeld door toevoeging van codes voor de belangrijkste beperkende beoordelingsfactoren.

In tabel 38 wordt een sleutel gepresenteerd die aangeeft, hoe combinaties van gradaties van een aantal beoordelingsfactoren tot geschiktheidsklassen leiden.

Er moet nog worden opgemerkt dat voor de in tabel 37 vermelde "hoge opbrengstniveaus" van de akkerbouwgewassen in de middenklassen van hoofdklasse 1 de volgende normen gelden:

Wintertarwe	> 5 500 kg per ha
Zomertarwe	> 4 500 kg per ha
Zomergerst	> 4 200 kg per ha
Consumptie-aardappelen	> 35 ton per ha
Suikerbieten	> 45 ton per ha

Tabel 37. Bodemgeschiktheidsclassificatie voor akkerbouw in hoofd- en middenklassen.

Bij elke middenklasse is tussen haakjes een korte populaire omschrijving gegeven.

Hoofdklasse 1 Gronden met ruime mogelijkheden voor akkerbouw

Middenklasse 1.1 Zware vruchtwisseling¹⁾; hoog opbrengstniveau; weinig teeltrisico; goed berijd- en bewerkbaar (zeer goede kleigronden, zonder noemenswaardige tekortkomingen).

Middenklasse 1.2 Zware vruchtwisseling¹⁾; hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele enigszins beperkt berijd- of bewerkbaar (vrij goede kleigronden, iets te nat en/of iets te droog en/of erg slempig)

Middenklasse 1.3 Lichte vruchtwisseling²⁾; hoog opbrengstniveau; weinig teeltrisico; goed berijd- en bewerkbaar (zeer goede zandgronden, zonder noemenswaardige tekortkomingen).

Middenklasse 1.4 Lichte vruchtwisseling²⁾; hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele enigszins beperkt berijdbaar; goed bewerkbaar (vrij goede zandgronden, iets te nat en/of iets te droog).

Hoofdklasse 2 Gronden met beperkte mogelijkheden voor akkerbouw

Middenklasse 2.1 Vrij groot teeltrisico; veelal beperkt berijdbaar (gronden tijdelijk te nat en dan beperkingen in verband met bewerken en berijden).

Middenklasse 2.2 Vrij groot teeltrisico; beperkt bewerkbaar (gronden die te zwaar zijn, echter met een redelijke ontwatering en soms wat vochttekort).

Middenklasse 2.3 Vrij groot teeltrisico; vochttekort (gronden met ook in normale jaren groeistagnatie door vochttekort; redelijke tot goede ontwatering).

Hoofdklasse 3 Gronden met weinig mogelijkheden voor akkerbouw

Middenklasse 3.1 Zeer groot teeltrisico; zeer beperkt berijd- of bewerkbaar (gronden die te nat, te zwaar en te droog of te nat en te zwaar zijn).

Middenklasse 3.2 Zeer groot teeltrisico; groot vochttekort (gronden die veel te droog zijn).

1) Zware vruchtwisseling: wintertarwe, zomergranen, aardappelen, suikerbieten, handelsgewassen.

2) Lichte vruchtwisseling: zomergranen, aardappelen, suikerbieten.

Zoals uit tabel 37 blijkt, wordt slechts in de middenklassen van hoofdklasse 1 onderscheid gemaakt in zware resp. lichte vruchtwisseling (middenklassen 1.1 en 1.2, respectievelijk middenklassen 1.3 en 1.4). Bij de middenklassen van de hoofdklassen 2 en 3 wegen diverse beperkende omstandigheden zwaar, waardoor het maken van onderscheid naar lichte en zware vruchtwisseling daar weinig interessant is.

Tabel 38 Sleutel voor de vaststelling van hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor akkerbouw

Ontwateringstoestand			1 of 2			3			4		5
Vocht- leve- rend ver- mo- gen	Stevigheid bovengrond		1		2')	1		2 ')	1	2 of 3	1,2 of 3
	Ver- kruimel- baar- heid	Structuurstabi- liteit (ver- stuiven) Aard van de bovengrond slomp	1 of 2	3	1, 2 of 3	1 of 2	3	1, 2 of 3	1, 2 of 3	1, 2 of 3	1, 2 of 3
1	1	"klei"	1.1	1.2	1.2	1.2	2.1	2.1	2.1	3.1	3.1
		"zand en veen"	1.3	(1.4)	(1.4)	1.4	(2.1)	2.1	2.1		
	2	"klei"	1.1	(1.2)	(1.2)	1.2	(...)	2.2	3.1		
	3	"klei"	2.2	(...)	(...)	2.2	(...)	2.2	3.1		
2	1	"klei"	1.2	1.2	1.2	1.2	2.1	2.1	2.1	3.1	3.1
		"zand en veen"	1.4	(1.4)	(1.4)	1.4	(...)	2.1	2.1		
	2	"klei"	2.2	(1.2)	(1.2)	2.2	(2.2)	2.2	3.1		
	3	—	2.2	(...)	(...)	3.1	(...)	3.1	3.1		
3	1	—	2.3	2.3	2.3	(2.3)	(2.3)	(2.3)	3.1	3.1	(...)
		—	2.3	(...)	(...)	2.3	(...)	(2.3)	3.1		
	2	—	2.3	2.3	2.3	(2.3)	(2.3)	(2.3)	3.1		
	3	—	3.1	(...)	(...)	3.1	3.1	3.1	3.1		
4	1	—	3.2	(...)	(...)	3.2	(...)	3.2	3.2	(...)	(...)
	2+3	— —	3.2	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	3.2		
5	1, 2 of 3	—	3.2	(...)	(...)	3.2	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)

(...) komt waarschijnlijk niet of slechts in kleine oppervlakten voor
— niet van toepassing
') bij een stevigheid gradatie 3 wordt de geschiktheidsklasse 3.1

4.3 Interpretatie voor tuinbouw

4.3.1 Omschrijving van de bodemgebruiksvorm

4.3.1.1 De bedrijfstakken en hun verbreiding

Naar bedrijfstakken kan men de Nederlandse tuinbouw indelen in groenteteelt, fruitteelt, bloementeelt, bloembollenteelt, zaadteelt en boomteelt. De champignonteelt laten wij buiten beschouwing, omdat deze bedrijfstak niet grondgebonden is. De fruitteelt, groenteteelt en bloementeelt kan worden onderverdeeld in de teelten onder glas en in de vollegrond. In de boomteelt worden de kassen hoofdzakelijk gebruikt voor vermeerdering van plantmateriaal.

Groenteteelt onder glas

De teelt van groenten onder glas vindt vooral plaats in verwarmde kassen. In 1977 waren 3 648 ha kassen verwarmd en 933 onverwarmd. De belangrijkste gewassen onder glas zijn tomaten, komkommers en sla. In de Bommelerwaard worden veel aardbeien onder glas geteeld, in Limburg augurken. De laatste jaren wordt voorts onder glas een toenemende oppervlakte beteeld met paprika, aubergine, radijs, koolrabi en witte ramen. Deze ontwikkeling wordt door de beleidsinstanties gestimuleerd om de groenteteelt onder glas een bredere basis te geven. De totale oppervlakte kassen in gebruik voor de groenteteelt onder glas is de laatste 10 jaar teruggelopen, omdat een aantal groentetelers is overgeschakeld op de bloementeelt. Deze teruggang is de laatste paar jaar nagenoeg tot stilstand gekomen, omdat de grote verschillen in rendement tussen de groente- en bloementeelbedrijven onder glas zijn verdwenen. Het belangrijkste centrum voor de glasgroenteteelt onder glas is het Zuidhollands glasdistrict. Daarnaast wordt deze bedrijfstak beoefend in een aantal kleinere centra, zoals Venlo, Vleuten, Huissen, Groessen, Emmen en Sappemeer en verder meer verspreid over de provincies Noord-Brabant en Limburg.

Groenteteelt in de vollegrond

Hierbij kan men onderscheid maken in de akkerbouwmatige groenteteelt die op landbouwbedrijven wordt uitgeoefend en de intensieve vollegrondsgroenteteelt. De akkerbouwmatige groenteteelt, die verspreid over het gehele land voorkomt, betreft voornamelijk de teelt van groenten voor de conservenindustrie zoals doperwten, spinazie,

stamslabonen en de teelt van uien. Ook waspeen, spruitkool, schorseneren, asperges en witlofwortelen worden vaak op akkerbouwbedrijven geteeld. Daarnaast worden vollegrondsgroenten geteeld op specifieke tuinbouwbedrijven die vaak een aantal gewassen naast en na elkaar in één seizoen telen. Concentraties van intensieve vollegrondsgroenteteeltbedrijven vindt men in het Kennemerland, in Limburg en Noord-Brabant. In het Geestmerambacht en het Grootslag wordt veel kool geteeld, al of niet gecombineerd met bloembollen.

Fruitteteelt

De oppervlakte fruitteteelt is de laatste tien à vijftien jaar teruggelopen. Dit is te wijten aan de slechte financiële resultaten ten gevolge van overproductie van fruit in de EEG-landen. Vele boerenboomgaarden en verouderde fruitaanplanten zijn gerooid. Tegelijkertijd heeft modernisering in de fruitteteelt plaatsgevonden door de invoering van kleine boomvormen (spillen op zwakke onderstammen) en nieuwe plantsystemen, waarbij veel bomen (1000-3000 per ha) worden geplant. Door grote aantallen kleine bomen per ha wordt bereikt, dat reeds enkele jaren na het planten hoge kg-opbrengsten worden verkregen bij minder verzorgingskosten, wat een gunstige invloed heeft op de kostprijs. Moderne fruitteteelt treft men thans aan in het zuidwestelijk zeekeleigebied, Noord-Holland, de IJsselmeerpolders, het rivierkeleigebied en in Limburg.

Bloementeteelt onder glas

De bloementeteelt onder glas heeft de afgelopen tien jaar een sterke uitbreiding ondergaan. Dit is een gevolg van de zeer gunstige financiële resultaten en de afschaffing van de zogenaamde teeltvergunningen, waardoor de areaalbeperking werd opgeheven. De uitbreiding is tot stand gekomen door vergroting van bestaande bedrijven en stichting van nieuwe bedrijven en voorts door omschakeling van groenteteeltbedrijven. Dit laatste voltrok zich voornamelijk in het Zuidhollands glasdistrict en verder ook in de Venen (omgeving Roelofarendsveen), wat geresulteerd heeft in een sterke omzetstijging op de daar aanwezige bloemenveilingen. Het oude centrum Aalsmeer kampt thans met het probleem van een groot aantal verouderde bedrijven. De uitbreiding van Aalsmeer, die vooral in de Legmeerpolder heeft plaatsgevonden, omvat daarentegen meer moderne bedrijven.

Aalsmeer en omgeving en het Zuidhollands glasdistrict zijn thans de belangrijkste bloemencentra van ons land. Kleinere centra treft

men aan in Paterswolde, Beverwijk, Beesd, Vleuten. Voorts komen bloemenbedrijven verspreid voor, vooral in Noord-Holland, Noord-Brabant en Limburg.

De belangrijkste snijbloem in 1977 was de roos (675 ha), gevolgd door de anjer (440 ha) en de chrysant (444 ha). De potplantenteelt (435 ha) vertoont de laatste jaren een vrij sterke uitbreiding (+ 125 ha in 3 jaar).

Bloembollenteelt

De oppervlakte bloembollen is sinds 1950 verdubbeld, hetgeen een gevolg is van het opheffen van de areaalbeperking door het afschaffen van de teeltvergunning. Vanouds wordt de bollenteelt bedreven op de zandgronden tussen Leiden en Haarlem. Hyacinten, die specifieke eisen aan de grond stellen, treft men ook heden vooral in dit gebied aan en verder in de omgeving van Breezand, waar vergelijkbare gronden voorkomen.

Andere bolgewassen, in het bijzonder tulpen, worden in grote oppervlakken geteeld op zavel- en kleigronden in Noord-Holland, de IJsselmeerpolders en het noordelijk zeekleigebied (Friesland). Gladiolen, in feite een knolgewas, treft men vooral in het zuidwestelijk kleigebied aan, maar ook op zandgronden van Noord-Brabant en Limburg.

Boomteelt

De boomteelt wordt bedreven in verschillende centra van Nederland; vaak heeft elk centrum zijn specifieke gewassen. Het grootste boomteeltcentrum, Boskoop, teelt vooral heesters en coniferen, Zundert en omgeving bos-, plantsoen- en laanbomen, Sappemeer en omstreken vruchtboom- en rozenonderstammen, terwijl Limburg en Opheusden vanouds bekend zijn door de teelt van vruchtbomen (en Opheusden ook laanbomen). In het noorden van Limburg en het aangrenzende deel van Noord-Brabant worden verder nog op grote schaal rozen gekweekt.

De laatste jaren heeft een vrij sterke uitbreiding van de boomteelt plaatsgevonden verspreid over Limburg en Noord-Brabant. Deze doorgaans sterk gemechaniseerde bedrijven leggen zich toe op de teelt van een beperkt, gangbaar sortiment van sierconiferen en laanbomen die ze kunnen leveren tegen lagere prijzen dan Boskoop.

In Boskoop is mechanisatie van verschillende werkzaamheden niet mogelijk door ongunstige verkaveling. Dit heeft tot gevolg dat Boskoop zich meer gaat toespelen op specialiteiten en de massateelten overlaat aan de boomkwekerijen in de zuidelijke provincies.

4.3.1.2 Het areaal tuinbouw

In Nederland werd in 1977 118 022 ha (6% van de oppervlakte cultuurgrond) gebruikt voor de teelt van tuinbouwgewassen. Het aantal agrarische bedrijven in Nederland bedroeg in dat jaar in totaal 154 604, waarvan 30 425 tuinbouwbedrijven (20%).

Een overzicht van de oppervlakten die door de verschillende bedrijfstakken in de tuinbouw in gebruik waren resp. in 1950 en 1976 geeft tabel 39.

Tabel 39. Oppervlakte van de bedrijfstakken in ha in de tuinbouw in 1950 en 1977

	1950 ¹⁾	1977 ¹⁾
Groenteteelt in de vollegrond ²⁾	36 542	59 476
Groenteteelt onder glas	2 223	4 581
Fruitteteelt in de vollegrond	70 916	28 934
Fruitteteelt onder glas	786	89
Bloementeteelt in de vollegrond	870	1 018
Bloementeteelt onder glas	283	3 298
Bloembollenteelt	6 509	12 927
Boomteelt in de vollegrond	3 087	5 467
Boomteelt onder glas	-	47
Zaadteelt	5 232	2 185
Totaal	126 445	118 022

1) Bron: "Tuinbouwcijfers" 1970 en 1978. Uitgave LEI en CBS

2) Inclusief 6 247 zaai-uien in 1950 en 13 070 ha zaai-uien in 1977

In deze tabel zien wij dat de oppervlakten, in gebruik voor de verschillende bedrijfstakken, na de tweede wereldoorlog zijn toegenomen. Een uitzondering vormen de fruitteteelt en de zaadteelt, die een sterke achteruitgang te zien geven.

4.3.1.3 Produktiewaarde

De produktiewaarde van de Nederlandse tuinbouw is na de tweede wereldoorlog zeer sterk toegenomen (tabel 40). Dit geldt vooral voor de sierteeltsector. Een zeer groot deel van de tuinbouwproduktie wordt geëxporteerd.

De totale produktiewaarde van de tuinbouw in 1977 bedroeg ongeveer 5 miljard gulden, 2 miljard gulden meer dan die van de akker-

bouw en het tienvoudige van de produktiewaarde van 1950. De totale exportwaarde aan tuinbouwproduktie bedroeg in 1977 ongeveer 4,3 miljard gulden, in 1950 ongeveer 400 miljoen gulden.

Tabel 40. De produktiewaarde van de Nederlandse tuinbouw in miljoenen guldens in 1950 en 1977

	1950 ¹⁾	1977 ²⁾
Groenteteelt in de vollegrond}		600
Groenteteelt onder glas }	226	1 200
Fruitteteelt	126	450
Bloementeteelt	63	1 703
Bloembollenteelt	75	433
Boomteteelt	13	300
Zaadteteelt	9	-
Champignonteteelt	-	130
Totaal	512	4 800

1) Bron: Tuinbouwids 1953

2) Bron: Bedrijfsontwikkeling 9 1978: 667-672

Vergelijken wij de produktiewaarde in de tuinbouw met die van de totale agrarische produktie, dan zien wij dat deze in 1950 ongeveer 20% en in 1977 ongeveer 30% bedraagt. Ondanks de betrekkelijk geringe oppervlakte grond die de Nederlandse tuinbouw in gebruik heeft, is de totale produktiewaarde hoog. Dit vindt zijn oorzaak in de hoge produktie per ha, die in 1977 gemiddeld ca. f 45 000 bedroeg.

4.3.1.4 Intensiteit van het grondgebruik

Tuinbouw is een intensieve vorm van agrarisch grondgebruik. Dit komt tot uiting in de hoge arbeidsbezetting, de hoge jaarlijkse kosten per ha en het aantal standaardbedrijfseenheden per ha (tabel 41 en 42). Standaardbedrijfseenheden (s.b.e.) zijn een maatstaf om de omvang van de produktie op een bedrijf aan te geven. De maatstaf is gebaseerd op de kosten van de produktiefactoren arbeid en kapitaal, vastgelegd in de grond, gebouwen en overige kapitaalgoederen (rente en netto-pacht).

Zowel bij de arbeidsbezetting, de totale kosten en het aantal s.b.e. per ha zit tussen de hoogste en laagste een factor van 10 of meer. Laag zijn de kengetallen voor de akkerbouwmatige groenteteelt en voor de fruitteteelt, hoog voor de teelten onder glas.

Tabel 41. Arbeidsbezetting in de tuinbouw¹⁾

<u>Vollegrond</u>	Eén man per
Groenteteelt	1,5 -4,5 ha
Fruitteteelt	3,5 -6,0 ha
Bloembollenteelt	0,75 -3,0 ha
Boomkwekerijen	0,4 -2,5 ha
<u>Onder glas</u>	
Groenteteelt	0,25 -0,30 ha
Fruitteteelt (excl. druiven, krenten)	0,35 -0,40 ha
Bloementeteelt	0,125-0,30 ha

De totale arbeidsbezetting wordt geschat op + 80 000 manjaar

1) Bron: Tuinbouwcijfers 1978

Tabel 42. Globale normen voor totale kosten per jaar (prijspeil 1974)
en voor het aantal standaardbedrijfseenheden (prijspeil
1975)¹⁾

	Guldens per ha	s.b.e. per ha
Groenteteelt in de vollegrond	5 000- 40 000	5 - 40
Fruitteteelt in de vollegrond	9 000- 17 000	16 - 20
Bloembollenteelt, uitgezonderd lelies	15 000- 42 000	20 - 65
Groenteteelt in zwaar verwarmde kassen	125 000-310 000	300 - 370
Snijbloementeteelt in zwaar verwarmde kas- sen	330 000-410 000	380 - 530

1) Bron: Tuinbouwcijfers 1977

4.3.2 De interpretatie

4.3.2.1 Uitgangspunten en achtergrondveronderstellingen

Bij het interpreteren voor de bodemgebruiksvorm tuinbouw wordt uitgegaan van goed geleide bedrijven die modern zijn ingericht. Steeds wordt een kaarteenheden beoordeeld, alsof het gehele bedrijf uit deze eenheid bestaat.

In de tuinbouw zijn de bruto-geldopbrengsten per ha hoog. Hierdoor zijn de kosten van de grond relatief laag. Maatregelen voor opheffing van bodemgebreken zijn in de tuinbouw eerder economisch verantwoord dan in de akkerbouw of de weidebouw. (Van Dam, 1973). Opbrengststijgingen van enkele procenten betekenen bij intensieve teel-

ten reeds een aanzienlijk bedrag; dit in tegenstelling tot de meer extensieve teelten. Bepaalde maatregelen worden dan ook in de tuinbouw als normaal beschouwd, terwijl dat bij andere vormen van agrarisch grondgebruik vaak niet het geval is. Kassen worden bijvoorbeeld intensief gedraineerd. Dit gebeurt niet alleen om een goede ontwateringstoestand te realiseren, maar ook om zouten te kunnen uitspoelen ter voorkoming van verzilting van kasgronden. Ook beregeningsinstallaties behoren tot de normale uitrusting van kassen. Dit heeft consequenties voor de interpretatie. Zo wordt aan de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand en vochtleverend vermogen bij de interpretatie voor teelten onder glas minder gewicht toegekend dan bij de interpretatie voor bijv. akker- en weidebouw. Daarom heeft het in de tuinbouw in veel gevallen weinig zin om alleen een interpretatie te geven gebaseerd op de actuele toestand. Veel belangrijker is het de geschiktheid van de verschillende gronden te kennen na één of meer ingrepen waarbij beperkingen worden opgeheven. Hierbij moet wel getracht worden de kosten die deze ingrepen meebrengen, in te delen in een aantal klassen. Het zijn vooral de kosten die gemaakt moeten worden om de beperkingen op te heffen, die de mogelijkheden voor tuinbouw bepalen.

Voor een aantal vaak slecht houdbare tuinbouwprodukten (verschillende groenten en snijbloemen) is de aanwezigheid van een grote veiling in de nabijheid van grote betekenis voor de te maken prijs. De bedrijven die deze produkten voortbrengen, liggen in verband hiermee meestal geconcentreerd in centra. In het verleden, toen de transportmogelijkheden gering waren, was de aanwezigheid van een groente-teeltcentrum slechts mogelijk in de onmiddellijke nabijheid van een grote stad, waar de produkten konden worden afgezet. Naar analogie van de industrie spreekt men in de tuinbouw van centrumfunctie. Naast goede afzetmogelijkheden houdt dit in: de aanwezigheid van toeleveringsbedrijven en van ervaren arbeidskrachten, de mogelijkheid tot uitwisseling van ervaring tussen tuinders onderling, enz. Dit heeft tot gevolg dat gronden in een centrum door de teler hoger gewaardeerd worden. Bij de interpretatie zal in het algemeen met de centrumfunctie geen rekening gehouden worden. In bepaalde concrete gevallen zal dit echter weleens nodig zijn.

4.3.2.2 De beoordelingsfactoren

Voor het succesvol telen van tuinbouwgewassen zijn gronden nodig die een zodanige profielopbouw en grondwaterstand hebben, dat een

goede lucht- en waterhuishouding economisch verantwoord te realiseren is. De waarde van de grond voor tuinbouw hangt vooral af van de kosten die gemaakt moeten worden om bodemkundige beperkingen op te heffen. Tegen deze achtergrond moeten de beoordelingsfactoren voor tuinbouw geïnterpreteerd worden.

Een goede lucht- en waterhuishouding is niet alleen belangrijk voor de kg-opbrengst maar ook voor de kwaliteit van de te oogsten producten. Bij veel tuinbouwprodukten komt de kwaliteit veel sterker in de prijs tot uiting dan bij landbouwprodukten. Gerande sla bijv. is waardeloos, appels met stip zijn veel minder waard en soms onverkooptbaar. De beoordelingsfactoren ontwateringstoestand, interne drainage, vochtleverend vermogen spelen daarom bij de interpretatie voor alle tuinbouwgewassen een rol. De overige beoordelingsfactoren hebben betekenis voor de interpretatie van bepaalde tuinbouwtakken.

Ontwateringstoestand (zie ook 3.1)

De minimale eisen waaraan de ontwateringstoestand moet voldoen om goede resultaten te behalen, varieert met de aard van de tuinbouwgewassen. Zo worden hogere eisen aan de ontwateringstoestand gesteld voor de teelt van meerjarige gewassen, zoals fruit en asperges en voor gewassen in kassen, dan voor de teelt van eenjarige vollegrondsgroentegewassen die voor november van het veld zijn.

In kasgronden en buitengronden met meerjarige gewassen is een sterke grondwaterstijging tot in de wortelzone van de gewassen in de periode met neerslagoverschot ongewenst. Om deze grondwaterstijging te voorkomen, moeten vele gronden intensief gedraineerd worden, al of niet met onderbemaling. Om dit te realiseren, is de aanwezigheid van watergangen vereist die het drainwater kunnen afvoeren. In zandgebieden zijn deze watergangen niet altijd aanwezig. In kassen is intensieve drainage ook nodig voor het uitspoelen van de in de loop van het groeiseizoen verzoute bovenlaag; hierbij wordt dan in korte tijd een beregening van vele millimeters water toegepast.

De ontwateringstoestand beïnvloedt onder meer de vroegheid en het vochtleverend vermogen van de grond. Bij het vaststellen van de meest gewenste ontwateringstoestand zal ook met deze aspecten rekening moeten worden gehouden.

Vochtleverend vermogen (zie ook 3.2)

Een goede en regelmatige vochtvoorziening is nodig voor het behalen van hoge kg-opbrengsten van goede kwaliteit. Gronden met een

gering vochtleverend vermogen moeten regelmatig beregend worden. Voor de teelt van veel tuinbouwgewassen is beregening economisch verantwoord. Een automatische beregeningsinstallatie behoort tot de normale uitrusting van een kas. Ook verschillende intensieve vollegrondsgroentebedrijven hebben vaste beregeningsinstallaties. Op andere bedrijven worden losse beregeningsinstallaties gebruikt, die geregeld verplaatst moeten worden en daardoor veel arbeid vragen.

Hoewel beregening veelal economisch verantwoord is, kost het toch extra geld en werkt zij kostprijs-verhogend. Voorts houdt beregening risico's in. Zo begint men in de praktijk vaak te laat met regenen. De land- en tuinbouwvoorlichtingsdienst tracht dit risico te verminderen en attendeert met behulp van een waarschuwingdienst de telers op de tijdstippen waarop beregening wenselijk wordt geacht. Voor beregening in kassen is de gemeten stralingsenergie een maatstaf. Ook daling van de grondwaterstand kan voor de teelten onder glas een aanwijzing zijn, dat beregening noodzakelijk is (Van der Knaap, 1973).

Capillaire aanvoer vanuit het grondwater is een belangrijke waarborg voor regelmatige watervoorziening van de gewassen. Kasgronden moeten daarom niet te diep ontwaterd worden.

Soms tracht men ook met behulp van infiltratie de watervoorziening van de gewassen te waarborgen. Infiltratie houdt in, dat men de grondwaterstand via toevoer van water uit de watergangen verhoogt. Aldus tracht men te bereiken dat de capillaire aanvoer vanuit het grondwater naar de wortels toeneemt. Dit is echter alleen mogelijk bij zeer goed doorlatende ondergrond; in andere gevallen blijft de grondwaterstandsverhoging beperkt tot de omgeving van de drains, waardoor men een zeer onregelmatige watervoorziening over het perceel krijgt. Stijgt bij infiltratie bovendien het grondwater tot in de wortelzone, dan is de kans op afsterven van wortels groot. Vele gronden lenen zich daarom niet voor infiltratie als middel om de watervoorziening van de gewassen te waarborgen.

Interne drainage (zie ook 3.3)

Van de interne drainage hangt het af of verbetering van de ontwateringstoestand door middel van drainage economisch verantwoord realiseerbaar is. Een slechte interne drainage betekent, dat de waterafvoer door het profieldeel boven de ontwateringsdiepte zeer langzaam verloopt. Drainage heeft dan weinig effect, omdat het overtollige regenwater de drains niet of zeer langzaam bereikt. De kosten die gemaakt moeten worden om de water- en luchthuishouding van deze gron-

den tot een aanvaardbaar niveau te brengen, zullen in veel gevallen zo hoog zijn dat het niet economisch verantwoord is deze verbetering uit te voeren. Gronden met een slechte interne drainage zijn beperkt in hun mogelijkheden voor de tuinbouw.

Verkruimelbaarheid (zie ook 3.5)

Een slechte verkruimelbaarheid van een grond houdt in, dat een goed zaaibed moeilijk te realiseren is. Een slecht zaaibed heeft vaak een onregelmatige opkomst van het gewas tot gevolg met zelfs kans op totale mislukking. Voor tuinbouwgewassen die geplant worden, zoals kool, tomaten en komkommers, weegt de verkruimelbaarheid van de grond minder zwaar dan voor de gewassen die gezaaid worden. Voor meerjarige gewassen die geplant worden, zoals vruchtbomen of rozen in kassen, wordt de geschiktheid van een grond in nog mindere mate beïnvloed door de verkruimelbaarheid.

Structuurstabiliteit in verband met slomp (zie ook 3.7)

Voor teelten onder glas heeft slompgevoeligheid slechts geringe invloed op de bodemgeschiktheid. Door het glasdek loopt men niet het risico, dat in de kritieke fase tussen zaaien en opkomst een slompkorst ontstaat door ongewenste neerslag. Bovendien worden grote hoeveelheden organisch materiaal aangewend, om een rulle bovengrond te verkrijgen en te handhaven. Bij overjarige gewassen, zoals rozen, is het gebruikelijk om het grondoppervlak af te dekken met een laag molmest, een mengsel van tuinturf of turfmolm en stalmest. Dit gebeurt ook bij niet-slampgevoelige gronden.

Voor fruitteelt is slompgevoeligheid slechts van beperkte betekenis door de aanwezigheid van een grasbegroeiing.

Bij vollegrondsteelten hangt het gewicht van deze beoordelingsfactor bij de interpretatie af van de aard van de gewassen. Fijnzadige gewassen, zoals witlof, kunnen door een slompkorst mislukken. Voor gewassen die geplant worden, is een slompkorst minder nadelig.

Groeikracht van de grond

In de groente- en bloementeelt heeft de groeikracht van de grond invloed op de gewassenkeuze en op de teeltmaatregelen die genomen moeten worden om met succes een gewas te telen (Van Dam, 1973). In de praktijk spreekt men van een groeikrachtige grond wanneer de planten op deze grond van nature snel groeien. Verschillende onder-

zoekers hebben aangetoond dat de vegetatieve groei toeneemt, naarmate het water gemakkelijker door de wortels kan worden opgenomen. Zo schrijven Brouwer en Claes (1961) de verschillen in vegetatieve ontwikkeling van de gewassen op de zand- en kleigronden toe aan het verschil in zuigspanning, waarmee het water op de zand- en kleigronden gemiddeld gedurende het groeiseizoen aan de grond is gebonden. Het water is gemakkelijk opneembaar voor een plant wanneer:

- het water niet sterk gebonden is aan de grond (lage pF),
- het luchtgehalte van de grond voldoende hoog is,
- het capillair geleidingsvermogen voldoende hoog is,
- de zoutconcentratie van het bodemvocht laag is,
- de bodemtemperatuur voldoende hoog is.

De eerste drie voorwaarden worden bepaald door het vochtgehalte van de grond en de poriënverdeling van de grond die tot uiting komt in de pF-curve en het capillair geleidingsvermogen in afhankelijkheid van de zuigspanning. De poriënverdeling wordt behalve door de structuur vooral bepaald door de textuur en het humusgehalte. Globaal kan men stellen, dat de plant het water gemakkelijker kan opnemen naarmate het leem- en lutumgehalte afneemt en het humusgehalte stijgt bij aangepaste grondwaterstanden.

Er is nog onvoldoende ervaring met deze beoordelingsfactoren om alle gronden naar groeikracht te kunnen classificeren. In gevallen waar de factor groeikracht niet kan worden gemist bij de interpretatie, kan men zich wenden tot de afdeling Tuinbouw en Stedelijk Groen van de Stichting voor Bodemkartering.

Zwaarte van de bovengrond

De zwaarte van de bovengrond is belangrijk voor een aantal tuinbouwgewassen, enerzijds omdat ze de kg-opbrengst en kwaliteit beïnvloedt, anderzijds in verband met de oogst. Inlichtingen over de zwaarte van de bovengrond vindt men doorgaans in de omschrijving van de kaarteenheden.

Waspeen, winterpeen, schorseneren in zekere mate ook witlof geven op een te zware grond korte wortels met afwijkende vormen. Dit beïnvloedt de kg-opbrengst en kwaliteit negatief. Voorts geeft het mechanisch oogsten meer problemen, naarmate de bovengrond zwaarder is.

Op zwaardere gronden neemt bij asperges het percentage kromme stengels toe en worden bij de aanvang van de oogst meer "roestige" stengels geoogst. Dit wordt veroorzaakt door korstvorming op de bedden en het langer koud blijven van de bedden tijdens de eerste weken

van de oogst vanwege het hogere vochtgehalte (Van Dam, 1975).

De grens waaronder zich geen of weinig problemen voordoen, is voor peen en schorseneren 12% lutum en 25% leem, voor asperge 8% lutum of 25% leem en voor witlof 17½% lutum of 32½% leem.

Voor de genoemde tuinbouwgewassen worden vijf gradaties in de zwaarte van de bovengrond onderscheiden, gebaseerd op leem- en lutumgehalte al naar gelang er sprake is van eolische afzettingen of zeeslei- en rivierkleiafzettingen (tabel 43).

Tabel 43. Gradaties in zwaarte van de bovengrond

Gradatie	Leemgehalte	Lutumgehalte
1	0 -17,5	0 - 8
2	17,5-25	8 -12
3	25 -32,5	12 -17,5
4	32,5-50	17,5-25
5	>50	>25

De zwaarteklasse 17,5-32,5 omvat voor de gradering een te groot traject en is daarom in tweeën gedeeld. In voorkomende gevallen zal het vaak mogelijk zijn met behulp van gegevens van profielbeschrijvingen deze tweedeling bij de interpretatie door te voeren.

Bewortelbare diepte

Het aantal jaren dat een asperge-aanplant rendabel geoogst kan worden, blijkt onder meer sterk af te hangen van de bewortelbare diepte. Als vuistregel kan men stellen, dat de economische levensduur van een aspergeplant voor iedere 10 cm diepere beworteling met één jaar verlengd wordt. Op een proefveld op een veldpodzolgrond in Beringen waar door diepe grondbewerking verschillende bewortelbare diepten werden gerealiseerd, kwam de invloed van de bewortelbare diepte op de kg-opbrengsten en kwaliteit heel duidelijk naar voren (Hulshof en Schlangen, 1974).

Ook de lengte en de vorm van de te oogsten wortels van peen, schorseneren en witlof worden sterk beïnvloed door de bewortelingsdiepte van het gewas. Bij deze gewassen streeft men naar lange, min of meer cilindrische wortels. Deze kwaliteit verkrijgt men van diep bewortelbare gronden.

Bij de bewortelbare diepte worden 3 gradaties onderscheiden (tabel 44).

Tabel 44. Gradaties in bewortelbare diepte

Gradatie	Benaming	Bewortelbare diepte
1	groot	>70 cm
2	matig	50-70 cm
3	gering	<50 cm

Vroegheid

Voor vele specifieke vollegrondsgroenteteeltbedrijven is de vroegheid van de oogst belangrijk. Een vroege oogst geeft vaak een hoge geldopbrengst en de kans op een teelt meer per jaar. Vroege gronden zijn gronden die in het voorjaar gemakkelijk opwarmen. Voor sommige gewassen, zoals vroege aardappelen en bonen, die gemakkelijk bevriezen, staat tegenover het voordeel van het behalen van een vroege oogst het risico van nachtvorst.

Gronden warmen in het voorjaar gemakkelijk op, wanneer de warmtecapaciteit en het warmtegeleidingsvermogen van de bouwvoor laag zijn. Een belangrijke factor die hierop invloed uitoefent, is het vochtgehalte. Een laag vochtgehalte is gunstig. Dit wordt bereikt bij een laag humusgehalte, een rulle bouwvoor en weinig of geen capillaire aanvoer vanuit het grondwater. Voor een snelle groei in de zomer en het behalen van een hoge opbrengst is capillaire aanvoer echter wel weer wenselijk. Veel gronden die van nature vroeg zijn, hebben geen grote vochtreserve. Toch geeft men aan vroege gronden vaak de voorkeur en accepteert men de extra kosten van wateraanvoer in de zomer, hetzij door beregening, hetzij door regeling van de grondwaterstand. In voorkomende gevallen is met de huidige kennis een indeling in 2 à 3 gradaties te realiseren.

4.3.2.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie in de tuinbouw

Voor planologische doeleinden beperkt men zich veelal tot het vaststellen van de bodemgeschiktheid voor de tuinbouw in zijn tolerantie. Deze classificaties zijn globaal en vaak gebaseerd op bodemkaarten met een kleine schaal; zij geven dan ook niet meer aan dan de gebieden waar mogelijkheden voor tuinbouw zijn.

Wil men uitvoeriger informatie, wil men bijvoorbeeld in het kader van de landinrichting de mogelijkheden voor vestiging van bepaalde bedrijfstypen in een gebied weten, dan is een bodemgeschiktheidsclassificatie voor bepaalde gewassen of gewascombinaties vereist. Als

basis hiervoor zal veelal een meer gedetailleerde bodemkaart nodig zijn.

Hierna worden twee voorbeelden van bodemgeschiktheidsclassificaties behandeld. Eerst wordt de bodemgeschiktheidsclassificatie voor de tuinbouw in zijn totaliteit met bijbehorende sleutel besproken, daarna de bodemgeschiktheidsclassificatie voor asperges, een gewas dat specifieke eisen aan de grond stelt. Voor de belangrijkste overige bedrijfstakken wordt volstaan met een bespreking van de bodemkundige knelpunten.

Een overzicht van de beoordelingsfactoren, nodig bij de interpretatie van bodemkaarten voor verschillende takken van tuinbouw geeft tabel 45. Voor concrete gevallen, waarbij een bodemgeschiktheidsclassificatie wordt gevraagd voor een bepaalde bedrijfstak of type kan men zich wenden tot de afdeling Tuinbouw en Stedelijk Groen van de Stichting voor Bodemkartering.

Tabel 45. De beoordelingsfactoren en de bodemgebruiksvormen in de tuinbouw, waarvoor ze relevant zijn

	1a	1b	1c	1d	1e	2	3	4	5
Ontwateringstoestand	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vochtleverend vermogen	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Interne drainage	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Verkruimelbaarheid	X	X		X			X	X	X
Structuurstabiliteit i.v.m. slomp	X	X	X	X	X		X	X	X
Structuurstabiliteit i.v.m. stuiven	X	X	X		X				X
Zuurgraad									X
Reliëf	X	X	X	X		X	X	X	X
Stevigheid	X	X	X	X	X			X	
Nachtvorst-gevoeligheid	X					X	X		
Groei-kracht van de grond		X	X	X			X		
Zwaarte van de bovengrond			X		X			X	
Bewortelbare diepte			X		X				
Vroegheid		X			X		X		

1a Akkerbouwmatige groenteteelt (peulvruchten, spinazie, spruitkool, zaai-uien, knolselderij).

1b Blad- en stengelgewassen (sla, spinazie, bloemkool, andijvie, prei).

1c Wortelgewassen (waspeen, winterpeen, schorseneren, witlof).

1d Bewaarkool.

1e Asperge.

2 Fruitteelt, pit- en steenvruchten.

3 Groente- en bloementeelt onder glas.

4 Bloembollenteelt.

5 Boomteelt.

Bodemgeschiktheidsclassificatie voor de tuinbouw in zijn totaliteit

Deze geschiktheidsclassificatie is globaal. De onderscheiden hoofd- en middenklassen worden vermeld in tabel 46. Bij elke middenklasse is een korte omschrijving gegeven van de gronden die hier toe behoren. De middenklassen kunnen, afhankelijk van de detaillering van de bodemkaart, nog in onderklassen worden verdeeld door toevoeging van codes voor de belangrijkste beperkende beoordelingsfactoren.

Tabel 46. Bodemgeschiktheidsclassificatie voor tuinbouw in hoofd- en middenklassen

Hoofdklasse 1 Gronden met ruime mogelijkheden voor tuinbouw.

Middenklasse 1.1 Gronden met weinig teeltrisico.

Het zijn gronden zonder noemenswaardige tekortkomingen. Vele vormen van tuinbouw kunnen op deze gronden met succes worden uitgeoefend.

Middenklasse 1.2 Gronden met weinig teeltrisico voor enkele vormen van tuinbouw; voor de overigen matig teeltrisico.

Het zijn gronden met lichte beperkingen t.a.v. de bewerkbaarheid of gronden die slempgevoelig zijn. Voor enkele vormen van tuinbouw zoals de teelt van pit- en steenvruchten is dit niet bezwaarlijk, voor vele andere vormen daarentegen wel (gronden met alleen een minder goede interne drainage behoren ook tot deze middenklasse).

Hoofdklasse 2 Gronden met beperkte mogelijkheden voor tuinbouw.

Middenklasse 2.1 Gronden met matig teeltrisico.

De gronden, die in deze klasse vallen, hebben matige tekortkomingen t.a.v. de ontwateringstoestand en/of het vochtleverend vermogen. Tot deze middenklasse behoren ook gronden met een minder goede interne drainage gecombineerd met slempgevoeligheid of een minder goede bewerkbaarheid.

Middenklasse 2.2 Gronden met matig teeltrisico voor enkele vormen van tuinbouw; voor de overige vormen ernstig teeltrisico.

Als middenklasse 2.1 doch met één of twee tekortkomingen meer.

Hoofdklasse 3 Gronden met weinig mogelijkheden voor tuinbouw.

Dit zijn gronden met ernstige beperkingen t.a.v. de ontwateringstoestand, het vochtleverend vermogen of de verkruielbaarheid.

De sleutel voor de indeling van de gronden (kaarteenheden) in één van de onderscheiden klassen is gebaseerd op de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen, verkruielbaarheid en structuurstabiliteit in verband met slemp en interne drainage (tabel 47).

Vaak kan de actuele geschiktheid worden verbeterd door ontwatering of beregening. In die gevallen is tussen haakjes vermeld tot welke geschiktheidsklasse de grond verbeterd kan worden en welke maatregelen daarvoor nodig zijn. Bij verbetering van de ontwatering is aangenomen, dat er afwateringsmogelijkheden zijn en dat het vocht-

Tabel 47. Sleutel voor de vaststelling van de hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheid voor tuinbouw.
De sleutel geldt voor de actuele toestand van de grond en voor de toestand na ingreep.

Ontwateringstoestand		1 of 2			3			4		5
Ver- kruis- mel- baar- heid	Vochtleverend vermogen		1	2 of 3	4 of 5	1	2 of 3	4 of 5	1	2 of 3
	Struc- tuursta- biliteit i.v.m. slomp	Interne drainage								
1	1 of 2	—	1.1	2.1	3	2.1	2.1	3	3	3
				[1.1b1]	[1.1b2]	[1.1d1]	[1.1d1b1]	[1.1d1b2]	[1.1d2]	[1.1d2b1]
	3	+	1.2	2.1	3	2.1	2.1	3	3	3
				[1.2b1]	[1.2b2]	[1.2d1]	[1.2d1b1]	[1.2d1b2]	[1.2d2]	[1.2d2b1]
2	1 of 2	—	1.2	2.2	3	2.2	2.2	3	3	3
				[1.2b1]	[1.2b2]	[1.2d1]	[1.2d1b1]	[1.2d1b2]	[1.2d2]	[1.2d2b1]
	3	+	2.1	2.2	3	2.2	2.2	3	3	3
				[2.1b1]	[2.1b2]	[2.1d1]	[2.1d1b1]	[2.1d1b2]	[2.1d2]	[2.1d2b1]
3	1 of 2	—	1.2	2.2	3	2.2	2.2	3	3	3
				[1.2b1]	[1.2b2]	[1.2d1]	[1.2d1b1]	[1.2d1b2]	[1.2d2]	[1.2d2b1]
	3	+	2.1	2.2	3	2.2	2.2	3	3	3
				[2.1b1]	[2.1b2]	[2.1d1]	[2.1d1b1]	[2.1d1b2]	[2.1d2]	[2.1d2b1]

[] Geschiktheid na ingreep d = Meer [d2] of minder [d1] intensieve drainage b = Regelmatige [b2] of incidentele [b1] beregening

leverend vermogen van de grond niet nadelig wordt beïnvloed. Voor berekening wordt de aanwezigheid van een beregeningsinstallatie verondersteld. Met eventuele verlaging van grondwaterstanden en slootpeilen door de vochtonttrekking via de beregeningsinstallatie en de ongunstige invloed hiervan op het vochtleverend vermogen van de grond is geen rekening gehouden.

Grondverbetering is soms ook mogelijk door diepe grondbewerking. De bodemkundige gegevens zijn op kleinschalige bodemkaarten veelal onvoldoende om te kunnen aangeven, waar diepe grondbewerking leidt tot een hogere geschiktheidsklasse.

Wat de geschiktheid na drainage of met berekening betreft, moeten nog enige kanttekeningen worden gemaakt. Met behulp van drainage en met berekening kunnen op gronden met beperkingen ten aanzien van de ontwateringstoestand en het vochtleverend vermogen bij een goede teelttechniek gelijkwaardige opbrengsten worden behaald als op de gronden met de gradatie 1 voor deze beoordelingsfactoren. Voorwaarde is dat de teler het drainagesysteem goed onderhoudt en dat hij op tijd en voldoende beregent. Op deze punten wordt echter nogal eens tekort geschoten; bovendien brengen deze ingrepen extra kosten mee, die afhankelijk van het bedrijfstype meer of minder zwaar wegen. Gaat men bijvoorbeeld op de betreffende grond kassen bouwen, dan moet men toch de grond intensief draineren in verband met het doorspoelen van de grond. Voorts behoort een regeninstallatie tot de normale uitrusting van een kas. Verder kost, door de automatisering, het beregenen in de kas nauwelijks arbeid. De zaken liggen echter moeilijker bij berekening in de vollegrond met behulp van een losse beregeningsinstallatie. Dit vergt een extra investering, terwijl het regelmatig verplaatsen van de regeninstallatie veel arbeid vraagt.

Bodemgeschiktheidsclassificatie voor asperge, een voorbeeld van een tuinbouwgewas dat specifieke eisen stelt aan de grond

Van het meerjarig gewas asperge oogst men witte stengels. Dit wordt bereikt door de planten omstreeks eind april te bedekken met ongeveer 30 cm grond. Zo ontstaan de karakteristieke aspergebedden. De stengels die door de opgeploegde laag naar boven komen, worden juist voor ze de oppervlakte bereiken met de hand uitgegraven en afgestoken. Eind juni wordt de oogst gestaakt en laat men een bovengronds gewas ontwikkelen dat weer voor voldoende reservevoedsel moet zorgen voor de oogst in het volgende voorjaar.

Om de stengels probleemloos te kunnen oogsten en ook terwille van de kwaliteit van het te oogsten produkt moet de grond van de as-

Tabel 48 Sleutel voor de vaststelling van de hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheid voor asperges. De sleutel geldt voor de actuele toestand van de grond en voor de toestand na ingreep.

Vochtleverend vermogen		1		2		3		4		5
Zwaarte van de boven-grond	Ontwateringstoestand	1	2	3, 4 of 5	1	2	3, 4 of 5	1	2	3
	Bew. diepte	1	2	3, 4 of 5	1	2	3, 4 of 5	1	2	3
	1	1.1	1.2	3.1	1.1	1.2	(...)	1.2	2.1	(...)
	2	(...)	(...)	[1.1d1]	(...)	[1.1d1]	[1.2d2]	[1.1b1]	[1.2d1b1]	(...)
1 of 2	1	1.1	1.2	3.1	1.1	1.2	(...)	2.1	2.1	(...)
	2	(...)	(...)	[1.1d1]	(...)	[1.1d1]	[1.2d2]	[1.1b1]	[1.2d1b1]	(...)
	3	(...)	(...)	[1.2d2g]	(...)	[1.1d1g]	[1.2d2g]	[1.1b1g]	[1.2d1b1g]	(...)
	3	(...)	(...)	3.3	(...)	3.3	3.3	(...)	3.3	3.3
3	1	2.2	2.3	[1.2d2g]	2.2	2.3	[1.2d2g]	2.3	2.4	(...)
	2	(...)	[2.2d1]	3.2	(...)	[2.2d1]	[1.2d2g]	[2.3b2]	[1.2d1b2g]	[2.1b2g]
	3	(...)	(...)	[2.3d2]	(...)	[2.3d1]	[2.4d2]	2.4	2.4	(...)
	3	(...)	(...)	3.2	(...)	[2.3d1]	[2.4d2]	[2.3b2]	[2.3d1b2]	(...)
4	1, 2 of 3	(...)	(...)	[2.4d2]	(...)	3.3	3.3	(...)	3.3	3.3
	1	(...)	(...)	3.3	(...)	3.3	3.3	(...)	3.3	3.3
	2	(...)	(...)	3.3	(...)	3.3	3.3	(...)	3.3	3.3
	3	(...)	(...)	3.3	(...)	3.3	3.3	(...)	3.3	3.3

[] Geschiktheid na ingreep. d = Meer [d2] of minder [d1] intensieve drainage b = Regelmatige [b2] of incidentele [b1] beregening g = Diepe grondbewerking
 (...) Komt waarschijnlijk niet of slechts in kleine oppervlakten voor

pergebedden (dus de bouwvoor) een laag humusgehalte (<4%) hebben en niet meer dan circa 25% leem bevatten. Meer lutum en leem leidt gemakkelijk tot slechtere structuren van de grond in de bedden en tot korstvorming, waardoor de kans op kromme stengels sterk toeneemt. Bovendien blijven de bedden langer koud, waardoor de oogst later begint en er meer bruine vlekken, het zogenaamde roest, op de stengels voorkomen. Amorfe humus van bijv. veldpodzolgronden beïnvloedt de kleur van de geoogste asperges ongunstig. In de prijs komt dit laatste niet of nauwelijks tot uiting. Bij de geschiktheidsbeoordeling wordt dit dan ook buiten beschouwing gelaten.

Om van een aanplant vele jaren hoge opbrengsten van goede kwaliteit te kunnen oogsten, zijn diepe grondwaterstanden, diepe bewortelingsmogelijkheden en een groot vochtleverend vermogen nodig (Van Dam, 1975; Hulshof en Schlangen, 1974). Voor de beoordeling van de geschiktheid van een grond voor de aspergeteelt kunnen gegevens over de bouwvoorwaarte en de bewortelbare diepte dan ook niet gemist worden (Van Dam en Hulshof, 1967).

Met behulp van de gradaties van de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen, en bewortelbare diepte worden volgens een bepaalde sleutel (tabel 48) de gronden ingedeeld in de onderscheiden geschiktheidsklassen (tabel 49).

Tabel 49. Bodemgeschiktheidsclassificatie voor de aspergeteelt in hoofd- en middenklassen

- 1 Gronden met ruime mogelijkheden voor de aspergeteelt
 - 1.1 Gronden met weinig teeltrisico
 - 1.2 Gronden met enig teeltrisico
- 2 Gronden met beperkte mogelijkheden voor de aspergeteelt
 - 2.1 Gronden met lichte bovengrond en matig teeltrisico
 - 2.2 Gronden met matig zware bovengrond en weinig teeltrisico
 - 2.3 Gronden met zware bovengrond en enig teeltrisico
 - 2.4 Gronden met zware bovengrond en matig teeltrisico
- 3 Gronden met weinig mogelijkheden voor de aspergeteelt
 - 3.1 Gronden met lichte bovengrond, diepe en matig diepe bewortelingsmogelijkheden en ernstig wateroverlast
 - 3.2 Gronden met matig zware bovengrond, diepe en matig diepe bewortelingsmogelijkheden en ernstig wateroverlast
 - 3.3 Gronden met te zware bovengrond en/of ondiepe bewortelingsmogelijkheden en/of zeer gering vochtleverend vermogen.

De mogelijkheden die er thans zijn om een diepe grondbewerking uit te voeren, hebben ertoe geleid dat vóór het planten veel percelen met ondiepe bewortelingsmogelijkheden diep bewerkt worden. Dit is echter alleen verantwoord, wanneer de ontwateringstoestand in orde is. Bij leemgehalten hoger dan 25% zijn de risico's groot.

Voor de geschiktheidsclassificatie hebben die mogelijkheden tot gevolg gehad, dat naast de actuele geschiktheid ook de geschiktheid na ingreep wordt gegeven, dat wil zeggen, wanneer de ontwateringstoestand is verbeterd, de bewortelbare diepte op meer dan 0,7 m is gebracht en berekening wordt toegepast. Deze geschiktheden zijn tussen haakjes vermeld onder de actuele geschiktheid. Met codes is aangegeven welke maatregelen zijn genomen. De randvoorwaarden voor de geschiktheidsclassificatie na ingreep zijn gelijk aan die bij toepassing van tabel 48.

Bodemkundige knelpunten voor de belangrijkste bedrijfstakken in de tuinbouw

Groenteteelt in de vollegrond

De vollegrondsgroentegewassen kan men indelen in gewassen die voornamelijk op landbouwbedrijven worden geteeld en gewassen die men op specifieke tuinbouwbedrijven aantreft. Beide groepen gewassen kan men verder onderverdelen.

1. Akkerbouwmatige groenteteelt:

1a. Peulvruchten en spinazie voor de conservenindustrie, zaai-uien en spruitkool.

De eisen die deze gewassen aan de grond stellen, komen overeen met die van akkerbouwgewassen.

1b. Wortelgewassen: waspeen, winterpeen, schorseneren en witlofwortelen.

Voor een opbrengst van goede kwaliteit moet men lange, min of meer cilindrische wortels oogsten. Hiervoor is nodig een losse, diep bewortelbare grond met niet te zware bouwvoor (voor waspeen, winterpeen en schorseneren <12% lutum of <25% leem en voor witlof <25% lutum of <32,5% leem). Voor witlof geldt bovendien dat de stikstofmineralisatie laag moet zijn in verband met de bewaarbaarheid van de penen.

1c. Asperge

Asperges vragen een diep bewortelbare grond. Op ondiep bewortelbare gronden zijn de asperges snel versleten; opnieuw inplanter is

eerst na lange tijd mogelijk ten gevolge van het optreden van aspergemoetheid. Als vuistregel mag men stellen, dat iedere 10 cm diepere beworteling de economische levensduur met een jaar verlengt. In verband met de oogstwerkzaamheden en de kwaliteit van witte asperges is een lichte bouwvoor (<8% lutum, <25% leem) vereist.

2. Teelt op specifieke groenteteeltbedrijven:

2a. Bewaarkool

In Noord-Holland wordt veel bewaarkool op tuinbouwbedrijven geteeld. Voor een goede bewaarkwaliteit van sluitkool is een rustige stugge groei nodig (Ente, 1963; Du Burck, 1957). Deze wordt verkregen op gronden die minder gemakkelijk water afgeven, dat wil zeggen, op niet-groeikrachtige gronden. Dit zijn gronden met weinig grote poriën. Kleigronden (>25% lutum) met een niet te hoog humusgehalte voldoen hieraan.

2b. Overige blad- en stengelgewassen, zoals sla, spinazie, bloemkool, andijvie en prei.

Deze gewassen vragen een gemakkelijk bewerkbare, groeikrachtige grond. Dit houdt in: een lichte bovengrond (<17,5% lutum, <25% leem) met een voldoende hoog humusgehalte om een goede structuur te waarborgen. In verband met de gewenste grote groeisnelheid moeten de gewassen over veel, gemakkelijk beschikbaar water kunnen beschikken. Een goede capillaire aanvoer vanuit het grondwater, hoewel niet noodzakelijk, is gewenst.

Fruitteelt in de vollegrond

Bij de fruitteelt in de vollegrond kan men onderscheiden de teelt van pit- en steenvruchten en de teelt van klein fruit, waartoe gerekend worden bessen, frambozen en bramen. Ook de aardbei wordt wel tot klein fruit gerekend, hoewel zij niet beantwoordt aan de definitie van fruitteelt, nl. teelt van vruchten aan houtige gewassen.

Fruitgewassen zijn meerjarig. Dit houdt in dat hoge eisen aan de ontwatering worden gesteld. Fluctuatie van het grondwater in de bewortelde zone van het profiel is ongewenst, vooral in het groeiseizoen. Verschillende appel- en pererassen zijn vatbaar voor kanker op slecht ontwaterde gronden. Luchtgebrek van de wortels kan vruchtverruwing bij appels tot gevolg hebben.

De teelt van pit- en steenvruchten

De grootste oppervlakte wordt ingenomen door appel (70%) en peer (20%). Om fruit concurrerend te kunnen produceren, moeten de jonge aanplanten snel in produktie zijn en de arbeidskosten zo laag mogelijk worden gehouden. Dit wordt bereikt met plantsystemen waarbij per ha veel bomen worden geplant die klein blijven en snel in produktie komen. Hiervoor worden bomen op een zwakke onderstam gebruikt. Voor appels is dit M9, voor peren kwee A. Voor pruimen en kersen is nog geen goede zwakke onderstam beschikbaar.

De pit- en steenvruchten worden in Nederland geteeld op zand-, zavel-, klei- en lössgronden. Stipgevoelige rassen zoals Laxton's Superb, Cox's Orange Pippin en James Grieve geven op zandgronden vaak moeilijkheden. Dit hangt samen met de calcium- en kaliumhuishouding van deze gronden (Tromp en Wertheim, 1977).

Op kalkrijke gronden zijn verschillende pererassen, o.a. Conference, Doyenne du Comice en Bonne Louise d'Avranches, gevoelig voor chlorose. De peer is droogte-gevoeliger dan de appel. Volgens Butijn (1961) hangt dat samen met de dichtheid van beworteling. Deze is van peer geringer dan van appel. De dichtheid van beworteling is bij sterkere onderstammen veelal groter dan bij de zwakkere. Fruitbomen op zwakke onderstammen ondervinden meer nadeel van droogte dan die op sterke onderstammen. Wortels van M9 zijn veel minder goed in staat in verdichte grond te dringen dan die van sterkere onderstammen. Bij deze gevallen van groeibelemming speelt naast de indringingsweerstand van de grond meestal ook een ongunstige luchthuishouding een rol. Deze komt vaak tot uiting in een daling van het zuurstofgehalte en in blauwe reductiekleuren van de grond.

Groente- en bloementeelt onder glas

In kassen wordt het klimaat door menselijk ingrijpen sterk beïnvloed. Het glasdek verhindert dat de natuurlijke regens de grond bevochtigen, gaat afkoeling tegen en beschermt het gewas tegen wind. Door verwarming, CO₂-dosering, beregening en ventilatie tracht men voor het gewas zo gunstig mogelijke groeiomstandigheden te realiseren. Door automatisering van verschillende handelingen, in toenemende mate vergemakkelijkt door de toepassing van computers, worden de mogelijkheden hiertoe steeds groter. In kassen groeien het gehele jaar gewassen, dus ook in de wintermaanden wanneer het licht de minimum-groei-factor is. Dit heeft uiteraard consequenties voor de eisen die de gewassen aan de bodem stellen (Van Dam, 1973; Van der Kneap, 1977).

In het voorgaande is reeds vermeld dat bij de teelt onder glas de ontwateringstoestand en het vochtleverend vermogen in de actuele toestand minder zwaar wegen dan bij de teelt in de vollegrond.

Verkruimelbaarheid en zwaarte van de bovengrond zijn beoordelingsfactoren die doorslaggevend zijn voor de geschiktheid voor bepaalde teelten, zoals peen en radijs. De stevigheid van de ondergrond is bepalend voor het al of niet heien bij de bouw van kassen. De gradatie van de beoordelingsfactor structuurstabiliteit in verband met slemp geeft een indruk van de kans op structuurbederf door beregning. De intensiteit van veel beregeningsinstallaties in kassen, uitgedrukt in mm/min is nl. groot ($\pm 0,5-1$ mm). De hoge stalmestgift, vaak nog aangevuld met ander organisch materiaal, verminderen de kans op structuurbederf door beregning. Voor sommige meerjarige teelten onder glas, zoals rozen en anjers, wordt de bovengrond zelfs bedekt met een laagje "molmest", een mengsel van turf-molm of tuinturf en oude stalmest.

De glasbedrijven vindt men op klei-, veen- en zandgronden. Ieder van deze gronden heeft zijn specifieke problemen en vraagt een daaraan aangepaste teeltmethode. Vooral in de wintermaanden komen de verschillen tot uiting. In de wintermaanden, wanneer de factor licht in het minimum is, wordt vruchtzetting (tomaten) en kwaliteit van het te oogsten produkt (rozen en sla) sterk beïnvloed door een complex van bodemeigenschappen die wel met de term groeikracht wordt aangeduid (Van Dam, 1973; Van der Knaap, 1977]. Op groeikrachtige gronden is een sterke vegetatieve groei mogelijk. In de wintermaanden heeft dat een nadelige invloed op de vruchtzetting (tomaten) en de kwaliteit (rozen en sla). In de zomermaanden daarentegen is een sterke groeikracht gunstig voor de produktie. Met een aangepaste teeltmethode kan men trachten de nadelige invloed van een sterke groeikracht in de wintermaanden zoveel mogelijk te beperken.

De groeikracht wordt in sterke mate bepaald door de opneembaarheid van water door de plant. Zijn de poriënverdeling (tot uiting komend in de pF-curve) en de grondwaterstand zodanig, dat er veel water bij lage zuigspanning door de plant kan worden opgenomen - voorwaarde hiervoor is dat bij lage zuigspanning ook voldoende poriën met lucht zijn gevuld -, dan kan men een sterke vegetatieve groei verwachten. Deze situatie doet zich voor bij een aantal zandgronden (o.a. duinzandgronden) en veengronden (bosveen) bij niet te diepe grondwaterstanden.

Bloembollenteelt

Algemeen. Bloembollen kan men verdelen in hoofdgewassen (tulp, narcis en hyacint) en bijgewassen, meestal bijgoed genaamd. Het belangrijkste hoofdgewas is de tulp. Bijgewassen zijn bijv. crocus, anemoon, sneeuwklokje, blauwe druifje, lelie, bol-iris, freesia en winterakoniet. Ook de gladiool wordt tot de bijgewassen gerekend. Met een oppervlakte van meer dan 2 000 ha is de gladiool veruit het belangrijkste bijgewas.

De meeste bollen worden in het najaar, voornamelijk in oktober, op 8 à 15 cm diepte geplant. Kort na het planten, als de bodemtemperatuur nog betrekkelijk hoog is, begint de wortelvorming. In die periode is de luchtverversing rondom de bollen zeer belangrijk in verband met de zuurstofvoorziening voor de ademhaling (Van der Knaap, 1969). Voor de bollenteelt worden daarom hoge eisen gesteld aan de ontwateringstoestand en aan de structuurstabiliteit in verband met verslumping.

Bij de bollenteelt streeft men, bij gegeven plantsysteem en plantdichtheid, naar een zo groot mogelijke toeneming van de gewichtshoeveelheid bollen per eenheid van oppervlakte. Een belangrijke factor hiervoor is het vochtleverend vermogen van de grond. Vochttekort werkt nadelig op de bladontwikkeling, vertraagt de fotosynthese en vervroegt de afsterving van het gewas; het geeft daardoor oogstderiving.

Vanouds zijn bollen geteeld op diepe, humus- en kleiarme duinzandgronden met een constante grondwaterstand (Van der Knaap, 1952). Het zeeklimaat met milde winters en koele zomers heeft een gunstige invloed op de teeltresultaten. Doordat langs de kust de temperatuur in perioden met een neerslagtekort minder hoog oploopt dan in het binnenland, is de kans op lage dampspanningen er geringer. Bovendien is langs de kust het gevaar voor extreem lage bodemtemperaturen in de winter kleiner. Daartegenover staat dat in het algemeen langs de kust de neerslagtekorten in het voorjaar groter zijn.

Om de vochtvoorziening van de bollen door middel van capillaire nalevering veilig te stellen, wordt bij de genoemde duinzandgronden gestreefd naar een zomergrondwaterstand van ca. 55 cm beneden maaiveld. Verder wordt om enige vergroting van de waterberging te bewerkstelligen, de grondwaterstand in het winterhalfjaar 5 cm verlaagd. Diepere grondwaterstanden zijn ongewenst met het oog op vorstschade. Door sterke verlaging van de grondwaterstand wordt de warmtecapaciteit van de grond namelijk lager. Tijdens vorstperioden kan de vorst dan dieper in de grond doordringen en kan de bodemtemperatuur rondom

de bol gemakkelijker beneden de fatale grens dalen. Afhankelijk van de vorstgevoeligheid van de soort of de cultivar wordt op zandgronden een dikker of dunner dek riet of stro aangebracht. Vaak brengt men eerst een dek van ingereden stro aan om verstuiwing van het zand te voorkomen. Op zavel- en kleigronden wordt soms ook een strodek aangebracht, echter met het doel de kans op verslemping te verminderen.

In verband met de beteugeling van ziekten en plagen vragen bloembollen een ruime vruchtwisseling. Bij tulpen is de wachttijd 4 à 6 jaar, bij gladiolen zelfs 8 à 10 jaar. Toch kunnen op humusarme zandgronden ieder jaar bloembollen worden geteeld op hetzelfde perceel. Dit is mogelijk door verschillende bloembolgewassen na elkaar te telen, gecombineerd met om de 3 à 4 jaar ploegen tot ca. 40 cm. Door dit ploegen wordt "verse" grond naar boven gehaald, waarop dan weer 3 à 4 jaar wordt geteeld. Men spreekt wel van verticale vruchtwisseling. Dit is alleen mogelijk, wanneer een zandgrond tot grote diepte uit hetzelfde materiaal bestaat.

Op zavel-, klei-, veen- en pleistocene zandgronden is regelmatige grondverversing door dieper ploegen niet mogelijk. Hier moet horizontale vruchtwisseling worden toegepast door bollen te telen in combinatie met tuinbouw- of akkerbouwgewassen. Veel tulpen worden geteeld op gescheurd grasland. De voorkeur voor gescheurd grasland houdt verband met de gunstige invloed van de graszode op de structuur, waardoor er o.a. minder kans op verslemping is. In augustus wordt het grasland gescheurd, na de oogst van de bollen in het volgende jaar (juni of juli) wordt het perceel weer ingezaaid met gras.

Van de hoofdgewassen stellen de hyacinten zeer specifieke eisen aan de grond. Zij gedijen bijzonder goed op humus- en kleiarme, kalkrijke matig fijnzandige tot matig grofzandige zandgronden (M50: 180 à 200) met een grondwaterstand van circa 55 cm beneden maaiveld. Deze gronden treft men voornamelijk aan in de zuidelijke bollenstreek en in mindere mate in de Anna Pauwlonapolder rondom Breezand. Ook op de kalkrijke zavelgronden kunnen de hyacinten goed groeien, maar men oogst bollen met een haveloos uiterlijk, die onverkoopbaar zijn. Soms teelt men plantgoed één jaar op zavelgrond. Sommige soorten, zoals tulpen, irissen en gladiolen, groeien ook goed op zavel- en kleigronden. Kleigronden hebben het nadeel dat zij moeilijk verkruimelbaar zijn en daardoor moeilijkheden geven met het machinaal planten en oogsten. In verband hiermede worden op de kleigronden veel tulpen geteeld op ruggen. Sommige narcis-variëteiten vragen een wat zure grond. Ook moerige gronden worden wel voor de teelt van narcissen en tulpen gebruikt. Deze gronden hebben het bezwaar dat de bollen er

minder ooglijk uitzien. Bollen van deze gronden worden daarom meestal door broeiers gebruikt voor de bolbloementeel.

Vele bijgewassen hebben kleine bollen of knollen. In verband met oogstmoeilijkheden op klei worden deze geteeld op zand- en zavelgronden. Sommige bijgewassen worden uitsluitend op zandgronden geteeld. De bolletjes van deze gewassen worden met grond en al geoogst en daarna uitgezeefd.

Tulpen wortelen ondiep, maximaal 40 cm. Voorts verdampen zij veel water in mei en juni, maanden met gemiddeld een groot neerslagtekort. Door de ondiepe beworteling is de vochtleverantie van de grond op de zavel- en kleigronden in deze periode doorgaans niet voldoende om de tekorten aan te vullen en moet er beregend worden voor een optimale vochtvoorziening. Op vlakke, humusarme en kleiarne zandgronden langs de kust met een grondwaterstand van 55 cm is de capillaire aanvoer zo groot, dat de bollen niet beregend behoeven te worden. Voorwaarde is dat deze zandgronden diep open zijn, met andere woorden: er mogen in het profiel geen veen- of kleilagen voorkomen. Deze lagen werken storend op de waterhuishouding, waardoor zij in de winter aanleiding kunnen geven tot wateroverlast en in het groeiseizoen tot verdroging. Geschikte zandgronden voor de bollenteelt zijn schaars en erg duur. Langs de kust komen ook zandgronden voor met een venige bovengrond en/of met venige of kleiige lagen in de ondergrond. Beneden deze bovengrond of venige of kleiige lagen kan tot grote diepte kalkrijk zand voorkomen dat zeer geschikt is voor de bollenteelt. Door dit zand naar boven te halen en de ongewenste bovengrond of lagen diep in de ondergrond weg te werken, kan men van deze gronden zeer geschikte bollengronden maken. Op grote schaal is dit reeds in de bollenstreek gebeurd. Deze grondverbetering wordt uitgevoerd met een dragline of de grond wordt omgespoten. In het laatste geval kan men het geschikte zand tot een diepte van 7 m wegzuigen.

Teelt van vorstgevoelig bijgoed. Om diverse redenen, doch vooral in verband met de vorstgevoeligheid van de bovengrondse delen, worden veel bijgoedgewassen in het voorjaar geplant of gezaaid. Hiertoe behoren bijvoorbeeld grootbloemige gladiolen, dahlia's, lelies en veel soorten anemonen. Aan het einde van het groeiseizoen wordt dan geoogst.

Voor deze teelten is het belangrijk, dat in het voorjaar een plantbed kan worden gemaakt. Hiervoor is nodig, dat de voorjaarsgrondwaterstand voldoende laag is en de bovengrond verkruimelbaar. Een goede verkruimelbaarheid is ook in het najaar belangrijk bij het oog-

sten, evenals een goede ontwateringstoestand.

Bij deze teelten valt de periode waarin de vochtbehoefte groot is, voornamelijk in de tweede helft van het jaar. In die tijd is de grondwaterstand op de pleistocene zandgronden laag. Doordat deze teelt vaak slechts eenmaal op een perceel beoefend wordt, kan veelal niet berekend worden. Hierdoor kan het vochtleverend vermogen van de grond grote invloed hebben op de teeltresultaten. Doordat het plantgoed niet in de grond overwintert, mogen de wintergrondwaterstanden wat hoger zijn.

4.4 Interpretatie voor de bosbouw

4.4.1 Omschrijving van de bodemgebruiksvorm

4.4.1.1 Bos en bosbouw

Bos kunnen we omschrijven als een door bomen gedomineerd begroeiingstype van zodanige omvang en dichtheid dat het milieu (temperatuur, vochtigheid, licht e.d.) binnen het type in belangrijke mate mede door de begroeiing wordt bepaald. In Nederland worden eikenhakhout en griend ook tot bos gerekend.

Onder bosbouw verstaan we de aanleg, het onderhoud en de kap van bos met instandhouding van het voortbrengingsvermogen van de grond.

4.4.1.2 Areaal en samenstelling van het bos in de laatste 150 jaar*

Ongeveer 150 jaar geleden had Nederland ruim 100 000 ha bos minder dan thans (tabel 50). Ook week de samenstelling van het toenmalige bos aanmerkelijk af van het huidige; ruim tweederde van het areaal (117 000 ha) bestond uit eikenhakhoutbos dat moest voorzien in de toen bestaande behoefte aan brandhout, klein geriefhout en vooral looistof. Vermoedelijk is deze hakhoutcultuur uitgeoefend op vrij "arme" gronden met zowel diepe als ondiepe grondwaterstanden en een redelijk vochtleverend vermogen, bijv. gooreerdgronden en veldpodzolgronden met Gt V en Gt VI en holtpodzolgronden met Gt VII.

Tabel 50 Samenstelling van het Nederlandse bos vanaf 1833 (naar Wolterson, 1974)

Samenstelling van het bos	Oppervlakte bos in 1000 ha omstreeks		
	1833	1927	1968
Loofhoutbos	20	14	53
Naaldhoutbos	30	145	196
Hakhoutbos	117	78	26
Griend	2	13	4
Totaal	169	250	279

Het hakhout werd om de 10 à 12 jaar gekapt. We mogen aannemen dat door herhaaldelijke winning van vooral takken en twijghout een geleidelijke verarming van de grond heeft plaatsgevonden. Ook de bij

* Gedeeltelijk ontleend aan Wolterson (1974).

deze cultuur gebruikelijk diepe grondbewerking, waarbij mineralisatie van de organische stof optreedt, kan voor sommige gronden tot verarming hebben bijgedragen.

In latere decennia is als gevolg van de dalende vraag naar natuurlijke looistof en naar brandhout de oppervlakte hakhout geleidelijk afgenomen. Vermoedelijk is het hakhout op de droge gronden overwegend in naaldboutbos en dat op de gronden met ondiepe grondwaterstanden voor een groot deel in grasland omgezet.

Omstreeks 1927 is de situatie aanmerkelijk gewijzigd. In de energiebehoefte wordt in belangrijke mate voorzien door steenkool. Bij de winning ervan werd veel grove-dennenhout gebruikt om de mijngangen te stutten. Wij zien dan ook een vervijfvoudiging van het opgaand naaldboutbos, overwegend grove den. Aan de uitbreiding van het naaldboutbos hebben ook de bebossingen voor de vastlegging van stuifzanden en de omzetting van eikenhakhout in grove-dennenbos bijgedragen.

De nieuwe bossen zijn overwegend aangelegd op z.g. "woeste gronden" (heidevelden, zandverstuivingen, soms slecht onderhouden opgaand bos) die vóór de uitvaardiging van de markenwet in 1886 in handen of onder beheer van de marken waren. De heide werd benut voor plaggenwinning en voor het weiden van schapen, het zelden stelselmatig onderhouden bos vormde een geleidelijk opdrogende bron voor brandhout en geriefhout. Op de Veluwe bestaat de beboste "woeste grond" overwegend uit haarpodzolgronden in dekzand, holtpodzolgronden in gestuwd preglaciaal en duinvaaggronden in stuifzand, in Noord-Brabant en Drenthe zijn het voornamelijk veldpodzolgronden met ondiepe grondwaterstanden en in wat mindere mate duinvaaggronden. Waar eeuwenlang intensieve plaggenwinning of (in het bos) strooiselroof heeft plaatsgevonden, kunnen deze gronden zeer "arm" zijn.

Ook de oppervlakte van de griendcultuur nam toe, voornamelijk als gevolg van de grote vraag naar wilgetenen voor vlechtwerken (o.a. zinkstukken) ten behoeve van waterstaatswerken (o.a. afsluiting Zuiderzee). Grienden zijn vooral aangelegd op kleilige of zeer sterk lemige gronden (poldervaag-, nesvaag- en gorsvaaggronden) die door hun zeer ondiepe grondwaterstanden (Gt I, II en III) en de grote afstand tot dorpen of boerderijen niet voor landbouw in aanmerking kwamen.

Uit de gegevens van de bosstatistiek 1964-1968 (Anon., 1971) blijkt dat de uitbreiding van het areaal naaldboutbos zich na 1927 heeft voortgezet, voornamelijk op de (nog resterende) heidevelden die overwegend op haarpodzolgronden en veldpodzolgronden voorkomen. Behalve de grove den worden nu ook douglasspar, in Noord-Brabant de

Corsicaanse den en, vooral in Drenthe, de Japanse lariks aangeplant. De omvangrijkste bebossing met naaldhout vond plaats tussen 1925-1935; zij werd voornamelijk uitgevoerd door de Staat en de gemeenten, veelal in het kader van werkverschaffing.

De uitbreiding van het loofhoutbos is van vrij recente datum. Zij is hoofdzakelijk geconcentreerd in de Noordoostpolder en de Flevopolders (kalkrijke vlakvaag- en poldervaaggronden). De daar meest voorkomende loofboomsoort is de populier.

Het eikenhakhout heeft zijn economische waarde geheel verloren. Voor de griendcultuur is nog maar een klein oppervlakte nodig om te voorzien in de behoefte van de waterstaatswerken. De cijfers van de bosstatistiek tonen dan ook een voortdurende vermindering van de oppervlakte hakhout en een sterke inkrimping van het griendareaal. Uit wetenschappelijke overwegingen en uit het oogpunt van natuurbescherming wordt een klein gebied met eikenhakhout en griend in stand gehouden.

4.4.1.3 Areaal en samenstelling van het huidige Nederlandse bos

Bosoppervlakte en boomsoortenverdeling

De bosoppervlakte (zonder weg- en grensbeplantingen en exclusief bosjes kleiner dan 0,5 ha) bedroeg in 1968* ruim 279 000 ha (tabel 50). Van deze oppervlakte bestond 249 000 ha uit opgaand bos waarvan circa 200 000 ha voornamelijk als produktiebos werd beheerd. De overige niet produktieve oppervlakte bestond uit onvolkomen bos, bos in stadskernen, bos met kampeer- en caravanterreinen e.d. (bron: Bosstatistiek 1964-1968).

De boomsoortenverdeling van het Nederlandse bos is eenzijdig. Uit tabel 51 blijkt dat ruim 80% van de ca. 200 000 ha opgaand produktiebos uit naaldbomen bestaat, waarvan 71% dennen, voornamelijk grove den. De drie andere belangrijke naaldboomsoorten, douglasspar, Japanse lariks en fijnspar komen over veel geringere oppervlakten voor. Van het loofhoutbos neemt alleen het eiken- en populierenbos een oppervlakte van betekenis in.

Leeftijdsklassenverdeling

De eerder genoemde eenzijdigheid geldt ook voor de leeftijds-klassenverdeling. Een z.g. normale leeftijds-klassenverdeling is voor een duurzaam bosbedrijf, vooral van kunstmatig aangelegd bos van gro-

* In 1977 is deze oppervlakte circa 300 000 ha.

Tabel 51. Oppervlakte opgeand produktiebos per boomsoort

Boomsoort	Oppervlakte			
	in ha (x 1000)	in % van opp. opgeand pro- duktiebos (196 = 100 %)	in % van opp. naaldhoutbos (162 = 100 %)	in % van opp. loofhoutbos (34 = 100 %)
Den (vooral grove den)	115	59	71	-
Douglasspar	15	7	9	-
Japane lariks	18	9	11	-
Fijnspar	13	7	8	-
Overig naaldhout	1	1	1	-
Totaal naaldhout	162	83	100	-
Eik (vooral zomereik)	18	9	-	51
Berk	2	1	-	6
Beuk	4	2	-	13
Es	1	0,5	-	3
Populier wilg	8	4	-	24
Overig loofhout	1	0,5	-	3
Totaal loofhout	34	17	-	100
Totaal opgeand produktiebos*	196	100		

(Bron: Bosstatistiek 1964-1968)

* Exclusief kapvlakte van circa 4000 ha.

te betekenis. Het overzicht in tabel 52 laat zien in hoeverre de situatie in 1968 afweek van de als normaal beschouwde toestand. Men ziet dat 65%, in plaats van de normale 45%, van alle boomsoorten jonger is dan 40 jaar. Aan oudere bossen is een overeenkomstig tekort, vooral bij het naaldhoutbos.

Tabel 52. Leeftijdsklassenverdeling van het opgeand produktiebos (Bron: bosstatistiek 1964-1968)

Leeftijdsklassen	Oppervlakte		
	bestaande toestand x 1000 ha	%	normale toestand bij omloop van circa 100 jaar
0-20	64	33	25
20-40	63	32	20
40-60	41	21	20
60-80	18	9	20
80-100	6	3	10
> 100	4	2	5
	196 ¹⁾	100	100

¹⁾ Exclusief kapvlakten van circa 4 000 ha.

Deze eenzijdigheid is verklaarbaar uit de vroegere doelstelling van het bos nl. de produktie van mijnhout, uit de doorgaans arme en vaak ook droge standplaats en uit het feit dat veel bossen nog tot de eerste generatie behoren; daarvoor was men destijds aangewez-zen op z.g. pioniersboomsoorten, voornamelijk grove den.

Grootteklassen en bezitsverhouding

Het Nederlandse bos is onregelmatig verspreid over het oosten, mid-den en zuiden van het land (fig. 17). Het is in sterke mate versnip-perd (tabel 53); aaneengesloten oppervlakten van enige omvang treft men alleen aan op de Veluwe, de Utrechtse Heuvelrug en in enkele streken van Drenthe. De sterke versnippering hangt vermoedelijk sa-men met de bodemgesteldheid en de ontginningsgeschiedenis; alleen de gronden die zich niet voor land- en tuinbouw leenden, werden voor de aanleg van bos gebruikt.

Tabel 53. Aantal boscomplexen en de oppervlakte ervan naar grootte-klasse

Grootteklasse in ha	Aantal	Oppervlakte (x 1 000 ha)
0,5 - 5	10 440	18
5 - 10	1 446	10
10 - 25	1 042	16
25 - 50	383	13
50 - 100	219	15
100 - 250	167	26
250 - 500	57	19
500 - 1 000	48	34
1 000 - 2 000	23	32
> 2 000	15	96
	13 840	179

(Bron: Bosstatistiek 1964-1968)

Het Nederlandse bos heeft een groot aantal eigenaren. Ook in dit opzicht is er een duidelijke versnippering. De oorzaak moet voor-namelijk worden gezocht in de bosgeschiedenis en het erfrecht. Van het totale bosareaal van circa 300 000 ha (in 1975) bestaat 85 000 ha uit bezittingen die kleiner zijn dan 5 ha. Deze kleine bezit-tingen zijn niet bij het Bosschap geregistreerd, zodat het aantal eigenaren onbekend is. Tabel 54 laat zien hoe de overige 215 000 ha volgens een opgave van het Bosschap in 1975 verdeeld liggen over

Fig. 17 De verbreiding van het Nederlandse bos



Bron: Staatsbosbeheer

een aantal grootteklassen van eigenaren.

Tabel 54. Indeling van het geregistreerde bosbezit naar grootteklassen (naar Anon., 1977)

Grootteklasse in ha	Oppervlakte (x 1 000 ha)	Aantal eigenaren	Gemiddelde opp. per eigenaar in ha
5 - 50	29	1 801	16
51 - 100	14	199	70
101 - 500	50	239	210
501 - 1 000	21	32	650
1 000	101	20	5 000(1 500) ¹⁾
	<u>215</u>	<u>2 291</u>	

1) Exclusief ruim 72 000 ha Staatsbos.

Behalve naar de grootte van het bosbezit kan men het bos ook indelen naar de categorie van boscigenaren. Deze indeling is van betekenis, omdat tussen de categorieën belangrijke verschillen bestaan in het doel dat men met het bos voor ogen heeft en in financiële en in technische mogelijkheden. Tabel 55 geeft een overzicht van de verdeling naar categorieën in 1964-1968, medio 1975 en ultimo 1977. De vergelijking tussen enerzijds de periode 1964-1968 en anderzijds de inventarisaties in 1975 en 1977 moet met de nodige voorzichtigheid geschieden, omdat de bosstatistiek (1964-1968) uitgaat van alle boscomplexen groter dan 0,5 ha, terwijl de beide andere inventarisaties alleen de boscomplexen groter dan 5 ha bevatten.

Tabel 55. Procentuele verdeling van het bosbezit in Nederland naar categorieën van boscigenaren (naar Berger, 1977)

Categorieën eigenaren	Eigendomssituatie per		
	1964-'68 ¹⁾	medio 1975 ²⁾	ultimo 1977 ³⁾
Staatsbosbeheer + CRM-objecten	24,4	23,9	25,4
Ander Rijksbezit (Financ. Defensie, Kroon)		8,6	9,0
Provincies Waterschappen etc.		1,2	1,5
Gemeenten	15,5	19,5	19,0
Totaal overheid	40,9	53,2	54,9
Organisaties voor natuurbehoud	5,1	9,1	10,4
Stichtingen, sanatoria, kerken, etc.	54,0	2,0	2,8
Particulier bosbezit		35,7	31,9
	100,0	100,0	100,0

1) Bron De Nederlandse Bosstatistiek 1964-'68

2) Bron Boschap (deze gegevens hebben betrekking op bosbezigtingen > 5 ha)

3) Bron als 2 behalve Staatsbosbeheer (jaarverslag 1976)

Tussen 1968 en 1977 is geleidelijk aan meer bos in bezit van voornamelijk de overheid en organisaties voor natuurbehoud gekomen. Dit is grotendeels ten koste gegaan van het particuliere bosbezit, dat van medio 1975 tot ultimo 1977 met circa 10% in oppervlakte is afgenomen (8 000 ha). Ook het gemeentelijk bosbezit is in deze periode iets (2%) afgenomen (Berger, 1977).

4.4.1.4 Intensiteit van het grondgebruik

De bosbouw is arbeidsextensief; in Nederland is de arbeidsbezetting buiten het Staatsbosbeheer ongeveer één werknemer per 160-180 ha, voor het Staatsbosbeheer is deze bezetting circa één man per 100 ha (Anon., 1977).

4.4.1.5 Produktie en bostype

De gemiddelde produktie per ha is laag; de bosstatistiek vermeldt $4-6 \text{ m}^3$ per ha per jaar. Veel boomsoorten kunnen echter in het Nederlandse klimaat een aanmerkelijk hogere produktie bereiken, mits zij op een voor hen geschikte grond staan (tabel 64). Afgezien van ondeskundig beheer en onjuiste boomsoortenkeuze kan de lage gemiddelde houtproduktie worden verklaard uit de overwegend slechte kwaliteit van de grond waarop een groot deel van het Nederlandse bos voorkomt. Uit de gegevens van de bosstatistiek is voor het opgaand produktiebos een schatting gemaakt van de oppervlakte "arme" en "goede" gronden (Anon., 1977). Men onderscheidt 80 000 ha "arme" grond met een gemiddelde produktie (naalddhout) van $1,5 \text{ m}^3$ per ha per jaar, 110 000 ha "goede" grond met een mogelijke produktie van 11 m^3 per ha per jaar en 10 000 ha "voor loofhout geschikte" grond met een gemiddelde produktie van 10 m^3 per ha per jaar. Samengevat bestaat de oppervlakte opgaand produktiebos voor 60% uit "goede" en voor 40% uit "arme" grond. Welke maatstaven men voor het onderscheid "goede" en "slechte" gronden heeft gebruikt, wordt niet vermeld. Van Goor (1971) gaat bij de schatting van voor bos meer of minder geschikte gronden uit van z.g. bostypen, waarvan hij er vijf onderscheidt.

Bostype 1: Loofhoutbossen met een hoge produktiviteit (doorsnee-aanwas $> 10 \text{ m}^3/\text{jaar/ha}$).

Bostype 2: Loofhoutbossen met een lage produktiviteit (doorsnee-aanwas $< 10 \text{ m}^3$)

Bostype 3: Naalddhoutbossen met een hoge produktiviteit (doorsnee-aanwas $> 10 \text{ m}^3$)

Bostype 4: Naaldboutbossen met een lage produktiviteit (doorsnee-
aanwas < 10 m³)

Bostype 5: bosvegetatie met te verwaarlozen produktiviteit, waar de
houtgewassen niet tot boomontwikkeling komen en struikvor-
mig dan wel laag blijven.

Elk type omvat weer verschillende eenheden, met een eigen pro-
duktiepatroon. Tot bostype 1 behoren populierenbossen en wilgebossen,
tot type 2 eike-, esse-, esdoorn-, beuke-, berke- en elzebossen. Ook
kunnen populierenbossen op minder goede gronden tot bostype 2 gere-
kend worden. Bostype 3 omvat bossen van lariks, douglas, fijnspar,
sitkaspar, Abies grandis en - op bepaalde gronden - van Corsicaanse
den. Bossen van grove den en in de meeste gevallen van de andere
pinussoorten behoren tot het bostype 4. Representanten van bostype
5 zijn elzestruweel, berkestruweel, open gemengde struikvegetaties,
vliegdenen etc.

De oppervlaktepercentages van de voor de genoemde bostypen ge-
schikte gronden wordt in tabel 56 aangegeven. Wanneer we ervan uit-

Tabel 56. Oppervlaktepercentages van het huidige Nederlandse bos-
areaal, geschikt voor de verschillende bostypen

Bostype	Opp. in %
1	7
2	5
3	22
4	50
5	16

gaan dat alleen de gronden die geschikt zijn voor de bostypen 1 en
3 tot de "goede" gronden gerekend mogen worden, bestaat 29% van het
bosareaal uit "goede" en 71% uit "arme" gronden.

De 200 000 ha produktiebos leveren circa één miljoen m³ hout per
jaar dat voornamelijk wordt gebruikt voor vezelhout, zaag- en fineer-
hout (tabel 57). Hiervan komt ongeveer 25% uit Gelderland en 15% uit
Drenthe.

Tabel 57. Verdeling van de jaarlijkse houtproduktie over de sortimenten (gegevens van 1973)

Sortiment	%
Zaag- en fineerhout	28
Mijnhout	7
Vezelhout	54
Overig naalddhout	9
Brandhout	2
	100

4.4.1.6 Bedrijfsresultaten

Uit het voorgaande blijkt dat het Nederlandse bos gekenmerkt is door een lage leeftijd (vaak eerste generatie bos na heide), een eenzijdige boomsoortenverdeling en een sterke versnippering, zowel naar oppervlakte als naar eigendom. Bovendien staat bos overwegend op slechte grond.

Het wekt dan ook geen verwondering dat volgens berekeningen van het Landbouw-Economisch Instituut het netto-resultaat van de Nederlandse particuliere bosbouw uiteenloopt van f 52,-- positief tot f 92,-- negatief. Hierbij moet worden aangetekend dat deze uitkomsten zijn gebaseerd op gegevens van 100 bosbedrijven uit 1968, de cijfers zijn herleid tot het kosten- en opbrengstenpeil van 1972.

4.4.1.7 Functie van het Nederlandse bos

Het Nederlandse bos heeft vele functies die we gemakshalve aanduiden met de trefwoorden produktieve functie, recreatieve functie en ecologische functie.

Bij de produktieve functie denken we aan de produktie van hout. Tegen de achtergrond van een toenemend gebruik en een dreigende schaarste aan hout blijft deze functie van groot belang. Bovendien vormt de opbrengst van de houtverkoop een belangrijke bron van inkomsten bij het beheer van de bossen.

De vraag naar rustige vrijetijdsbesteding in de open lucht zal toenemen door voortgaande verstedelijking en meer vrije tijd. Voor deze rustige recreatie is het bos een geschikte plaats of achtergrond.

De ecologische functie omvat het herbergen van een zo groot mogelijke variatie van levensgemeenschappen en soorten in het voor

hen meest geschikte milieu. Bij deze functie ligt het accent op het bos als natuurreservaat.

Samengevat betekent dit, dat het Nederlandse bos zal moeten voldoen aan een toenemende behoefte aan ruimte voor de houtproductie, de openluchtrecreatie en het natuurbehoud. Deze drie functies behoeven niet bij voorbaat en onder alle omstandigheden concurrerend te zijn. Goede combinaties zijn zeer wel mogelijk. De meest kwetsbare daarbij is het natuurbehoud.

4.4.2 De interpretatie

4.4.2.1 Uitgangspunten en achtergrondveronderstellingen

De geschiktheid van de grond voor bosbouw wordt beoordeeld tegen de achtergrond van de reeds genoemde functies van het bos en de daaruit voortvloeiende meervoudige doelstelling van de bosbouw. (Anon. 1975; Anon. 1977; Van den Bos, 1978; Cosijn e.a., 1978; Heybroek, 1978; De Leyster, 1978; Van Maaren, 1978; Van der Meiden, 1978; Piël, 1978; Van der Werf e.a., 1978; Westra, 1978). Deze kunnen we omschrijven als het verkrijgen van een zo hoog mogelijk profijt op het gebied van de houtproductie, de openluchtrecreatie en het natuurbehoud. Gronden waarop dit doel in hoge mate wordt bereikt, zullen hoger gewaardeerd (geklasseerd) worden dan gronden waarop dit in mindere mate het geval is. Heel veel duidelijkheid verschaft deze omschrijving niet omdat het profijt (de baten) op het gebied van de openluchtrecreatie en het natuurbehoud meestal moeilijk meetbaar en zo dit wel het geval is (nog) niet waardeerbaar zijn. Bovendien zijn de voorwaarden waaraan een bosbedrijf met het accent op houtproductie, op recreatie of op natuurbehoud moet voldoen, nauwelijks omschreven.

Bij gebrek aan concrete achtergrondgegevens gaan wij er voorlopig vanuit, dat het bos beter aan de meervoudige doelstelling beantwoordt, naarmate het sneller tot volle wasdom komt en de boomsoortensamenstelling gevarieerder is. Volgens dit uitgangspunt wordt een grond voor bosbouw hoger aangeslagen, naarmate het aantal boomsoorten dat er op kan groeien groter en de groei van die bomen beter is. Het is mogelijk dat met deze benadering meer recht wordt gedaan aan de produktieve en recreatieve functie dan aan de ecologische functie van het bos. Immers, een bos op een grond waarop weinig boomsoorten goed kunnen groeien zou ecologisch gezien waardevolle elementen kunnen bevatten. In de beoordeling komt dit niet tot uiting.

4.4.2.2 De beoordelingsfactoren

De bodem beïnvloedt de bosbouw door zijn effect op de groeimogelijkheden voor de verschillende boomsoorten. De hieruit resulterende boomsoortenkeuze (van de natuur of van de mens) bepaalt de boomsoortensamenstelling en de produktie van het bos.

Een direct effect van de bodem op bosbouwkundige werkzaamheden, bijvoorbeeld op de dunning, de kap, het uitslepen en het transport van hout, zijn in ons land van weinig betekenis. Een uitzondering vormen misschien het houttransport en het wegonderhoud op weinig draagkrachtige gronden. De oppervlakte van deze gronden onder bos is echter niet groot. We moeten de beoordelingsfactoren voor de bosbouw dus zoeken onder de bodemfactoren die de groei van de bomen beïnvloeden. Deze zijn:

het vochtleverend vermogen,
de ontwateringstoestand,
de voedingstoestand en
de zuurgraad.

De voorspelling van de groei van boomsoorten met behulp van beoordelingsfactoren veronderstelt een zekere kennis van de samenhang tussen de groei van een boomsoort en de gradaties van de vier beoordelingsfactoren.

Onze huidige kennis van en inzichten in deze samenhang zijn in een reeks tabellen (de z.g. sleutels) samengevat. In deze tabellen wordt voor veertien in de bosbouw gebruikelijke boomsoorten de groei-verwachting aangegeven bij iedere combinatie van gradaties in de vier beoordelingsfactoren. Nu is onze kennis over het verband tussen de boomgroei en de grootte van de beoordelingsfactoren nog betrekkelijk fragmentarisch en niet voor alle boomsoorten en op alle gronden even intensief onderzocht. Van sommige boomsoorten en gronden is deze samenhang dan ook beter bekend dan van andere. De betrouwbaarheid van de in de tabellen aangegeven groeiverwachting loopt diensgevolge nogal uiteen. In enkele gevallen zullen de uitspraken over de te verwachten groei berusten op veronderstellingen of op vrij vergaande extrapolatie van elders opgedane ervaring. Naarmate het onderzoek voortschrijdt, zullen deze uitspraken betrouwbaarder moeten worden (Van den Berg, 1975; Van den Berg e.a., 1973; Guldemond e.a., 1968; Van der Heyden, e.a. 1976; Kool, 1976; Lenten e.a., 1978; Van Lynden, 1967, 1969; Posthuma, 1974; Schoenfeld e.a., 1974; Schelling, 1955, 1960; Vis, 1970, 1971, 1973, 1974; Waenink, 1956, 1974, 1978).

Ontwateringstoestand (zie ook 3.1)

We nemen aan dat de beoordelingsfactor ontwateringstoestand vooral van belang is in verband met de zuurstofvoorziening van de boomwortels. Onvoldoende ontwatering kan vooral bij dichte gronden leiden tot zuurstofgebrek in de wortelzone en daarmee tot een slechte groei. Over het verband tussen de ontwateringstoestand en de boomgroei is nogal wat veldervaring opgedaan en staan wat onderzoeksresultaten tot onze beschikking. In grote lijnen kan men zeggen dat beuk, douglasspar en Japanse lariks bijzonder gevoelig zijn voor ondiepe grondwaterstanden (onvoldoende ontwatering). Daarentegen kunnen populier, wilg, es en vooral els ondiepe grondwaterstanden vrij goed verdragen. De andere boomsoorten staan hier tussen in.

Vochtleverend vermogen (zie ook 3.2)

Over het verband tussen vochtleverend vermogen en de groei staan ons de meeste gegevens ter beschikking. In het algemeen mag men zeggen dat populier, wilg, es, els, Japanse lariks, fijnspar en sitkaspar voor een goede groei veel vocht nodig hebben en de douglasspar en de dennen weinig. De overige boomsoorten kunnen met een matige hoeveelheid toe. Bij de vaststelling van het vochtleverend vermogen van de grond voor bos moet men in aanmerking nemen dat bomen vaak dieper wortelen dan landbouwgewassen. Bovendien kan men in of op leemlagen in de ondergrond (tot 2 à 3 m diepte) soms "matten" van levende boomwortels vinden ook als in het bovenliggend materiaal vrijwel geen wortels voorkomen. Deze "wortelmatten" zullen vermoedelijk tot vochtvoorziening van de boom bijdragen. Bij de toekenning van de gradatie voor het vochtleverend vermogen moet hiermee rekening worden gehouden.

Voedingstoestand (zie ook 3.10)

De voedingstoestand van de grond bepaalt mede de groei van de bomen. In het algemeen kan men zeggen, dat voor het bereiken van een goede groei de loofboomsoorten een wat hogere voedingstoestand nodig hebben dan de naaldboomsoorten. Van de naaldboomsoorten kan de grove den met vrij lage voedingstoestand nog redelijk groeien, de overige naaldboomsoorten hebben voor een goede groei een wat hogere voedingstoestand nodig.

Zuurgraad (zie ook 3.11)

Wat de zuurgraad betreft, kan worden verwezen naar de bespreking van deze beoordelingsfactor in 3.11. Vermeld dient te worden, dat de groei van naaldboomsoorten (met uitzondering van *Pinus nigra*) op gronden met gradatie 1 en 2 voorlopig niet wordt aangegeven in verband met de bij deze gradaties veel voorkomende storingen in de voedingsstoffen-huishouding en de kans op wortelrot.

4.4.2.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie in de bosbouw

In het voorafgaande is uiteengezet dat de groei van bomen en het boomsoortenassortiment bruikbare maatstaven voor een geschiktheidsclassificatie zijn. Er worden voor deze classificatie zeven van de in Nederlandse bosbouw veel toegepaste boomsoorten gebruikt; populier, eik, beuk, grove den, douglasspar, Japanse lariks en fijnspar. De keuze van deze gidsboomsoorten (g.b.s.) is betrekkelijk arbitrair. Het zijn de soorten waarvan het meest bekend is over de samenhang tussen bodem en groei en waarvan de ecologische eisen (water, voedingsstoffen, zuurstof) nogal uiteenlopen.

Met deze zeven boomsoorten kan in voldoende mate onderscheid gemaakt worden tussen de gronden die men als meer of minder geschikt voor de bosbouw beschouwt. Uitbreiding van deze groep maakt de classificatie alleen maar ingewikkelder en draagt weinig bij tot verbetering ervan.

Tabel 58 geeft een overzicht van de geschiktheidsclassificatie. Op het hoogste niveau, dat van de hoofdklassen, wordt een onderscheid gemaakt naar de groei van de zeven gidsboomsoorten. De hoofdklassen worden verdeeld in middenklassen naar het aantal boomsoorten dat de vereiste groei bereikt. De middenklassen worden ingedeeld in onderklassen naar het aantal loof- en naaldhoutsoorten. De cijfercode in de laatste kolom heeft nu de volgende betekenis:

1e cijfer geeft de hoofdklasse aan,

2e cijfer geeft de middenklasse aan,

3e cijfer geeft het aantal loofboomsoorten aan dat volgens de middenklasse, een goede of normale groei heeft

4e cijfer geeft het aantal naaldboomsoorten aan dat volgens de middenklasse, een goede of normale groei heeft.

Al naar gelang het doel dat men met de geschiktheidsbeoordeling voor ogen heeft, kan de geschiktheid van de grond voor bosbouw met de hoofdklasse, de middenklasse of onderklasse worden aangegeven.

Tabel 58. Geschiktheidsklassen voor bosbouw

Hoofdklasse	Middenklasse		Onderklasse	
Gronden met ruime mogelijkheden voor bosbouw (gronden waarop ten minste 3 g.b.s. goed groeien)	1	6 à 7 g.b.s. met goede groei	1.1	3 l.b.s. en 4 n.b.s. 1.1.3.4 3 " " 3 " 1.1.3.3 2 " " 4 " 1.1.2.4
	4	5 g.b.s. met goede groei	1.2	3 l.b.s. en 2 n.b.s. 1.2.3.2 2 " " 3 " 1.2.2.3 1 " " 4 " 1.2.1.4 3 " " 1 " 1.2.3.1 2 " " 2 " 1.2.2.2 1 " " 3 " 1.2.1.3 0 " " 4 " 1.2.0.4
	3	g.b.s. met goede groei	1.3	3 l.b.s. en 0 n.b.s. 1.3.3.0 2 " " 1 " 1.3.2.1 1 " " 2 " 1.3.1.2 0 " " 3 " 1.3.0.3
Gronden met beperkte mogelijkheden voor bosbouw (gronden waarop ten hoogste 2 g.b.s. goed groeien of ten minste 3 g.b.s. normaal groeien)	2	1 à 2 g.b.s. met goede groei	2.1	2 l.b.s. en 0 n.b.s. 2.1.2.0 1 " " 1 " 2.1.1.1 0 " " 2 " 2.1.0.2 1 " " 0 " 2.1.1.0 0 " " 1 " 2.1.0.1
	5-7	g.b.s. met normale groei	2.2	3 l.b.s. en 4 n.b.s. 2.2.3.4 3 " " 3 " 2.2.3.3 2 " " 4 " 2.2.2.4 3 " " 2 " 2.2.3.2 2 " " 3 " 2.2.2.3 1 " " 4 " 2.2.1.4
	3 à 4	g.b.s. met normale groei	2.3	3 l.b.s. en 1 n.b.s. 2.3.3.1 2 " " 2 " 2.3.2.2 1 " " 3 " 2.3.1.3 0 " " 4 " 2.3.0.4 3 " " 0 " 2.3.3.0 2 " " 1 " 2.3.2.1 1 " " 2 " 2.3.1.2 0 " " 3 " 2.3.0.3
Gronden met weinig mogelijkheden voor bosbouw (gronden waarop ten hoogste 2 g.b.s. normaal groeien)	3	1 à 2 g.b.s. met normale groei	3.1	2 l.b.s. en 0 n.b.s. 3.1.2.0 1 " " 1 " 3.1.1.1 0 " " 2 " 3.1.0.2 1 " " 0 " 3.1.1.0 0 " " 1 " 3.1.0.1
		Alle g.b.s. met slechte groei	3.2	0 l.b.s. en 0 n.b.s. 3.2.0.0

Gidsboomsoorten (g.b.s.): populier, zomereik, beuk, grove den, douglasspar, Japanse lariks en fijnspar

l.b.s. = loofboomsoorten, n.b.s. = naaldboomsoorten

De toekenning van een geschiktheidsklasse aan een grond geschiedt met behulp van een sleutel. In deze sleutel (tabel 59a, b, c) staat bij iedere combinatie van gradaties van de vier beoordelingsfactoren de groei van de zeven gidsboomsoorten en de daaruit volgende geschiktheidsklasse aangegeven.

Het groot aantal gradaties in de beoordelingsfactor voedings-toestand (15) leidt tot een onoverzichtelijke sleutel. Uit praktische overwegingen is de sleutel daarom in drie afzonderlijke tabellen gesplitst: één voor de veengronden, één voor de zand-, leem- en zavelgronden en één voor de kleigronden. De betekenis van de cijfers in de hokjes van de sleutel is als volgt. De bovenste reeks van zeven cijfers geeft de groei van de zeven gidsboomsoorten aan, achtereenvolgens zijn dit populier, zomereik, beuk, grove den, douglasspar, Japanse lariks en fijnspar. Het cijfer 1 betekent

toetst.	vermogen	Z U R G R A A D									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
1		112-0000	112-0000	212-0000	323-0000	323-0000	112-1111	112-1111	212-1111	323-1222	333-2333
2		2.1.2.0	2.1.2.0	2.1.2.0	2.1.1.0	3.1.1.0	1.1.2.4	1.1.2.4	1.2.1.4	2.1.0.1	3.1.0.1
3		112-0000	212-0000	312-0000	323-0000	323-0000	112-1111	212-1111	312-1111	323-1222	333-2333
4		2.1.2.0	2.1.1.0	2.1.1.0	3.1.1.0	3.1.1.0	1.1.2.4	1.2.1.4	1.2.1.4	2.1.0.1	3.1.0.1
5		212-0000	312-0000	322-0000	323-0000	323-0000	212-1111	312-1111	322-1122	323-1222	333-2333
1		2.1.1.0	2.1.1.0	3.1.1.0	3.1.1.0	3.1.1.0	1.2.1.4	1.2.1.4	2.1.0.2	2.1.0.1	3.1.0.1
2		322-0000	322-0000	322-0000	333-0000	333-0000	322-1222	322-1222	322-1222	323-2333	333-2333
3		3.1.1.0	3.1.1.0	3.1.1.0	3.2.0.0	3.2.0.0	2.1.0.1	2.1.0.1	2.1.0.1	3.1.0.2	3.1.0.1
4		113-0000	113-0000	213-0000	323-0000	323-0000	113-1211	113-1211	213-1211	323-1222	333-2333
5		2.1.1.0	2.1.1.0	2.1.1.0	3.1.1.0	3.1.1.0	1.2.2.3	1.2.2.3	1.2.1.3	2.1.0.1	3.1.0.1
1		113-0000	213-0000	313-0000	323-0000	323-0000	113-1211	213-1211	313-1211	323-1222	333-2333
2		2.1.1.0	2.1.1.0	2.1.1.0	3.1.1.0	3.1.1.0	1.2.2.3	1.2.1.3	1.2.1.3	2.1.0.1	3.1.0.1
3		213-0000	313-0000	323-0000	323-0000	323-0000	213-1211	313-1211	323-1222	323-1222	333-2333
4		2.1.1.0	2.1.1.0	3.1.1.0	3.1.1.0	3.1.1.0	1.2.1.3	1.2.1.3	2.1.0.1	2.1.0.1	3.1.0.1
5		323-0000	323-0000	323-0000	333-0000	333-0000	323-1222	323-1222	323-1222	333-2333	333-2333
1		3.1.1.0	3.1.1.0	3.1.1.0	3.2.0.0	3.2.0.0	2.1.0.1	2.1.0.1	2.1.0.1	3.1.0.2	3.1.0.1
2		223-0000	223-0000	223-0000	333-0000	333-0000	223-2321	223-2321	223-2321	333-2322	333-3333
3		3.1.2.0	3.1.2.0	3.1.2.0	3.2.0.0	3.2.0.0	2.1.0.1	2.1.0.1	2.1.0.1	2.3.0.3	3.2.0.0
4		223-0000	223-0000	323-0000	333-0000	333-0000	2.1.0.1	2.1.0.1	2.1.0.1	2.3.0.3	3.2.0.0
5		3.1.2.0	3.1.2.0	3.1.2.0	3.2.0.0	3.2.0.0	2.1.0.1	2.1.0.1	2.1.0.1	2.3.0.3	3.2.0.0
1		223-0000	323-0000	323-0000	333-0000	333-0000	223-2321	323-2321	323-2321	333-2322	333-3333
2		3.1.2.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	2.1.0.1	2.1.0.1	2.1.0.1	2.3.0.3	3.2.0.0
3		333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-3332	333-3332	333-3332	333-3333	333-3333
4		3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.1.0.1	3.1.0.1	3.1.0.1	3.2.0.0	3.2.0.0
5		333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-3332	333-3332	333-3332	333-3333	333-3333
1		3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.1.0.1	3.1.0.1	3.1.0.1	3.2.0.0	3.2.0.0
2		333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-3332	333-3332	333-3332	333-3333	333-3333
3		3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.1.0.1	3.1.0.1	3.1.0.1	3.2.0.0	3.2.0.0
4		333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-3332	333-3332	333-3332	333-3333	333-3333
5		3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.2.0.0	3.1.0.1	3.1.0.1	3.1.0.1	3.2.0.0	3.2.0.0

De bovenste reeks van zeven cijfers geeft de groei van de gidsboomsoorten aan. Achtereenvolgens zijn dit populier, zomereik, beuk, grove den, douglasspar, Japanse lariks en fijnspar. De cijfers betekenen:

1 = goede groei
2 = normale groei
3 = slechte groei
0 = niet beoordeeld

De onderste vier cijfers vormen de code van de geschiktheidsklassen (zie tabel 58).

5	3	2	1	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5
1	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	211-0000	322-0000	322-0000	111-1111	111-1111	211-1111	322-1222	333-2333
2	111-0000	211-0000	311-0000	111-0000	111-0000	211-0000	322-0000	322-0000	111-1111	111-1111	211-1111	322-1222	333-2333
3	211-0000	311-0000	322-0000	211-0000	211-0000	311-0000	322-0000	322-0000	211-1111	211-1111	322-1122	322-1222	333-2333
4	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-1222	322-1222	322-1222	322-1222	333-2333
5	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-2333	333-2333	333-2333	333-2333	333-2333
1	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	211-0000	322-0000	322-0000	111-1111	111-1111	211-1111	322-1222	333-2333
2	111-0000	211-0000	311-0000	111-0000	111-0000	211-0000	322-0000	322-0000	111-1111	111-1111	211-1111	322-1222	333-2333
3	211-0000	311-0000	322-0000	211-0000	211-0000	311-0000	322-0000	322-0000	211-1111	211-1111	322-1122	322-1222	333-2333
4	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-1222	322-1222	322-1222	322-1222	333-2333
5	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-2333	333-2333	333-2333	333-2333	333-2333
1	112-0000	112-0000	212-0000	112-0000	112-0000	212-0000	322-0000	322-0000	112-1211	112-1211	212-1211	322-1222	333-2333
2	112-0000	212-0000	312-0000	112-0000	112-0000	212-0000	322-0000	322-0000	112-1211	112-1211	212-1211	322-1222	333-2333
3	212-0000	312-0000	322-0000	212-0000	212-0000	312-0000	322-0000	322-0000	212-1211	212-1211	322-1122	322-1222	333-2333
4	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-0000	322-1222	322-1222	322-1222	322-1222	333-2333
5	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-2333	333-2333	333-2333	333-2333	333-2333
1	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	333-0000	333-0000	223-2321	223-2321	223-2321	333-2322	333-3333
2	223-0000	223-0000	323-0000	223-0000	223-0000	323-0000	333-0000	333-0000	223-2321	223-2321	223-2321	333-2322	333-3333
3	323-0000	323-0000	323-0000	323-0000	323-0000	323-0000	333-0000	333-0000	323-2321	323-2321	323-2321	333-2322	333-3333
4	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-2322	333-2322	333-2322	333-2322	333-3333
5	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-3333	333-3333	333-3333	333-3333	333-3333
1	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-3332	333-3332	333-3332	333-3332	333-3333
2	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-3332	333-3332	333-3332	333-3332	333-3333
3	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-3332	333-3332	333-3332	333-3332	333-3333
4	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-3332	333-3332	333-3332	333-3332	333-3333
5	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-3332	333-3332	333-3332	333-3332	333-3333

De bovenste reeks van zeven cijfers geeft de groei van de gidsboomsorten aan. Achtereenvolgens zijn dit populier, zomereik, beuk, grove den, douglasspar, Japanse lariks en fijnspar.

De cijfers betekenen:

1 = goede groei
2 = normale groei
3 = slechte groei
0 = niet beoordeeld

De onderste vier cijfers vormen de code van de geschiktheidsklassen (zie tabel 58).

Tabel 59 b. Sleutel voor de vaststelling van de geschiktheid van zand-, leem- en zavelgronden (<25% lutum) voor bosbouw

Z U E R G R A A D																
2																
Voedingstoestand																
3																
Ontw.	Vocht.	1	2	3	4	5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5
1	1	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000
	2	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000
	3	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000
	4	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000
	5	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000
2	1	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000
	2	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000
	3	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000
	4	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000
	5	111-0000	111-0000	211-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000	111-0000
3	1	112-0000	112-0000	212-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000
	2	112-0000	112-0000	212-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000
	3	112-0000	112-0000	212-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000
	4	112-0000	112-0000	212-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000
	5	112-0000	112-0000	212-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000	112-0000
4	1	223-0000	223-0000	323-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000
	2	223-0000	223-0000	323-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000
	3	223-0000	223-0000	323-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000
	4	223-0000	223-0000	323-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000
	5	223-0000	223-0000	323-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000	223-0000
5	1	333-0000	333-0000	433-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000
	2	333-0000	333-0000	433-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000
	3	333-0000	333-0000	433-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000
	4	333-0000	333-0000	433-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000
	5	333-0000	333-0000	433-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000	333-0000

De bovenste reeks van zeven cijfers geeft de groei van de gidsboomschotten aan. Achtereenvolgens zijn dit populier, zomereik, beuk, grove den, douglasspar, Japanse lariks en fijnspar.

De cijfers betekenen:

1 = goede groei
2 = normale groei
3 = slechte groei
0 = niet beoordeeld

De onderste vier cijfers vormen de code van de geschiktheidsklassen (zie tabel 58).

goede groei, 2 normale groei en 3 slechte groei. Het cijfer 0 wil zeggen: geen groeibeoordeling in verband met kans op wortelrot of storing in de voedingstoffen-huishouding als gevolg van een hoge pH. De onderste vier cijfers vormen de code van de geschiktheidsklasse (zie tabel 59).

De hier gepresenteerde geschiktheidsclassificatie geeft in de hoofdklasse een waardering van de grond voor bosbouw met een meervoudige doelstelling. Over de groei van de afzonderlijke boomsoorten geven de geschiktheidsklassen meestal geen uitsluitel. Toch is dit een gegeven waar de bosbouwer/kaartgebruiker het eerst naar vraagt. Hij heeft dit nodig voor een juiste boomsoortenkeuze of voor een bodemgeschiktheidsclassificatie die afgestemd is op een eenzijdige, meestal lokale doelstelling. Het zal daarom in vele gevallen noodzakelijk zijn om voor elke te beoordelen grond niet alleen de geschiktheidsklasse, maar ook de groei van de veertien in de Nederlandse bosbouw gebruikelijke boomsoorten afzonderlijk aan te geven.

Voor de zeven gidsboomsoorten is dit gegeven in de sleutel (tabel 59a, b en c) te vinden.

4.4.2.4 Maatstaven voor de boomgroei

De groei van bomen wordt uitgedrukt in de z.g. S-waarde. Dit is de maximaal bereikbare opperhoogte bij onbepaald hoge leeftijd. Onder de opperhoogte verstaan wij de gemiddelde hoogte van een opstand (in m), berekend uit de hoogste boom van elke are (100 m^2). De S-waarde kan omgerekend worden in de tot nu toe gebruikelijke absolute boniteit, waaronder we de gemiddelde aanwas (in m^3 per jaar per ha) verstaan op het tijdstip van culminatie. Het culminatietijdstip is het tijdstip waarop de gemiddelde aanwas over de gehele groeiperiode maximaal is.

Elke boomsoort heeft zijn eigen groeiverloop; bijvoorbeeld een normaal groeiende douglasspar heeft een S-waarde van circa 33 m (absolute boniteit circa 11 m^3 per jaar per ha), een normaal groeiende grove den komt tot een S-waarde van ongeveer 24 m (absolute boniteit circa 5 m^3 /jaar per ha). In tabel 60 wordt voor elke boomsoort het traject van de S-waarde (en het daarmee overeenstemmende traject van de absolute boniteit) aangegeven voor goede, normale en slechte groei.

Tabel 60. S-waarden en culminatiewaarden van de gemiddelde aanwas (absolute boniteit) bij goede, normale en slechte groei van 14 boomsoorten

Boomsoorten	Indeling naar:						Opbrengsttabellen
	S-waarden in m			culminatie-waarden van de gemiddelde aanwas in m ³ per jaar per ha			
	1	2	3	1	2	3	
Populier (Robusta)	≥ 40	32-40	< 32	≥ 17,0	12,5-17,0	< 12,5	Opbrengsttabel voor de Robustapopulier "De Dorschkamp", 1975 1)
Wilg	≥ 32	24-32	< 24	≥ 13,0	8,0-13,0	< 8,0	" " " " Marilandicapopulier "De Dorschkamp" , 1975 1)
Zwarte els	≥ 22	16-22	< 16	-	-	-	Opbrengsttabel ontbreekt
Es en esdoorn	≥ 25	20-25	< 20	≥ 7,2	4,0- 7,2	< 4,0	Opbrengsttabel voor de Es, "De Dorschkamp", 1971 2)
Zomereik	≥ 30	22-30	< 22	≥ 6,5	3,5- 6,5	< 3,5	" " " " Eik, "De Dorschkamp", 1974 2)
Beuk	≥ 30	22-30	< 22	≥ 6,8	3,4- 6,8	< 3,4	" " " " Beuk, "De Dorschkamp", 1974 2)
Amerikaanse eik	≥ 28	23-28	< 23	≥ 8,4	5,5- 8,4	< 5,5	" " " " Am.eik, "De Dorschkamp", 1971
Grove den	≥ 27	21-27	< 21	≥ 6,6	4,2- 6,6	< 4,2	" " " " Grove den, "De Dorschkamp", 1977 3)
Douglaspasp	≥ 37	29-37	< 29	≥ 13,5	8,8-13,5	< 8,8	" " " " Douglasspar "De Dorschkamp", 1971
Japanse lariks	≥ 26	20-26	< 20	≥ 11,9	7,2-11,9	< 7,2	" " " " Jap. lariks, "De Dorschkamp", 1977 4)
Fijnspar en sitkaspar	≥ 36	28-36	< 28	≥ 12,3	7,6-12,3	< 7,5	" " " " Fijnspar, "De Dorschkamp", 1971
Corsicaanse den (binnenland)	≥ 35	26-35	< 26	≥ 12,4	7,4-12,4	< 7,4	" " " " Cors.den(binnenland) "De Dorschkamp", 1971
Corsicaanse den (kustgebied)	≥ 26	17-26	< 17	≥ 8,9	4,0- 8,9	< 4,0	" " " " Cors.den(kustgebied) "De Dorschkamp", 1971
Oostenrijkse den (binnenland)	≥ 26	20-26	< 20	≥ 8,5	5,4- 8,5	< 5,4	" " " " Oost-den(binnenland) "De Dorschkamp", 1971
Oostenrijkse den(kustgebied)	≥ 21	16-21	< 16	≥ 6,9	4,2- 6,9	< 4,2	" " " " Oost-den(kustgebied) "De Dorschkamp", 1971

- 1 = goede groei
2 = normale groei
3 = slechte groei
- 1) Aanwas in m³ per jaar per ha bij plantverband 4 m x 4 m
2) Aangepaste Britse tabel van 1966
3) Aangepaste tabel Grandjean en Stoffels 1955
4) Herziene hoogtegegevens van tabel 1971

* De indeling kwam tot stand in nauwe samenwerking met het Rijksinstituut voor Onderzoek in Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" en het Staatsbosbeheer

4.5 Interpretatie voor grassportvelden

4.5.1 Omschrijving van de bodemgebruiksvorm

4.5.1.1 Aantal en oppervlakte

Grassportvelden beslaan weliswaar met een aantal van ca. 10 000 (tabel 61) slechts 0,3% van de oppervlakte van Nederland, maar vooral door de toeneming van de hoeveelheid vrije tijd is de behoefte aan sportvelden sedert de jaren veertig sterk gestegen. Dat hieraan is tegemoetgekomen, blijkt behalve uit tabel 61, ook uit de toeneming van het aantal voetbalvelden in Nederland van 38 per 100 000 inwoners in 1963 tot 59 in 1975 (tabel 62). Bij diverse andere veldsporten, genoemd in tabel 61, is de groei nog groter geweest. Hierdoor is het aantal velden en banen voor sportbeoefening in Nederland in de periode van 1963 tot 1975 verdubbeld. Verwacht wordt echter, dat de vertraging in het tempo van de bevolkingsgroei zal leiden tot een minder snelle toeneming van het aantal sportvelden.

Tabel 61. Statistisch overzicht van de in Nederland aanwezige buitensportvelden met grasbegroeiing¹⁾, gesplitst naar takken van sport op 1 januari 1970 en 1975 (Inventarisatie sportaccomodaties, C.B.S., 's-Gravenhage, 1970, 1975)

Tak van sport	Wedstrijdvelden		Oefenvelden		Totaal	
	1970	1975	1970	1975	1970	1975
Voetbal	5 150	6 396	887	1 242	6 037	7 638
Hockey	622	789	36	63	658	852
Korfbal	593	709	46	62	639	771
Handbal	352	455	22	27	374	482
Honkbal	58	63	2	2	60	65
(Sub)totaal	6 775	8 412	993	1 396	7 768	9 808
Softbal		23		-		23
Rugby		19		-		19
Cricket		10		-		10
Kaatsen		74		1		75
Totaal		8 538		1 397		9 935

1) Exclusief velden bij scholen en kazernes

Tabel 62. Aantal voetbalvelden per 100 000 inwoners per provincie
in 1963, 1970 en 1975 (C.B.S., 's-Gravenhage)

Provincie	1963	1970	1975
Groningen	49	59	70
Friesland	39	59	69
Drenthe	57	74	87
Overijssel	40	55	72
Gelderland	43	54	65
Utrecht	31	40	50
Noord-Holland	35	40	51
Zuid-Holland	28	36	42
Zeeland	43	58	69
Noord-Brabant	43	57	69
Limburg	44	59	73
Zuidelijke IJsselmeerpolders	57	54	78
Nederland	38	49	59

4.5.1.2 Gebruik van grassportvelden

De meeste grassportvelden worden gebruikt van half augustus tot eind mei. Vooral voetbalvelden, die bijna 80% van alle grassportvelden vormen, worden in die periode, uitgezonderd tijdens vorst, intensief benut voor wedstrijden en training. Dit laatste gebeurt vaak op speciale oefenvelden, die veelal van een lichtinstallatie zijn voorzien, zodat ook op winteravonden kan worden getraind.

Beoefenaars van veldsporten willen dat het wedstrijdprogramma en het oefenschema onafgebroken voortgang vinden. Onbespeelbaarheid van velden moet dan ook zoveel mogelijk worden voorkomen. Ook laten veldsporters zich niet gemakkelijk door het weer of de terreingesteldheid van de training weerhouden. Het gevolg is, dat vroeg of laat in het speelseizoen velden gebruikt worden, die op dat moment slecht bespeelbaar zijn. De kwetsbare zode wordt dan gemakkelijk holgespeeld of zelfs geheel weggespeeld. Op wedstrijdvelden is dat gevaar minder groot, omdat in twijfelgevallen vóór de wedstrijd wordt onderzocht of de terreingesteldheid bespeling toelaat.

Hockey-, korfbal- en handbalvelden evenals grassportvelden bij scholen worden doorgaans in de wintermaanden niet gebruikt.

In woonwijken, parken en bij parkeerterreinen komen trapvelden voor. Deze worden evenals voetbalvelden ook in de winter bespeeld. Trapvelden worden ook gedurende de gehele zomer gebruikt, zodat ze

geen herstelperiode van de grasmat meemaken. Hierdoor ontbreekt de grasmat veelal geheel of vertoont deze een zeer holle stand.

Omdat trapvelden evenals grassportvelden zowel met als zonder grasmat bespeelbaar dienen te zijn, is er geen aanleiding er afzonderlijke interpretaties voor te maken.

4.5.2 Kwaliteit van grassportvelden

4.5.2.1 Waaraan moeten goede grassportvelden voldoen ?

Veldsporten vragen een vlak, stevig en stroef veld zonder plassen en stenen. Een oneffen oppervlak is ongewenst, omdat de bal hierdoor onverwachte richtingsveranderingen kan ondergaan, er gevaar is voor verstuijing en zelfs enkelbreuk voor de spelers, door toe- en afstroming van regenwater de kans op plasvorming groot is.

Een sportveld dat in natte toestand glad of zacht is, is niet alleen moeilijk bespeelbaar, ook de kans op beschadiging van de grasmat is groot. Is de bovengrond in droge toestand te hard of bevat deze stenen, dan is er een verhoogd risico voor de spelers op blessures. Bij de aanleg en het onderhoud van grassportvelden wordt er naar gestreefd een zodanige toestand te scheppen, dat deze problemen zoveel mogelijk worden vermeden.

4.5.2.2 De functie van de grasmat

De belangrijkste functie van de grasmat is, dat de zode sterke verdichting van de toplaag tegengaat. Er treedt dan - bij voldoende stevigheid en stabiliteit van de toplaag - minder snel plasvorming op dan op onbegroeide grond.

Gunstige neveneffecten van de grasmat zijn:

- een dempende werking bij bespeling,
- geen gevaar voor verstuijing van de toplaag,
- een fraai aanzien.

Op grassportvelden worden voornamelijk balsporten beoefend. Hiervoor is veelal een vlak speelveld met kortgemaaid gras nodig. Door de veelal grote betredingsintensiteit en het veelvuldig maaien kunnen zich slechts enkele grassoorten handhaven, namelijk Engels raaigras, straatgras en in mindere mate veldbeemdgras.

In de beginperiode van de competitie groeit het gras nog vrij snel, zodat er 1 à 2 keer per week wordt gemaaid. In de herfst neemt de groei af en komt deze tenslotte tot stilstand. In de winter, als

er geen grasgroei is, blijft de bespeling op voetbalvelden voortgang vinden en als gevolg daarvan zien we in deze periode de grasmat holler worden.

De dichtheid van de grasmat wordt voornamelijk bepaald door de bespelingsintensiteit. Deze bedraagt op voetbalvelden ongeveer 8 uur per week, maar ze kan variëren van minder dan 1 uur tot meer dan 10 uur per week. Op velden waarop schoolsporten worden bedreven, kan dit oplopen tot enkele tientallen uren per week.

Op de zeer intensief bespeelde velden gaat de dichtheid van de zode al spoedig na het begin van het speelseizoen achteruit, vooral bij de doelen en in en om de middencirkel. In de winter wordt op deze plaatsen het gras vaak geheel weggespeeld. De graswortels blijven dan echter nog wel hun nuttige functie vervullen.

Aan het einde van en na het speelseizoen worden de meer of minder hol gespeelde gedeelten van de velden zo snel mogelijk met zaad van snelgroeiende grasveldselecties van Engels raaigras in- en doorgezaaid. Men hoopt dan aan het begin van het nieuwe seizoen, dus na zes à tien weken, weer over een gesloten, goed ontwikkelde grasmat te beschikken. Deze moet dan bestand zijn tegen intensieve bespeling tot minstens het einde van het groeiseizoen van het gras.

4.5.2.3 Maatregelen om tot een goede toplaag te komen

Om de grasmat in goede conditie te kunnen houden, moet de bovengrond bewortelbaar zijn. Bovendien is het zeer gewenst, dat een redelijke hoeveelheid beschikbaar vocht in de bewortelbare laag aanwezig is, want de grasmat mag niet verdrogen. Ook moet de bovengrond een goed groeimilieu vormen tijdens de zomerperiode. In enkele maanden moet dan weer een dichte, stevige grasmat gevormd worden, die bestand is tegen intensieve bespeling.

Ter voorkoming van plasvorming moet de grond een hoge infiltratiecapaciteit hebben en een lage wintergrondwaterstand.

Alleen op humeuze klei- en leemarme zandtoplagen kan een goede speelbaarheid onder zeer uiteenlopende weersomstandigheden samengaan met een redelijk groeimilieu voor de grasmat. Humusarme zandtoplagen hebben weinig beschikbaar water en bieden daarom een minder gunstig milieu voor grasgroei. Op deze gronden is echter een grasmat juist onmisbaar, omdat zonder grasmat deze top lagen onvoldoende stevig zijn. Van huis uit humusarme top lagen kunnen door toevoeging van organisch materiaal (bijv. tuinturf) verbeterd worden. De hoeveelheid beschikbaar vocht wordt verruimd en bovendien kan de gewenste stevigheid beter gehandhaafd blijven, ook als de grasmat hol- of weggespeeld is.

Op alle humus-, klei- en leemrijke gronden kan de bespeelbaarheid verbeterd worden door het aanbrengen van een dek(je) klei- of leem-arm zand, aangevuld met organisch materiaal. Met dit dek(je) kan de infiltratiecapaciteit verhoogd en de tijdelijke berging van regenwater vergroot worden, maar vooral kan daarmee een stevige en stroeve toplaag verkregen worden. Door activiteit van bodemdieren, vooral wormen, en door het gebruik van een diepbeluchter komt er na de aanleg op deze gronden weer humus-, klei- en/of leemrijker materiaal aan de oppervlakte. Met periodiek zand strooien ("dressen") moet de conditie van de toplaag op peil worden gehouden.

In verband met de stevigheid en de kans op plasvorming is het gewenst dat grassportvelden in de winter een ontwatering tot ten minste 50 cm, doch liefst tot 80 cm hebben. Om ditte kunnen realiseren, moet in veel gevallen de GHG worden verlaagd.

4.5.3 De interpretatie

4.5.3.1 Achtergrondveronderstellingen

Kosten van aanleg en onderhoud

Bij de beoordeling wordt er van uitgegaan, dat de geschiktheid van een grond voor grassportvelden groter is, naarmate de aanleg- en onderhoudskosten lager zijn en de bespeelbaarheid van de velden gemakkelijker te handhaven is.

Grassportvelden worden veelal aangelegd op gronden die voorheen bij de landbouw in gebruik waren. De volgende maatregelen worden daarbij genomen:

- verwijderen van bomen en struikgewas en vernietigen van de graslandzode,
- spitten en egaliseren,
- aanbrengen van 0,5 à 1 cm organisch materiaal of zand om na doorwerking een toplaag van 3 à 5 cm te krijgen, die geschikt is voor worteling en tevens aan de stevigheidsnorm voldoet,
- inzaaien van een graszaadmengsel na het maken van een zaaibed,
- aanschaf van een losse sproeileiding voor beregening en aanleg van één vast aansluitpunt per veld.

Daarnaast zijn er maatregelen die op de ene grond wel en op de andere niet behoeven te worden uitgevoerd. Deze zijn als extra maatregelen te beschouwen. In tabel 63 zijn ze opgesomd. Bovendien zijn de globale kosten als percentage van de minimale aanlegkosten aangegeven. Op natte, dichte gronden kunnen de aanlegkosten oplopen tot

het drie- à viervoudige van die op hoge, goed vochthoudende en goed doorlatende gronden.

Gronden met hoge aanlegkosten hebben doorgaans ook hogere onderhoudskosten. Deze bestaan bijv. uit op-, onder- of uitvullen van ongelijk nagezakte sloten, greppels en drainsleuven.

Tabel 63. Maatregelen ter opheffing van gebreken in de bodemgesteldheid en de eraan verbonden meerkosten
(minimale aanlegkosten = 100%, in 1979 gesteld op f 35 000 per veld van 0,8 ha).

Omschrijving te nemen maatregelen	meerkosten in %
Enige verlaging van de GHG met behulp van buisdrainage	25
Ruime verlaging van de GHG, dempen en graven van sloten, aanbrengen van (onder)bemalingspompen en van enkelvoudige of samengestelde drainage, wel of geen opvulling van drainsleuven met goed doorlatend materiaal en aanbrengen van een tweede ondiep drainagestelsel, doch exclusief aanbrengen van stuwen, dammen, duikers en bruggen	50 à 125
Aanbrengen van een humeus bezandingsdek(je) (uit ondergrond of van elders aangevoerd)	25 à 100
Installatie van een automatische in plaats van een losse beregeningsinstallatie	75

4.5.3.2 Beoordelingsfactoren

De beoordelingsfactoren waarop de interpretatie voor grassportvelden berust zijn:

- ontwateringstoestand,
- infiltratiecapaciteit
- stevigheid van de bovengrond
- vochtleverend vermogen.

z

• Ontwateringstoestand

Gedurende de winterperiode is een zuigspanning in de toplaag nodig van ten minste pF 1,5 voor de gewenste stevigheid (Beuving en Van

Wijk, 1979). Om dit te bereiken, is een ontwatering tot ten minste 50 cm diepte (Gt VII) gewenst.

Infiltratiecapaciteit

Op sportvelden is het belangrijk, dat het regenwater snel wegzakt, om de kans op een te natte toplaag en op plasvorming te beperken. Door tonrondding wordt o.a. getracht regenwater van het zeer intensief betreden middengedeelte van het veld oppervlakkig te laten afstromen naar de zijlijnen, waar de infiltratiecapaciteit groter is. De kans op het ontstaan van ingesloten laagten door ongelijke nazakking wordt door de tonrondding kleiner.

Alleen de klei- en leemarme zandtoplagen hebben bij de gewenste stevigheid een grote infiltratiecapaciteit. Bij toeneming van het lutum- en/of leemgehalte neemt de infiltratiecapaciteit af.

Stevigheid van de toplaag

Beoefenaars van veldsporten dragen veelal schoeisel dat van noppen is voorzien. Wanneer zij zich op maar twee noppen afzetten, kan de druk op de grasmat tot 4 MPa oplopen (Beuving en Van Wijk, 1979). Om bij deze belasting in de winter beschadiging van de zode en vervorming van de bovenste centimeters van de toplaag te voorkomen, moet deze een stevigheid bezitten, die aanzienlijk groter is dan in het voorjaar voor beweiding en berijdbaarheid van grasland nodig is.

Zandige bovengronden kunnen voor de stevigheid van grasland in het voorjaar dezelfde gradatie hebben als venige en kleiige. Aan de gewenste grotere stevigheid voor grassportvelden in de winter kunnen echter alleen zandbovengronden voldoen.

Voor de interpretatie geldt, dat bij gelijke stevigheid de kleiige bovengronden qua infiltratiecapaciteit een of twee gradaties lager worden gewaardeerd. Voor de interpretatie van de venige en veenbovengronden wordt gebruik gemaakt van de profielopbouw (zie hierna).

Vochtleverend vermogen

Om van de grote voordelen van de graszode op sportvelden te profiteren, is het nodig dat deze vitaal blijft, dus niet verdroogt. Een verdroogde graszode biedt weinig weerstand en wordt bij bespeling gemakkelijk stuk gespeeld. De kale plekken zijn gevoelig voor verstuiwing en voor het ontstaan van oneffenheden. De stevigheid in natte toestand en de stabiliteit in droge toestand laten dan vaak te wensen

over. In verband hiermee is het vochtleverend vermogen van de grond belangrijk voor de speelbaarheid.

Reliëf

Voor de meeste takken van sport worden hoge eisen aan de vlakheid van de grond gesteld, in het bijzonder bij hockeyvelden en greens van golfvelden. De egalisatiekosten van reliëfrijke gronden kunnen daardoor belangrijk hoger uitvallen dan die van vlakke gronden. Deze gronden kunnen namelijk zelden op eenvoudige wijze vlak geschoven worden, omdat via de humusarme ondergrond geëgaliseerd dient te worden om de waardevolle humeuze laag boven te kunnen houden.

In hellende gebieden is het mogelijk op de egalisatiekosten te besparen. Met dispensatie van de sportbond kunnen daar velden aangelegd worden met afwijkingen van het horizontale oppervlak. Het hoogteverschil mag maximaal 0,8 meter op de lengteas en 0,4 à 0,5 m op de breedteas bedragen.

In ons land is er slechts een beperkt areaal gronden waar het reliëf een beperkende factor is voor de aanleg van grassportvelden. Daarom is deze factor niet in het schema opgenomen.

Stenigheid

De toplaag van grassportvelden dient vrij te zijn van grind en stenen met het oog op mogelijke verwondingen van vallende spelers, ontoelaatbaar effect op de bal, extra slijtage en defect raken van maaimachines en het gevaar van opspringende stenen bij gebruik van cirkelmaaiers. De oppervlakte gronden waarvoor de stenigheid een beperking kan vormen, is gering. Deze beoordelingsfactor is daarom in het schema buiten beschouwing gebleven.

Profielopbouw

Deze beoordelingsfactor is voor de interpretatie van grassportvelden opgenomen om de venige gronden, de veengronden en de gronden met een veenlaag te kunnen scheiden van de zandgronden. Beide groepen hebben doorgaans zeer uiteenlopende aanleg- en onderhoudskosten. Dit verschil wordt veroorzaakt doordat venige gronden meestal doorsneden zijn door talrijke watergangen, die op zandgronden vaak ontbreken. Gedempte watergangen zakken doorgaans ongelijk na, zodat extra onderhoudskosten nodig zijn.

In de beoordelingstabel worden de venige gronden, de veengronden

en de gronden met een veenlaag met een + aangegeven.

4.5.3.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie voor grassportvelden, gebaseerd op verbeteringsmaatregelen

Op grond van de gradaties in de beoordelingsfactoren ontwateringstoestand, infiltratiecapaciteit, stevigheid van de bovengrond, vochtleverend vermogen en profielopbouw worden de kaarteenheden ingepast in de bodemgeschiktheidsclassificatie voor grassportvelden (zie tabel 64). Deze tabel kan worden gebruikt bij interpretaties van bodemkaarten, schaal 1:50 000 en 1 : 25 000. Voor gebruik bij gedetailleerde bodemkaarten kunnen de middenklassen in onderklassen verdeeld worden door toevoeging van codes voor variaties in de te nemen extra maatregelen bij de aanleg.

Tabel 64. Bodemgeschiktheidsclassificatie voor grassportvelden

Hoofdklasse 1 Gronden waarop zonder of met weinig extra cultuurmaatregelen goed bespeelbare sportvelden zijn aan te leggen.

Middenklasse 1.1 Lage aanlegkosten.

Middenklasse 1.2 Enige verlaging van de GHG nodig; betrekkelijk lage aanlegkosten.

Middenklasse 1.3 Intensieve beregening nodig; tamelijk hoge aanleg- of onderhoudskosten.

Middenklasse 1.4 (Enige) verlaging van de GHG nodig; matig hoge aanlegkosten.

Hoofdklasse 2 Gronden waarop met extra cultuurtechnische maatregelen sportvelden zijn aan te leggen met weinig of geen beperkingen.

Middenklasse 2.1 Enigszins beperkt bespeelbaar, mits zorgvuldig aangelegd en goed onderhouden. Een humeus bezandingsdek(je) en regelmatig dressen zijn nodig; betrekkelijk lage aanlegkosten bij beperkt vochttekort; hoge aanleg- of onderhoudskosten bij groot vochttekort.

Middenklasse 2.2 Enigszins beperkt bespeelbaar, mits zorgvuldig aangelegd en goed onderhouden. Een humeus bezandingsdek(je) en regelmatig dressen zijn nodig; tevens vaak extra maatregelen voor verlaging van de GHG en voor de afvoer van het oppervlaktewater; matig hoge tot hoge aanlegkosten.

Middenklasse 2.3 Goed bespeelbaar. Op deze venige gronden zijn een bezandingsdek en ingrijpende maatregelen voor verlaging van de GHG nodig; hoge aanlegkosten.

Middenklasse 2.4 Enigszins beperkt bespeelbaar, mits zorgvuldig aangelegd en goed onderhouden. Op deze klei- en zware zavelgronden zijn een humeus bezandingsdek(je) en regelmatig dressen nodig, tevens vaak ingrijpende maatregelen voor verlaging van de GHG en voor de afvoer van het oppervlaktewater; hoge tot zeer hoge aanlegkosten.

Hoofdklasse 3 Gronden met weinig mogelijkheden wegens onvoldoende rijping van boven- en/of ondergrond.

Geen onderverdeling in middenklassen.

Hierbij wordt gedacht aan het al dan niet aanwezig zijn van zand in de ondergrond dat bruikbaar is voor een bezandingsdek en het al dan niet aanwezig zijn van de mogelijkheid om de grondwaterstand regelbaar te maken. In tabel 65 wordt een sleutel gepresenteerd die aangeeft hoe combinaties van gradaties in beoordelingsfactoren leiden tot bodemgeschiktheidsklassen. Ter verduidelijking geeft tabel 66 een aantal voorbeelden van inpassing van kaarteenheden in de hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheidsclassificatie, in afhankelijkheid van de gradaties van de beoordelingsfactoren.

Bij bestudering van de tabellen 65 en 66 blijkt, dat alle eenheden met een bovengrond van zware zavel en klei gradatie 3 voor infiltratiecapaciteit hebben gekregen. De omvang van de extra maatregelen die nodig zijn voor de aanleg van grassportvelden op deze gronden is sterk afhankelijk van de structuur en de rijpingstoestand die weer de doorlatendheid bepalen. Naarmate de doorlatendheid geringer is, zijn een dikker bezandingsdek en een intensievere drainage gewenst.

Tabel 65 Sleutel voor vaststelling van hoofd- en middenklassen van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor de aanleg van grassportvelden

Ontwateringstoestand		1	2		3 of 4			5	
Profiel- opbouw	Stevigheid van de toplaag	1	1	2	1	2	3	2	3
	Infil- tra- tie- vermo- cap. gen								
-	1	1, 2 of 3	1.2d1b1	(...)	1.4d2b1	1.4d2b1	(...)	(...)	(...)
	1	4 of 5	1.3d1b2	(...)	1.3d2b2	(...)	(...)	(...)	(...)
+	1	1, 2 of 3	1.4d1b1	1.4d1b1	(...)	1.4d2b1	(...)	(...)	(...)
-	2	1, 2 of 3	2.2d1b1z1	2.2d1b1z1	2.2d2b1z1	2.2d2b1z1	(...)	2.2d2b1z1	(...)
		4 of 5	2.2d1b2z1	(...)	2.2d2b1z1	(...)	(...)	(...)	(...)
+	1	1, 2 of 3	(...)	(...)	(...)	2.3d2b1z2	2.3d2b1z2	2.3d2b1z2	3
-/+	3	1, 2 of 3	2.2d1b1z2	2.2d1b1z2	2.4d2b1z2	2.4d2b1z2	2.4d2b1z2	2.4d2b1z2	(...)

Extra cultuurtechnische maatregelen:

Enige (d1) of ruime (d2) verlagings van de GHG

Incidentele (b1) of intensieve (b2) beregening

Dun (z1) of dik (z2) bezandingsdek

(...) Komt waarschijnlijk niet of slechts in zeer kleine oppervlakten voor

Tabel 66. Voorbeelden van inpassing van kaarteenheden van de bodemkaart 1 : 50 000 in de geschiktheidsklassen voor grassportvelden.

Ontwateringstoestand			1		2		3 of 4			5	
Profiel-opbouw	Stevigheid van de toplaag		1	1	2	1	2	3	2	3	
	Infiltratie-cap.	Vochtvermogen									
-	1	1, 2 of 3	1.1b1 cHn21-VII .EZ21-VII	1.2d1b1 Hn21-VI Zn50A-VI		1.4d2b1 .EZ21-V* cHn21-V* Hn21-V* pZn21-V* Zn50A-II*	1.4d2b1 cHn21-III*-III-V pZg21-III*-III-V Hn21-III*-III-V pZn21-V Zn21-V Hn21-V				
	1	4 of 5	1.3b2 Hn21-VII Zd21-VII	1.3d1b2 Hn21-VI		1.3d2b2 Zn21-V*					
+		1, 2 of 3		1.4d1b1 iVz/c*-IV-VI zW.-IV-VI svW.-IV-VI zV.-IV-VI sV.-IV-VI	(1.4d1b1)		1.4d2b1 iVz/c*-III*-V*-III-V zW.-III*-V*-III-V svW.-III*-V*-III-V zV.-III*-V*-III-V sV.-III*-V*-III-V		(1.4d2b1)		
-	2	1, 2 of 3	2.1b2z1 cHn23-VII .EZ23-VII Mn12A-VII Ld5/6	2.2d1b1z1 .EZ23-VI cHn23-VI Blh5/6 Mn15A/C-VI	(2.2d1b1z1)	2.2d2b1z1 .EZ23-V* cHn23-V* Mn15A/C-V* Rn15A/C-V*	2.2d2b1z1 Hn23-III* cHn23-III* pZg23-III*-V* Mn15A-V		(2.2d1b1z1)		
		4 of 5	2.1b2z1 Hn23-VII	2.2d1b2z1 Hn23-VI		2.2d2b1z1 Zn23-V*-V					
+	1	1, 2 of 3					2.3d2b1z2 Vb-III*	2.3d2b1z2 V.-II vW.-II-III	(2.3d2b1z2)	3 V.-I Wo-I Mo-I	
-/+	3	1, 2 of 3		2.2d1b1z2 Mn22A/C-VI Mn25A/C-VI Mn35A/C-VI Mn45A/C-VI Rn95A/C-VI	2.2d1b1z2 Rn94C-VI pMn86C-VI pMo80-IV	2.4d2b1z2 Mn25A/C-V* Mn35A/C-V* Rn95C-V*	2.4d2b1z2 pV.-III* Wo-III* pMn85C-V* kVc-III* gMn83C-V* Rn47C-V* Rn44C-V*	2.4d2b1z2 pV.-II hV.-II kV.-II Mv41C-II/III Rn44C-III	(2.4d2b1z2)		

(...) Komt waarschijnlijk niet of slechts in zeer kleine oppervlakten voor

4.6 Interpretatie voor kampeerterreinen, speel- en ligweiden

4.6.1 Omschrijving van de gebruiksvorm

Kamperen is een belangrijke vorm van openluchtrecreatie, waarbij de geschiktheid van de grond een grote invloed kan hebben op het plezier dat men eraan beleeft. Waarschijnlijk kan beter worden gesteld, dat de ongeschiktheid van een grond zeer vervelende consequenties kan hebben. Een kampeervakantie kan er letterlijk door in het water vallen.

Vanouds was men redelijk vrij zijn tent op te zetten waar men wilde. Men kon meestal wel een plekje vinden, waar men ook bij zware regenval geen wateroverlast had. Tegenwoordig moet men meestal genoegen nemen met de plaats die men aangeboden krijgt. Door dit intensieve gebruik gaat, zoals we later zullen zien, de kwaliteit van een standplaats meestal achteruit.

Men ziet op kampeerterreinen in het algemeen de volgende ontwikkeling. Op een nieuw terrein of terreingedeelte staan de trekkertenten. Op den duur groeit echter het aantal seizoenplaatsen en worden de tenten vervangen door stacaravans. Meestal nemen dan de eigenaars van de caravans de verzorging van de terreinen rondom de caravans op zich. Ook worden, wanneer dit nodig is, verharde paden aangelegd en grondverbetering toegepast, terwijl vaak ook niet meer kan worden gereden buiten de verharde terreingedeelten. Aldus ontstaan er vaak complexen van tweede woningen. In deze situatie is de bodemgesteldheid minder relevant dan op de toeristische kampeerplaatsen. Waarschijnlijk is er in totaal ongeveer een 10 000 ha kampeerterrein, waarbij er met name duidelijk behoefte bestaat aan uitbreiding van toeristisch kamperen.

In deze beschouwing zullen we ons vooral richten op de geschiktheid voor toeristisch kamperen. Deze gebruiksvorm stelt de hoogste eisen. Bij de aanleg van nieuwe terreinen heeft men meestal deze categorie op het oog.

Bij speel- en ligweiden wordt gedacht aan grasvelden bij openluchtbaden, picknickplaatsen en in parken en plantsoenen, het z.g. gebruiksgroen. Deze terreinen worden minder intensief gebruikt dan sportvelden en kampeerterreinen en dan nog voornamelijk in de zomermaanden onder goede weersomstandigheden. Ze dienen aan dezelfde soort voorwaarden te voldoen als kampeerterreinen, alleen wegen tekortkomingen minder zwaar. Trapvelden komen meer overeen met sportvelden en worden in 4.5 behandeld.

4.6.2 De interpretatie

4.6.2.1 Uitgangspunten en achtergrondveronderstellingen

Het gaat er bij de geschiktheidsbeoordeling niet zo zeer om, hoe bestaande terreinen voldoen als wel op welke gronden men het best nieuwe terreinen kan aanleggen. Welke maatregelen men moet treffen bij de aanleg en hoe men een terrein het best kan inrichten, kan men moeilijk van standaardbodemkaarten afleiden. Wel kan men meestal vaststellen, welke gebieden zich het best lenen voor deze gebruiksvormen, zodat men bij het maken van bestemmings-, structuur- en streekplannen kan vermijden, dat deze terreinen gesitueerd worden op daartoe weinig geschikte plaatsen.

Bij de beoordeling van de geschiktheid van de bodem voor kampeerterreinen, speel- en ligweiden wordt alleen op die bodemfactoren geteld die van belang zijn voor het liggen op en het belopen en berijden van het terrein. Andere facetten die voor een plaatskeuze belangrijk kunnen zijn, zoals landschappelijke ligging, toegankelijkheid en geschiktheid voor opgaande begroeiing, worden buiten beschouwing gelaten.

Voor kampeerterreinen is het vooral belangrijk, dat gedurende het kampeerseizoen geen ernstige wateroverlast optreedt. Er mag geen water in de tenten stromen en na een bui dienen de plassen snel te verdwijnen. Ook is het belangrijk, dat een terrein goed begaanbaar en berijdbaar blijft.

De bovengrond behoort voldoende stevig te zijn en niet te kleverig te worden onder natte omstandigheden. Bovendien wordt een grasmat erg gewaardeerd. Gras is een goede bodembedekker voor kampeerterreinen. Het voorkomt verstuiwen van de grond en vuil worden van de kampeerders en heeft een gunstige invloed op de infiltratiecapaciteit en stevigheid van de bovengrond, doordat het de stabiliteit van de toplaag vergroot.

Om een goede grasmat te krijgen en in stand te houden, dient de grond voldoende doorwortelbaar te zijn en voldoende vocht en voedingsstoffen te kunnen vasthouden. Doordat een kampeerterrein ook onder slechte weersomstandigheden wordt gebruikt en er meestal nog met voertuigen op gereden wordt en tenten vaak lange tijd op een plaats blijven staan, zijn de condities voor de grasmat ongunstig. Een sterke grasgroei wordt overigens ook als negatief ervaren, omdat deze grotere onderhoudskosten vraagt. Een matige grasgroei is het gunstigst.

Voor speel- en ligweiden is vooral een goede grasmat belangrijk. Deze is hier veel gemakkelijker te handhaven dan op kampeerterreinen, omdat er onder natte omstandigheden weinig op gelopen wordt. Voor de aanleg en de handhaving van een grasmat is een grond

nodig die voldoende vocht kan leveren.

Hoewel de eisen voor kampeerterreinen wat zwaarder zijn dan voor speel- en ligweiden, wordt volstaan met één classificatie voor beide gebruiksvormen. Dezelfde beoordelingsfactoren bepalen de geschiktheid. De gronden die goed voldoen voor kampeerterreinen, voldoen ook goed voor speel- en ligweiden; naarmate ze minder geschikt zijn voor de eerste gebruiksvorm, zijn ze dat ook voor de laatste. Alleen geven speel- en ligweiden minder problemen, als zij niet helemaal voldoen. Daarom is het weinig bezwaarlijk een grond met weinig mogelijkheden te bestemmen voor speel- en ligweiden.

4.6.2.2 Beoordelingsfactoren

De volgende beoordelingsfactoren zijn bepalend voor de geschiktheid:

1. ontwateringstoestand,
2. infiltratiecapaciteit,
3. stevigheid van de bovengrond,
4. vochtleverend vermogen.

Naast bovengenoemde beoordelingsfactoren zijn, met name voor kampeerterreinen, nog een tweetal bodemeigenschappen van belang: de groeikracht en de zwaarte van de bovengrond. Zij worden eveneens in deze paragraaf behandeld.

Ontwateringstoestand (zie ook 3.1)

Om te voorkomen dat er wateroverlast optreedt, is een matige diepe tot diepe ontwateringstoestand ($\text{GHG} > 25 \text{ cm} - \text{mv.}$) gewenst. Wanneer hieraan wordt voldaan, zal er geen wateroverlast in de zomer optreden ten gevolge van een te geringe waterberging. Een diepe ontwatering heeft ook een gunstige invloed op de stevigheid en de infiltratiecapaciteit van de bovengrond.

Bij buitendijks gelegen gronden kan ook de overstromingskans bij de beoordeling betrokken worden.

Vochtleverend vermogen (zie ook 3.2)

Voor een grasmat is een matig tot groot vochtleverend vermogen gewenst. Bij onvoldoende vochtvoorziening zal de grasmat op den duur verdwijnen, hetgeen verstuiwing of structuurverval van de bovengrond tot gevolg heeft. Door dit laatste gaat ook de infiltratiecapaciteit achteruit.

Infiltratiecapaciteit (zie ook 3.4)

Samen met de ontwateringstoestand bepaalt de infiltratiecapaciteit het optreden van plasvorming. Aan de infiltratiecapaciteit worden vooral voor kampeerterreinen hoge eisen gesteld. De grond wordt onder natte omstandigheden intensief belopen en bereden. Als gevolg daarvan gaat de infiltratiecapaciteit achteruit. De hinder die men van plasvorming heeft, is op kampeerterreinen groot.

Wanneer de infiltratiecapaciteit te gering is, zal men de terreingedeelten die intensief worden belopen of bereden, bezanden of verharderen. Om er zeker van te zijn dat de tentplaatsen niet onder water komen te staan, dient men deze zo nodig enigszins op te hogen. Door het geven van enige tonrondte kan het water via oppervlakkige afstroming naar plantstroken of greppels worden gevoerd. Vaak hebben deze gronden als gras- of bouwland al een enigszins ronde ligging. Bij de aanleg van het kampeerterrein zal men dan zoveel mogelijk de bestaande maai-veldligging moeten handhaven.

Stevigheid van de bovengrond (zie ook 3.6)

Hoewel de stevigheid van de bovengrond in de zomer bij een goede ontwatering niet snel onvoldoende zal zijn, kan in het voorjaar, wanneer de bovengrond nog met water verzadigd is, de draagkracht onvoldoende zijn. Dan is het nodig kunstmatig verharde wegen aan te leggen. Met name op kleigronden kan bij gebruik onder ongunstige omstandigheden versmering optreden. Bij opdrogen ontstaat dan een hinderlijk, hard bobbelig oppervlak.

Reliëf (zie ook 3.12)

Macroreliëf wordt voor kampeerterreinen als hinderlijk ervaren. Als de helling groter is dan 3%, zullen terrassen moeten worden aangelegd (Kerstens en Loos, 1971). Mesoreliëf kan problemen opleveren. Meestal zijn percelen in het verleden bol gelegd vanwege een slechte infiltratiecapaciteit van de bovengrond. Het verdient dan aanbeveling dit reliëf te handhaven. Is de bolle ligging alleen een gevolg van een slechte ontwateringstoestand veroorzaakt door een te hoog grondwater-niveau, dan levert egalisatie meestal geen problemen op.

Naast de vier bovengenoemde beoordelingsfactoren, die bepalend zijn voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling, worden hier nog twee eigenschappen van de grond behandeld die van belang zijn voor kampeerterreinen.

Gronden met een hoog lutumgehalte, de kleigronden, zijn in natte toestand zeer kleverig en glibberig. Het vochtige bodemmateriaal blijft gemakkelijk aan lichaam en kleren kleven. In droge omstandigheden zijn deze gronden erg hard. De sporen en richels die in natte toestand zijn ontstaan, zijn extra hinderlijk als de grond is opgedroogd. Naarmate het lutumgehalte hoger en het humusgehalte lager is, heeft men meer last van deze hardheid en kleverigheid.

In gronden waar de graswortels gemakkelijk vocht kunnen opnemen en voldoende voedingsstoffen aanwezig zijn, is de grasgroei te weelderig voor kampeerterreinen. Dit vereist vooral in de maanden mei en juni veel onderhoud. Bovendien verstikt welig groeiend gras vlug onder tenten. Er ontstaan dan erg kwetsbare plekken in de grasmat, die bij berijden onder natte omstandigheden snel beschadigd worden. Men heeft vooral last van deze te sterke grasgroei bij veengronden en moerige gronden met een groot vochtleverend vermogen.

4.6.2.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie

Er is een hoofdindeling in drieën gemaakt. Deze is enerzijds gebaseerd op de mate waarin de gronden zonder ingrijpende cultuurtechnische maatregelen voldoen en anderzijds op de kosten die verbonden zijn aan het eventueel opheffen van de beperkingen (zie tabel 67). Voorts wordt in tabel 68 aangegeven, hoe de verschillende combinaties van gradaties in beoordelingsfactoren tot geschiktheidsklassen leiden.

Tabel 67 Bodemgeschiktheidsclassificatie voor kampeerterreinen, speel- en ligweiden
in hoofd- en middenklassen

Hoofdklasse 1 Gronden met ruime mogelijkheden voor kampeerterreinen, speel- en ligweiden (gronden die zonder extra cultuurtechnische maatregelen in gebruik kunnen worden genomen en geen extra onderhoud vergen)

Middenklasse 1.1 Gronden zonder noemenswaardige beperkingen.

Middenklasse 1.2 Gronden met een matige ontwatering of met een vrij gering vochtleverend vermogen.

Hoofdklasse 2 Gronden met beperkte mogelijkheden voor kampeerterreinen, speel- en ligweiden (a. gronden die vrij hinderlijke beperkingen hebben, maar waarvan het opheffen niet al te moeilijk is, b. gronden die niet helemaal ideaal zijn, maar die moeilijk zijn te verbeteren, terwijl ze zonder deze verbeteringen toch nog redelijk geschikt zijn).

Middenklasse 2.1 Gronden met een matige infiltratiecapaciteit.

Middenklasse 2.2 Gronden die óf een matige stevigheid óf een zeer gering vochtleverend vermogen óf een matige ontwatering gecombineerd met een matige infiltratiecapaciteit hebben.

Hoofdklasse 3 Gronden met weinig mogelijkheden voor kampeerterreinen, speel- en ligweiden (gronden met zodanige beperkingen, dat ze voor kampeerterreinen niet zonder ingrijpende cultuurtechnische maatregelen kunnen worden gebruikt; voor speel- en ligweiden zijn de mogelijkheden beperkt)

Middenklasse 3.1 Gronden met een vrij geringe ontwatering, maar met een zodanige bovengrond, dat na verbetering voor de ontwatering de infiltratiecapaciteit en stevigheid zodanig is, dat deze gronden in hoofdklasse 1 komen.

Middenklasse 3.2 Gronden met een geringe infiltratiecapaciteit en gronden met een geringe ontwatering in combinatie met een matige infiltratiecapaciteit.

Middenklasse 3.3 Gronden met een geringe stevigheid.

De middenklassen kunnen worden verdeeld in onderklassen. In de onderklassen wordt de aard van de belangrijkste beperking(en) met een letter aangegeven, bijvoorbeeld:

2.2d de stevigheid van de bovengrond is de dominante beperking,

2.2v het vochtleverend vermogen maakt de grond minder geschikt,

2.2id de infiltratiecapaciteit en de stevigheid van de bovengrond werken beide beperkend.

Tabel 68 Sleutel voor vaststelling van hoofd- en middenklassen van bodemgeschiktheidsclassificatie voor kampeerterreinen, speel- en ligweiden.

Ontwateringstoestand		1 of 2		3		4		5	
Vocht- leverend vermo- gen	Stevigheid van de bovengrond	1	2	1	2	1+2	3	2	3
	Infiltratie cap.								
1 of 2	1	1.1	2.2	1.2	2.2	3.1	3.3	3.1	3.3
	2	2.1	2.2	2.2	2.2	3.2	3.3	3.2	3.3
	3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.3	3.2	3.3
3	1	1.1	2.2	1.2	2.2	3.1	(...)	(...)	(...)
	2	2.1	2.2	2.2	2.2	3.2	(...)	(...)	(...)
	3	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	(...)	(...)	(...)
4	1	1.2	(...)	1.2	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
	2	2.2	(...)	(2.2)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)
5	—	2.2	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)

(...) Komt waarschijnlijk niet of in zeer kleine oppervlakten voor

LITERATUUR

- Aandahl, A.R., 1958. Soil Survey Interpretation, theory and purpose. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 22, 1, p. 152-154.
- Akkers, B.P., 1977. Een databank voor de landinrichting. Technisch Wetenschappelijk Rekencentrum van de Landinrichtingsdienst, Utrecht.
- Aiberda, Th., 1968. Maximale grasproductie. Stikstof band 5, nr. 60: 538-545.
- Albers, H.T.M.P., 1978. Een onderzoek naar de verslemping van zeekleigronden. Rapport. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Albers, H.T.M.P., J.U. Hielkema, H.A. Krul and H.A.J. van Lanen, 1975a. A comparative study of some west european land classification systems. Publ. no. 599, (mimeographed report). Agricultural University, Wageningen.
- Albers, H.T.M.P., H.A. Krul and H.A.J. van Lanen, 1975b. Some existing west european land classification systems compared with recent FAO-standards. Publ. no. 600 (mimeographed report). Agricultural University, Wageningen.
- Anonymus, 1971. De Nederlandse Bosstatistiek 1964-1968. Centraal Bureau voor de Statistiek in samenwerking met het Staatsbosbeheer. Staatsuitgeverij 's-Gravenhage.
- Anonymus, 1975. Rapport van de Commissie Onderzoek Beheer. Terreinen Staatsbosbeheer (Commissie Kamfraat). Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Anonymus, 1977. Structuurvisie op het bos en de bosbouw, Ministerie van Landbouw en Visserij. Staatsuitgeverij 's-Gravenhage.
- Bakker, G. de, 1950. De bodemgesteldheid van enkele Zuid-Bevelandse polders en hun geschiktheid voor de fruitteelt. De Bodemkartering van Nederland dl. VI; Versl. Landbouwk. Onderz. 56.14.
- Bakker, H. de en J. Schelling, 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. PUDOC, Wageningen.
- Bannink, J.F., 1975. Determinatietabel voor de vegetatietypen in naaldboutbossen, loofhoutbossen en gemengde bossen en een praktische indeling van heidevegetatie. Interne Mededeling no. 35. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Bannink, J.F., H.N. Leys en I.S. Zonneveld, 1968. Vegetatietypen in Nederlandse naaldboutbossen. Stencil no. 4343. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Bannink, J.F., H.N. Leys en I.S. Zonneveld, 1973. Vegetatie, groeiplaats en boniteit in Nederlandse naaldboutbossen. Bodemkundige Studies no. 9. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

- Beek, K.J., 1978. Land evaluation for agricultural development: Publ. no. 23. Intern. Inst. for Landreclamation and Improvement, Wageningen.
- Beek, K.J., 1977. The selection of soil properties and land qualities relevant to specific land uses in developing countries. In: Soil Resources Inventories Proceedings of a workshop hold at Cornell University, April 1977. Ithaca, New York.
- Beers, W.F.J. van, 1958. The auger hole method. Bulletin no. 1. Intern. Inst. for Landreclamation and Improvement, Wageningen.
- Berg, J. van den, 1975. Vochtleverantie van bosgronden en de groei van de Japanse lariks op veldpodzolgronden. Ned. Bosbouw Tijdschr. 47 6, p. 159-163.
- Berger, E.P., 1977. De eigendomsstructuur van het Nederlandse bos. De Houtwereld, 5 april 1978 (31) 7.
- Bibby, J.S. and D. Mackney, 1969. Land use capability classification. The Soil Survey, Technical Monograph no. 1, Harpenden.
- Boekel, P., 1965. Karakterisering van de slempigheid van zavelgronden door de bepaling van de consistentie. Landbouwkundig Tijdschr. 77, 7, p. 306-311.
- Boekel, P. 1972. Factoren die van invloed zijn op de structuur van de grond. In: De Bodemkunde in de Moderne Land- en Tuinbouw. Voordrachten gehouden op de 28e B-leergang, april 1972, p. 12-22. Ministerie van Landb. en Visserij - Directie Landbouwonderwijs.
- Boekel, P., 1974. De betekenis van de ontwatering voor de bodemstructuur op zavel- en lichte kleigronden en de financiële consequenties daarvan. Bedrijfsontwikkeling 5, 10, p. 875-880.
- Boels, D. en G.P. Wind., 1975a. Oogstproblemen in het najaar van 1974 in verband met onvolkomenheden in bodem- en ontwateringstoestand. Cultuurtechn. Tijdschr. 14, 6, p. 225-236.
- Boels, D. en G.P. Wind, 1975b. Enkele cultuurtechnische aspecten van de oogstproblemen in 1974. Landbouwkundig Tijdschr. 87, 4, p. 96-100.
- Boone, F.R., J. Bouma and L.A.H. de Smet, 1978. A case study on the effect of different soil management on potatogrowth in a loamy sand soil. I. Physical measurements. Neth. Journal Agr. Sci. 26: 421-429.
- Bos, J. van den en L. Oldenkamp. De bosbouw in een samenleving. Ned. Bosb. Tijdschrift 50, 1/2: 3-13.
- Bouma, J., 1977. Soil survey and the study of water in unsaturated soil. Soil Survey Papers No. 13. Netherlands Soil Survey Institute, Wageningen.

- Bouma, J. (ed.), 1979. Overzichtskaarten met betrekking tot een aantal aspecten van de waterhuishouding in Gelderland. Rapport nr. 1434. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen. Basisrapport Comm. Best. Waterhuish. Gld.
- Bouma, J. and L.W. Dekker, 1976. The vertical hydraulic conductivity at saturation of some dutch "knik" clay soils. *Agric. Water Management*, 1, 67-69.
- Bouma, J. en L.W. Dekker, 1978a. Infiltratiepatronen van water bij het beregenen van komkleigrasland. *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 18, 2: 88-96.
- Bouma, J. and L.W. Dekker, 1978b. A case study on infiltration into dry clay soil. I. Morphological observations. *Geoderma* 20: 27-40.
- Bouma, J., L.W. Dekker and J.H.M. Wösten, 1978c. A case study on infiltration into dry clay soil. II Physical measurements. *Geoderma* 20: 41-51.
- Bouma, J., L.W. Dekker and J.C.F.M. Haans, 1979. Drainability of some dutch clay soils; a case study of soil survey interpretation. *Geoderma* (in press).
- Brinkman, R. and A.J. Smyth (eds.), 1973. Land evaluation for rural purposes. Summary of an expert consultation, Wageningen, 1972. Publ. no. 17. Intern. Inst. for Landreclamation and Improvement, Wageningen.
- Brook, R.H., 1975. Soil Survey Interpretation. An annotated Bibliography. Intern. Inst. for Landreclamation and Improvement, Wageningen.
- Brouwer, R. and P.J. Claes, 1961. The influence of the pF of sandy soil and clay soil on leaf growth of young barley seedlings *Jaarboek IBS.*: 25-27.
- Bruggenwert, M.G.M., A.R.P. Janse en F.F.R. Koenigs, 1966. *Algemene Bodemkunde; Handleiding Kandidaatspraktikum*. Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Buol, S.W., F.D. Hole and R.J.Mc. Cracken, 1973. Soil Genesis and classification. Ames, Iowa.
- Burck, P. du, 1957. Een bodemkartering van het tuinbouwdistrict Geestmerambacht. Versl. Landbouwk. Onderz. nr. 63-3.
- Burg, J. van den, J.L. Guldemonnd en J.P. Peters, 1973. De minerale voedingstoestand van loofbomen op depot en andere voor de bosbouw onbekende gronden. *Ned. Bosb. Tijdschrift*. 45, 7/8: 221-230.
- Butijn, J., 1961. Bodembehandeling in de fruitteelt. Versl. Landbouwk. Onderz. nr. 66.7.

- Cate, J.A.M. ten en G.C. Maarleveld, 1977. Geomorfologische kaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Toelichting op de legenda. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen/Rijks Geologische Dienst, Haarlem.
- Cie. Onderzoek Biologische Landbouwmethoden, 1976. Alternatieve landbouwmethoden. PUDOC, Wageningen.
- Cnossen, J., P. van der Sluijs en L.A.H. de Smet, 1966. Een vergelijking tussen het noordelijke en het zuidwestelijke zeekleigebied. Boor en Spade XV, p. 94-109.
- Cosijn, R. en H. van der Lans, 1978. Bossen, bosbouw en natuurbelief. Ned. Bosb. Tijdschrift 50, 1/2: 13-22.
- Dam, J.G.C. van, 1962. Aspects of soil suitability research in horticulture. Proc. XVIth Intern. Hortic. Congr. Vol. II: 221-239.
- Dam, J.G.C., van, 1973. Bodemgeschiktheidsonderzoek in het bijzonder bij asperges, appels en stooktomaten. Bodemkundige Studies 10. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Dam, J.G.C. van, 1975. Bodemgeschiktheidsonderzoek in de aspergeteelt. Bedrijfsontwikkeling 6, 9: 771-778.
- Dam, J.G.C. van en J.A. Hulshof, 1960. Bodemkundig rapport behorende bij de globale bodemgeschiktheids- en tuinbouwkaart van Limburg. Directie van de Landbouw, afd. Tuinbouw, 's-Gravenhage.
- Dam, J.G.C. van en J.A. Hulshof, 1967. De penetrometer als instrument voor het onderzoek naar de geschiktheid van de grond voor de aspergeteelt. Med.Dir.Tuinb. 30, 5: 186-190.
- Dawson, J.O., D.W. Countryman and R.R. Fittin, 1978. Soil and vegetative patterns in north-eastern Iowa campgrounds. Journal of Soil and Water Conserv. 15, 39-41.
- Dekker, L.W. en J. Bouma, 1976. De verticale verzadigde doorlatendheid van enige gronden met een pikkleilaag in de omgeving van Schagen. Rapport nr. 1274. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Dekker, L.W. en J. Bouma, 1978. Relaties tussen de verticale verzadigde doorlatendheid van enige komkleigronden en het voorkomen van plasvorming. Cultuurtechn. Tijdschrift 18, 3: 126-142.
- Dekker, L.W. en J. Bouma, 1978. De invloed van drainage en verbeterde ontwatering op de verticale verzadigde doorlatendheid van komklei- en knipkleigronden. Rapport nr. 1416. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Domhof, J., J.C.F.M. Haans en M. Knibbe, 1965. Het meten van grondwaterstanden in gronden met slecht doorlatende lagen. Boor en Spade XIV, p. 151-163. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

- Duijn, R.H.A. van, 1965. Over de invloed van grondbewerking op het transport van warmte, lucht en water in de grond. Versl. Landbouwk. Onderz. nr. 62.7, Den Haag.
- Edelman, C.H., 1953. De geschiktheid van gronden voor de tuinbouw en enige verwante bodemkundige vraagstukken in Nederland. Boor en Spade VI, P. 155-171. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Egmond, Th. van, 1973. Vegetatie en draagkracht van grasland op veengronden en eerdgronden in Noord-Holland. Interne Mededeling nr. 21, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Ente, P.J., 1963. Een bodemkartering van het tuinbouwcentrum "De Streek" Versl. Landbouwk. Onderz. 68.16.
- FAO, 1974. Approaches to land classificatie. Soils Bulletin, no. 22, FAO, Roma.
- FAO, 1975. Land evaluation in Europe. Soils Bulletin no. 29, FAO, Roma.
- FAO, 1976. A framework for land evaluation. Soils Bulletin no. 32, FAO, Roma.
- Feddes, R.A., 1971. Water, heat and crop growth. Thesis Communication Agric. Univ., Wageningen.
- Gibbons, F.R. and J.C.F.M. Haans, 1976. Dutch and Victorian approaches to land appraisal. Soil Survey Papers, no. 11. Netherlands Soil Survey Institute, Wageningen.
- Gordon Steele, J., 1967. Soil survey interpretation and its use. Soils Bulletin no. 8, FAO, Roma.
- Goor, C.P. van, 1971. Mogelijkheden voor de bosbouw op grond van de bodemgeschiktheid. Nederlands Bosbouw tijdschrift april '71 (extra nummers).
- Guldemon, J.L., K.R. van Lynden en W.H. van der Molen, 1968. De bosbouwkundige mogelijkheden in de duinen. Ned. Bosb. Tijdschrift 40, 11: 409-411.
- Haans, J.C.F.M., 1975. Soil Survey interpretation in the Netherlands. Stencil nr. 5964, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Haans, J.C.F.M. en J.M.M.Th. Houben, 1967. De bodemgeschiktheidsbeoordeling voor akker- en weidebouw bij de kaartbladenkartering 1 : 50 000. Stencil nr. 4283. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Haans, J.C.F.M. and K.R. van Lynden, 1978. Assessment factors as an aid for interpreting soil surveys. Abstracts for Papers presented at Commission Sessions, vol. 1, p.71. 11th Intern. Congr. of Soil Sci., Edmonton, Alberta.
- Haans, J.C.F.M. en P. van der Sluijs, 1970. Water- en luchthuishouding van de grond. In: Bodemkunde, Cursus voor opleiding van Landbouwkundig personeel van het Min. van Landbouw en Visserij, Deel 1, p. 106-172.

- Haans, J.C.F.M en G.A. van Soesbergen, 1977. Bodemkundig-hydrologische inventarisatie. Rapport nr. 1266. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Heesen, H.C. van, 1970. Presentation of the seasonal fluctuation of the watertable on soil maps. *Geoderma* 4, p. 257-278.
- Heesen, H.C. van, 1971. De weergave van de grondwaterstandsverloop op bodemkaarten. *Boor en Spade* 17, p. 127-149.
- Heesen, H.C. van en P. van der Sluijs, 1974. De vochtleverantie van een grond aan het gewas. Interne Mededeling nr. 29, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Henkens, C.H., 1976. Hoger humusgehalte een moeilijke zaak. *Bedrijfsontwikkeling* 7, 1: 51-53.
- Heybroek, H.M., 1978. Het gelijk en ongelijk van Kritisch Bosbeheer. *Ned. Bosb. Tijdschrift* 50, 4: 94-101.
- Heijden, K. van der, J. Wesselink, 1976. Groeiplaatsbeoordeling en boniteit (een toetsing van de nieuwe bodemgeschiktheidsbeoordeling voor de bosbouw. (Afstudeer opdracht voor de studie bosbouw aan de Hogere Bosbouw en Cultuurtechnische School te Velp).
- Hoorn, J.W. van, 1960. Grondwaterstroming in komgrond en de bepaling van enige hydrologische grootheden in verband met het ontwateringssysteem. Versl. Landbouwk. Onderz. nr. 66.10, Pudoc, Wageningen.
- Houben, J.M.M.Th., 1977. Hoe diep mag in dekzandgronden de grondwaterstand zijn? *De Buffer* 23, 5, p. 115-123.
- Houben, J.M.M.Th., 1979. Bodemgesteldheid en diepte van beworteling. Rapport nr. 1459. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Hulshof, J.A. en Ch.Th. Schlangen, 1974. Invloed van diepe grond bewerking op de teelt van asperges en podzolgronden. Rapport nr. 1193. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Jansen, J.J., 1972. Een onderzoek naar de groei van de *Pinus sylvestris* in relatie tot vegetatie en bodem in de boswachterij Gortel (NO-Veluwe). (Verslag van een onderzoek verricht in het kader van de doctoraalstudie aan de Landbouwhogeschool te Wageningen voor de vakken Houtteelt en Vegetatiekunde).
- Jongnerius, A., 1970. Some morphological aspects of regrouping phenomena in dutch soils. *Geoderma* 4, 3, p. 311-331.
- Jongnerius, A., 1972. Morfologische aspecten van structuurverval onder invloed van landbouwcultuur. In: *De Bodemkunde in de Moderne Land- en Tuinbouw. Voordrachten gehouden op de 28e B-Leergang, april 1972, p. 180-215. Minist. van Landb. en Visserij Directie Landbouwonderwijs.*

- Kellogg, Ch.E., 1961. Soil interpretation in the soil survey.
Mimeographed Report. United States Department of Agriculture.
Soil Conservation Service.
- Kellogg, Ch.E., 1962. Soil Surveys for use. In: Transactions Int.
Soils Conf., Wellington, New Zealand, p. 529-535.
- Kerstens, A.P.C., en P. Loos, 1971. Kampeerterreinen. Rapport 2,
Werkgroep inrichting recreatieobjecten in de open lucht.
- Klaar, L.E.M., 1966. Bodem en grasmat van sportvelden, betreding van
gazons, speelweiden en kampeerterreinen. Grontmij.
- Klimaatatlas van Nederland, 1972. Koninklijk Nederlands Meteorologisch
Instituut. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Klingebiel, A.A. and P.H. Montgomery, 1966. Land capability classifi-
cation. Agric. Handbook no. 210, U.S. Government Printing
Office, Washington D.C.
- Klooster, J.J. en W.F. Frederiks, 1978. Graslandverbetering. In: Jaar-
verslag Instituut Mechanisatie Arbeid en Gebouwen, p. 25-26.
- Knaap, W.C.A., van der, 1969. Opbrengstderving bij tulpen door plan-
ten op ongelijke en te grote diepte. Weekblad voor bloembol-
lencultuur 80, 216: 367-368.
- Knaap, W.C.A., van der, 1977. De invloed van grond en grondwaterstand
op de teeltresultaten van de grootbloemige kasroos "Baccara".
Bedrijfsontwikkeling 8, 11: 1069-1074.
- Knaap, W.C.A. van der, 1973. Grondwaterstandsbuizen en grondboor toe-
gepast bij teelten onder glas. Bedrijfsontwikkeling 4, 7/8:
719-721.
- Knaap, W.C.A. van der, 1978. Grassportvelden met een duinzandboven-
grond in Den Haag en omstreken. Rapport nr. 1404. Stichting
voor Bodemkartering, Wageningen (in voorbereiding).
- Kool, H., 1976. Onderzoek ten behoeve van de nieuwe bodemgeschikt-
heidsbeoordeling voor de bosbouw. Stencil nr. 6118. Stichting
voor Bodemkartering.
- Krabbenborg, A.J. en P. van der Sluijs, 1976. Standaard pF-gegevens
van dekzandgronden, Cultuurtechnisch Tijdschrift 15, p.
219-299.
- Landbouwatlas van Nederland, 1959. Ministerie van Landbouw, Visserij
en Voedselvoorziening, Zwolle.
- Landbouwcijfers, 1977. Landbouw-Economisch Instituut. Centraal
Bureau voor de Statistiek, Den Haag.
- Lenten, B., C. de Vaan en W. Vons, 1978. Bodemgeschiktheidsbeoorde-
ling "Toetsingsonderzoek van het beoordelingssysteem van de
Stichting voor Bodemkartering". (Afstudeeropdracht voor de
studie bosbouw aan de Hogere Bosbouw en Cultuurtechnische
School te Velp).

- LEI, 1972, Jaarverslag 1972 van het Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag.
- Leijster, W. de, 1978. Het Nederlands bosbouwbeleid en Kritisch Bosbeheer. Ned. Bosb. Tijdschrift 50, 4: 91-94.
- Liefsting, G. en A. van der Schaaf, 1976. Bouwplanvernaauwing leidt tot gevaar voor bedrijfshygiëne en kans op oogstdepressies. Bedrijfsontwikkeling 7, 9: 680-682.
- Liere, W.J. van, 1948. De bodemgesteldheid van het Westland. De Bodemkartering van Nederland, dl. II, Versl. Landbouwk. Onderz. 54.6.
- Loon, C.H. van and J. Bouma, 1978. A case study on the effect of different soil management on potato growth in a loamy sand soil. II. Potato growth. Neth. Journal of Agr. Sci. (in voorbereiding).
- Lynden, K.R. van, 1966. Indeling van gronden naar hun geschiktheid voor de bosbouw. Ned. Bosb. Tijdschr. 38, p. 280-291.
- Lynden, K.R. van, 1967. Het veldbodembkundig onderzoek voor de bosbouw. In: Bodemkartering; Een kwarteeuw onderzoek met boor en spade: 58-62. Wageningen.
- Lynden, K.R. van, 1967. De houtsoortenkeuze in verband met de bodem. Ned. Bosb. Tijdschrift (Bosbouw) 39, 1: 3-22.
- Lynden, K.R. van, 1977. De bodemgeschiktheid voor bosbouw. Ned. Bosb. Tijdschrift 49, 2: 89-92.
- Lynden, K.R. van, J.L. Guldemonnd en W.H. van der Molen, 1969. Bosbouwkundige mogelijkheden op veengronden. Ned. Bosb. Tijdschrift 41, 11: 403-408.
- Lumkes, L.M., 1976. Grondbewerking bij teeltintensivering in de akkerbouw. Landbouwk. Tijdschr. 88, 6: 187-195.
- Maaren, A. van, 1978. Is bosbeheer overbodig? Ned. Bosb. Tijdschrift 50, 1/2: 22-27.
- M.A.F.F., 1974. Land Capability Classification. Technical Bull. 30, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, London.
- Maris, A., 1976. Modernisering van de Landbouw: waarom en waarheen? Bedrijfsontwikkeling, 7, 9, p. 601-611.
- Miedema, R.P.H., 1951. Stuivende gronden in Nederland. Min. van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening.
- Meer, K. van der, 1952. De bloembollenstreek. Versl. Landbouwk. Onderz. no. 58.2.
- Meiden, H.A. van der, 1978. Mens, bos en hout. Ned. Bosb. Tijdschrift 50, 4: 87-91.
- Ministerie van Landbouw en Visserij, 1976. Takvisie Akkerbouw, 1975-1980.

- Muntjewerf, P.C., 1974. Ontwikkelingen in de Nederlandse akkerbouw. *Bedrijfsontwikkeling* 5, 9: 775.
- Naarding, W.H., et al., 1970. Samenstelling en gebruik van bodemkaarten ten behoeve van cultuurtechnische werken. *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 10, 2, p. 54-92.
- Olson, G.W., 1974. Interpretive land classification in english-speaking countries. In: *Approaches to land classification*, FAO Soils Bulletin no. 22, p. 1-26, Roma.
- Paas, W. und T.C. Teunissen van Manen, 1975. Bodenkarte von Nordrhein-Westfalen 1 : 50 000, Blatt L 4502 Geldern. Geologisches Landesamt Nordrhein-Westfalen, Krefeld.
- Perdok, U.D., 1976. Bewerkbaarheid en berijdbaarheid van de grond. *Landbouwk. Tijdschrift* 88, 6, p. 173-178.
- Perdok, U.D., P. Boekel en J. Jorritsma, 1974. Het grondbewerkingsadvies voor suikerbieten. *Bedrijfsontwikkeling* 5, 10, p. 861-868.
- Perdok, U.D. en T. Tanis, 1975. Onderzoek naar het aantal werkbare dagen voor de voorjaarsgrondbewerking. *Bedrijfsontwikkeling* 6, 7/8, p. 633-635.
- Piël, C. 1978. Filosofie Staatsbosbeheer strijdig met werkelijke meervoudige doelstelling. *Ned. Bosb. Tijdschrift* 50. 4: 78-81.
- Pons, L.J. en M.F. van Oosten, 1974. De Bodem van Noordholland. Toelichting bij blad 5 van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 200 000. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Posthuma, H., 1974. Wortelonderzoek bij de Japanse lariks. Stage opdracht in het kader van de studie aan de Hogere Bosbouw en Cultuurtechnische School te Arnhem. Rapport no. 1178 Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Preuter, H., 1977. Ontwikkeling in areaal en opbrengsten in de akkerbouw. Intern Verslag nr. 13, PAGV, Lelystad.
- Riquier, J., 1974. A summary of parametric methods of soil and land evaluation. In: *Approaches to land classification*, FAO Soils Bulletin no. 22, p. 47-54, Roma.
- Rijtema, P.E., 1969. Soil moisture forecasting, Nota 513. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.

- Scharringa, M., z.j. Nachtvorst. Staatsdrukkerij en Uitgeverijbedrijf, Den Haag.
- Schelling, J., 1955. Stuifzandgronden. Uitvoerige verslagen van het Bosbouwproefstation TNO Band 2, Verslag no. 1.
- Schelling, J., 1960. De hoge bosgronden van Midden-Nederland. Bodemkundige Studies nr. 5, Wageningen.
- Schoenfeld, P.H. en A.W. Waenink, 1974. Een onderzoek naar de groeiplaatseisen van de fijnspar (*Picea Abies* (L.) Karst.) in Nederland. Intern rapport no. 60, Stichting Bosbouwproefstation "De Dorschkamp", Wageningen in samenwerking met de Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Schothorst, C.J., 1963. Beweidingsverliezen op diverse graslandgronden. Landbouwk. Tijdschrift, 75, 15, p. 869-878.
- Schothorst, C.J., 1970. De draagkracht van graslandgronden. In: Bodemkunde, Cursus voor Opleiding van landbouwkundig personeel van het Min. van Landbouw en Visserij, deel 3, p. 745-769.
- Segeren, W.A. en W. Sprokholt, 1968. De waterhuishouding van kampeerterreinen. Cultuurtechnisch Tijdschrift 8, nr. 2: 45-59.
- Sluiman, W.J., 1974. Een statistisch onderzoek naar het verbruik van stikstofmeststoffen op akkerbouwgewassen. Stikstof 7: 151-160.
- Sluijs, P. van der, 1972. Vochtleverantie en beworteling van de grond. In: De Bodemkunde in de moderne land- en tuinbouw. Voordrachten gehouden op de 28e B-leergang, april 1972, p. 157-180. Ministerie van Landbouw en Visserij, Directie Landbouwonderwijs.
- Sluijs, P. van der en Th. van Egmond, 1976a. Facetten van grondwatertrappen in zandgronden. Rapport nr. 1329. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Sluijs, P. van der en Th. van Egmond, 1976b. De grondwatertrappen op de bodemkaart van Nederland. Polytechn. Tijdschr., Ed. Bouwkunde, Wegen- en Waterbouw, 31, p. 628-633.
- Sluijs, P. van der en Th. van Egmond, 1979. Graslandonderzoek in de Lopikerwaard. Rapport, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen (in voorbereiding).
- Sluijs, P. van der en J.M.M.Th. Houben, 1978. Bewortelbaarheid van grond. Landbouwk. Tijdschrift 90, 9, p. 340-344.
- Smet, L.A.H. de, 1962. Het Dollardgebied. De Bodemkartering van Nederland deel XX. Versl. Landbouwk. Onderz. 67.16.

- Smet, L.A.H. de, 1969. De Groninger Veenkoloniën (Westelijk deel). Bodemkundige en landbouwkundige onderzoeken in het kader van de bodemkartering. Versl. Landbouwk. Onderz. 722, Wageningen.
- Soil Resources Inventories, 1977. Proceedings of a workshop held at Cornell University, April 1977. Ithaca, New York.
- Soil Survey Staff, 1951. Soil Survey Manual, U.S.D.A., Washington.
- Sonneveld, F., 1958. Bodemkartering en daarop afgestemde landbouwkundige onderzoeken in het Land van Heusden en Altena. De Bodemkartering van Nederland deel XVIII. Versl. Landbouwk. Onderz. 64.4.
- Spek, J. van der, 1950. Stuivende mariene gronden. Den Haag.
- Stapelveld, E., 1956. De bodemvegetatie van lariksbossen in Drenthe. Biologisch jaarboek no. 23.
- Steenbergen, F. van, 1967. Bruto-opbrengstbepaling op grasland. Mededeling 136. Proefstation voor de Akker- en Weidebouw, Wageningen.
- Steenbergen, F. van, 1977. Invloed van grondsoort en jaar op het effect van stikstofbemesting op de graslandopbrengst. Stikstof, nr. 85, p. 9-15.
- Stewart, G.A. ed., 1968. Land Evaluation. Canberra, Australia.
- Stichting voor Bodemkartering, 1978. Handleiding voor de Karteringen. Stencil 6277. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Stichting voor Bodemkartering, 1964-19.. Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, in bladen. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Stoffelsen, G.H., J.R. Mulder en J.A. v.d. Hurk, 1977. Ruilverkavelingsgebied Waterland Oost. Bodemgesteldheid en bodemgeschiktheid. Deel I. Rapport nr. 1271. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Stoffelsen, G.H. en J. Bouma, 1979. Waterwingebied Over-Betuwe. Toelichting op en verwerking van bodemkundige gegevens. Rapport nr. 1433. Stichting voor Bodemkartering. Basisrapport Comm. Best. Waterhuish. Gld.
- Stuurgroep Alternatieve Landbouw, 1977. Rapport van de Stuurgroep Alternatieve Landbouw. NLRO, Den Haag.
- Tromp, J. en S.J. Wertheim, 1977. Kijk op vruchtkwaliteit. Mededeling nr. 16 van het Proefstation voor de Fruitteelt te Wilhelminadorp.
- Tromp, J., H. Jonkers en S.J. Wertheim, 1976. Grondslagen van de fruitteelt. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.

- Vink, A.P.A., 1955. Landclassificatie. Landbouwk.Tijdschrift 67, p. 377-389.
- Vink, A.P.A. e.a., 1963. Enkele onderzoeken over de bodemgeschiktheidsclassificatie voor akker- en weidebouw. Bodemkundige Studies 6; Versl. Landbouwk. Onderz. 68.13.
- Vink, A.P.A. en E.J. van Zuilen, 1967. De geschiktheid van de bodem van Nederland voor Akker- en Weidebouw. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Vink, A.P.A. and E.J. van Zuilen, 1974. The suitability of the soils of the Netherlands for arable land and grassland. Soil Survey Papers no. 8. Netherlands Soil Survey Institute, Wageningen.
- Vis, T., 1970. Een inventariserend onderzoek naar de groei van enkele houtsoorten op jonge zeeklei- of zeezandgronden in Zeeland. Ned. Bosb. Tijdschrift 42, 1: 14-29.
- Vis, T., 1971. Een inventariserend onderzoek naar de groei van enkele houtsoorten op verschillende gronden in de Noordoostpolder. Ned. Bosb. Tijdschrift 43, 11: 235-251.
- Vis, T., 1973. Een onderzoek naar de groei van enkele houtsoorten op veen- en venige gronden in Noord-Nederland. Ned. Bosb. Tijdschrift 45, 1: 7-28.
- Vis, T., 1974. Veldbodemkundig onderzoek naar het verband tussen bos en bodem op humuspodzolgronden. Ned. Bosb. Tijdschrift 46, 5: 94-111.
- Vis, T., 1974. Een inventariserend onderzoek naar de geschiktheid van de bodem voor bos in oost-Brabant en midden-Limburg. Rapport nr.: 1204 Stichting voor Bodemkartering.
- Vis, T. en H.G.M. Geenen, 1972. Plasvorming op kampeerterreinen en geschiktheid van de bodem voor intensief recreatief gebruik. Interne Mededeling nr. 6, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Visser, W.C., 1958. De landbouwwaterhuishouding van Nederland. Rapport nr. 1. Cie. Onderz. Landbouwwaterhuish. Nederland.
- Voort, M. van der, 1966. Toepassingen van Bodemkaarten bij ruilverkavelingen. Boor en Spade 15, 73-80. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Vries, Th. de, 1974. Waardering van de landbouwkundige waarde van de grond. Bedrijfsvoorlichting 5, 2, p. 159-168.
- Waenink, A.W., 1956. Stuifzandgronden en hun bosbouwkundige waarde. Tijdschrift Kon. Ned. Heidemij. jrg. 67.
- Waenink, A.W., 1974. Bodemvegetatie als hulpmiddel bij de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor de Japanse lariks. Ned. Bosb. Tijdschrift 46, 4: 63-78.

- Waenink, A.W., 1974. Een onderzoek naar de bodemgesteldheid van een opgespoten terrein en de groei van de populier op de verschillende bodemtypen. Rapport nr. 1201. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Waenink, A.W., 1978. De bodemgesteldheid en groei van grove den in drie proefgebieden in oostelijk Noordbrabant. Rapport nr. 1349. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Wallenburg, C. van en P. van der Sluijs, 1973. Indringingsweerstand, grondwaterstand en dichtheid van de bovengrond van grasland op veengronden en eerdgronden in Noord-Holland. Interne Mededeling nr. 20. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Werf, G. van der en G. Londo, 1978. Behaersaspecten van de levensgemeenschap bos. Ned. Bosb. Tijdschrift 50, 4: 303-112.
- Werkgroep Bos in Stedelijke gebieden, 1970/1971. Jaarverslag en Onderzoekresultaten. Stichting Bosbouwproefstation "De Dorschkamp", Wageningen.
- Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten, 1976. De interpretatie van Bodemkaarten. Stadium B. Stencil nr. 6047. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.
- Wesseling, J., 1957. Enige aspecten van de waterbeheersing in landbouwgronden. Versl. Landbouwk. Onderz. 63.5.
- Wesseling, J., 1974. Watervoorziening in de landbouw. In: Handboek voor milieubeheer, Deel I, Waterbeheer. Vermande Zonen, Uitgevers, IJmuiden.
- Wesseling, J., 1976. De waterbehoefte van de landbouw in Nederland. Landbouwk. Tijdschrift 88, p. 340-344.
- Westerveld, G.J.W., 1963. Bodemkundig onderzoek in ruilverkavelingsgebieden. Cultuurtechn. Tijdschrift 3, 3, p. 116-123.
- Westra, J.J., 1978. Oerbos, natuurbos en ander bos. Ned. Bosb. Tijdschrift 50, 4: 81-87.
- Wind, G.P., 1963. Gevolgen van wateroverlast in de moderne landbouw. Cie. Hydr. Onderz. TNO, Versl. en Meded. 9, p. 55-72.
- Wind, G.P., 1972. Draagkracht van grasland. In: De bodemkunde in de Moderne Land- en Tuinbouw. Voordrachten gehouden op de 28e B-Leergang, april 1972, p. 127-141. Ministerie van Landb. en Visserij, Directie Landbouwonderwijs.
- Wind, G.P., 1976. Application of analog and numerical models to investigate the influence of drainage on workability in spring. Neth. Journal Agric. Sci. 24, p. 155-172.
- Wijk, A.L.M. van en J. Beuving, 1974. Bespeelbaarheid van sportvelden: criterium en samenhang met enkele bodemfysische eigenschappen van de top laag. Groen 12, p. 400-407.

- Wijk, A.L.M. van en J. Beuving, 1975. Bodemtechnische ontwerpnormen voor sport- en ligweiden en trapvelden. Cultuurtechn. Tijdschr. 15, 3, p. 150-163.
- Wijk, A.L.M. van en J.A. van den Hurk, 1974. Spaarnwoude, Bodemtechnische mogelijkheden voor speel- en ligweiden, trapvelden en bos. Regionale Studies nr. 8. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, Wageningen.
- Wijk, A.L.M. van en R.A. Feddes, 1975. Invloed van de waterhuishouding op de opbrengst van landbouwgewassen. Nota 867. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Wageningen.
- Wit, C.T. de, 1971. Voedselproductie, verleden, heden en toekomst. Stikstof nr. 69: 396-408.
- Wit, C.T. de, z.j. Algemene plantenteeltkunde. Collegedictaat Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Woltersen, J.F., 1974. Ons levende bos. Staatsbosbeheer, Utrecht, juli '74.
- Yearbook of Agriculture, 1957. Soil U.S.D.A. Washington.
- Zachariasse, L.C., 1974. Boer en bedrijfsresultaat. Jaarverslag PAGV.
- Zuilen, E.J. van, 1967. Waterbeheersing in verband met de draagkracht van grasland op klei- op veengronden naar aanleiding van een beweidingsonderzoek in de Alblasserwaard. Rapport nr. 4188. Stichting voor Bodemkartering, Wageningen.

