32/1005(10)BY

Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden

Bodemvorming, methoden en begrippen

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

F. Brouwer
J.A.M. ten Cate
A. Scholten

27 MAART 1996

Rapport 157

DLO-Staring Centrum, Wageningen 1992

92 en 23 plaklen

REFERAAT

Brouwer, F., J.A.M. ten Cate en A. Scholten, 1992. *Bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden; bodemvorming, methoden en begrippen.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 157; 90 blz.; 1 fig.; 33 tab.

In opdracht van de Landinrichtingsdienst te Utrecht voert het DLO-Staring Centrum regelmatig bodemgeografisch onderzoek uit in landinrichtingsgebieden. In vrijwel ieder rapport over het bodemgeografisch onderzoek wordt aandacht besteed aan de bodemvorming en de methode van onderzoek, en wordt een woordenlijst gegeven die termen en begrippen in het rapport of op de kaarten verklaart. Deze steeds terugkerende facetten in de rapportages zijn in dit rapport gebundeld, waardoor tijd en kosten bespaard worden bij toekomstige rapporten voor de Landinrichtingsdienst.

Trefwoorden: bodemvormende factoren, bodemvormende processen, grondwaterstandsmetingen, indeling van gronden, indeling in grondwatertrappen, bodemgeschiktheidsbeoordeling, digitale verwerking.

ISSN 0927-4499

©1992 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812; telex: 75230 VISI-NL

Het DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

Het DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

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

Project 93000 [326HM/1-6-'92]

Inhoud

blz.

Ter inleiding 9

1 Bodemvorming 11
1.1 Bodemvormende factoren 11
1.1.1 Moedermateriaal 11
1.1.2 Reliëf 12
1.1.3 Klimaat 13
1.1.4 Tijd 14
1.1.5 Biologische factor 14
1.2 Bodemvormende processen 16
1.2.1 Humusvorming 16
1.2.2 Ontkalking en silicaatverwering 17
1.2.3 Ferrolyse 19
1.2.4 Rijping 19
1.2.5 Kattekleivorming 20
1.2.6 Podzolering 21
1.2.7 Ontstaan van gleyverschijnselen 22
1.2.8 Kleiverplaatsing 23
1.2.9 Homogenisatie 24
1.2.10 Anthropogene processen 24

2 Methode van het bodemgeografisch onderzoek 27
2.1 Bodemgeografisch onderzoek 27
2.2 Toetsing aan meetresultaten 28
2.2.1 Bemonstering en laboratoriumanalyse 29
2.2.2 Grondwaterstandsmetingen 29
2.2.2.1 Berekening van GHG en GLG van buizen met 6-8 jaren meetgegevens of meer 29
2.2.2.2 Berekening van GHG en GLG van buizen met minder dan 6-8jaren meetgegevens 30
2.2.2.3 Gerichte opname 30
2.3 Indeling van de gronden 31
2.3.1 Veengronden (V) 31
2.3.2 Moerige gronden (W) 33
2.3.3 Zandgronden (H, Y, EZ, Z en S) 34
2.3.4 Kleigronden (M, R, EK en K) 37
2.3.5 Leemgronden (BL, EL en L) 41
2.3.6 Toevoegingen en vergravingen 42
2.3.7 Overige onderscheidingen 42
2.4 Indeling van het grondwaterstandsverloop in grondwatertrappen 43
2.5 Opzet van de legenda 44

3 Bodemgeschiktheidsbeoordeling 47
3.1 Interpretatieprocedure 47
3.2 Beoordelingsfactoren 47

blz.

3.2.1 Ontwateringstoestand 49
3.2.2 Vochtleverend vermogen 50
3.2.3 Stevigheid van de bovengrond 51
3.2.4 Verkruimelbaarheid 52
3.2.5 Slempgevoeligheid 52
3.2.6 Stuifgevoeligheid 53
3.2.7 Voedingstoestand 55
3.2.8 Zuurgraad 58
3.2.9 Storing in de verticale waterbeweging 59
3.2.10 Microreliëf 59
3.2.11 Nachtvorstgevoeligheid 59
3.2.12 Stenigheid 60
3.2.13 Erosiegevoeligheid 60
3.2.14 Dikte van de A-horizont(en) 60
3.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie en randvoorwaarden voor diverse vormen van bodemgebruik 61
3.3.1 Akkerbouw 62
3.3.2 Weidebouw 63
3.3.3 Bosbouw 64
3.3.4 Tuinbouw onder glas en in de volle grond 65
3.3.5 Fruitteelt 66
3.3.6 Boomkwekerij 68

4 Digitale verwerking/manipulatie van bodemkundige gegevens (BOPAK-I) 71
4.1 Digitale bodemkaart 71
4.2 Digitaal bestand van boorstaten 72
4.3 Klassenbestand met aanvullende gegevens 73
4.4 Locatie van de digitale bestanden en programma's 74

5 Begrippen 75

Literatuur 89

Figuur
Schema van de interpretatieprocedure 48

Tabellen
1 Overzicht van de twee groepen van bodemvormende processen 16
2 Indeling van de veengronden 32
3 Indeling van de moerige gronden 33
4 Indeling van de podzolgronden 34
5 Indeling van de eerdgronden 35
6 Indeling van de vaaggronden 36
7 Indeling van de zee- en rivierkleigronden 38
8 Indeling van de oude rivierkleigronden 39
9 Indeling van de oude kleigronden 40

		blz.
10	Indeling van de leemgronden met een briklaag	41
11	Indeling van de leemgronden zonder briklaag	41
12	Indeling van de grondwatertrappen	43
13	De beoordelingsfactoren en het bodemgebruik waarvoor ze al of niet worden toegepast	49
14	Gradatie in ontwateringstoestand als afhankelijke van de grondwatertrap	50
15	Gradatie in vochtleverend vermogen als afhankelijke van de hoeveelheid vocht	50
16	Gradatie in stevigheid van de bovengrond voor weidebouw als afhankelijke van de indringingsweerstand en de gevoeligheid voor vertrapping bij beweiden en voor insporing bij berijden per seizoen	51
17	Gradatie in stevigheid van de bovengrond voor akkerbouw en maïsteelt als afhankelijke van de indringingsweerstand	51
18	Gradatie in verkruimelbaarheid als afhankelijke van de samenstelling van de bouwvoor	52
19	Gradatie in slempgevoeligheid als afhankelijke van de samenstelling van de bouwvoor	53
20	Gradatie in stuifgevoeligheid als afhankelijke van lutum- en leemgehalte van de bouwvoor	54
21	Code en benaming van de gradaties in voedingstoestand	55
22	Gradatie in voedingstoestand als afhankelijke van legenda-eenheid, bodemgebruik en vegetatietype	56
23	Vegetatietypen in Nederlandse bossen	57
24	Gradatie in zuurgraad als afhankelijke van de pH	58
25	Schema van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor de verschillende vormen van bodemgebruik	61
26	Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor akkerbouw	63
27	Normen voor hoog opbrengstniveau	63
28	Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor weidebouw	64
29	Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor bosbouw	65
30	Gemiddelde aanwas bij goede, normale en slechte groei van gidsboomsoorten	65
31	Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor tuinbouw onder glas en in de volle grond	66
32	Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor fruitteelt	68
33	Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor boomkwekerij	70

Ter inleiding

In opdracht van de Landinrichtingsdienst te Utrecht voert het DLO-Staring Centrum regelmatig bodemgeografisch onderzoek uit in landinrichtingsgebieden. Het doel van dit onderzoek is onder andere:
- de bodemgesteldheid in kaart te brengen op de schalen 1 : 10 000 of 1 : 25 000;
- de gronden te beoordelen op hun geschiktheid voor één of meer bepaalde gebruiksvormen.

De resultaten van het bodemgeografisch onderzoek worden beschreven in rapporten, weergegeven op kaarten en opgeslagen op magneetband. In vrijwel ieder rapport werd tot nu toe aandacht besteed aan de bodemvorming en de methode van het bodemgeografisch onderzoek. In de aanhangsels bij ieder rapport werd een woordenlijst gegeven, die termen en begrippen in het rapport of op de kaarten verklaart.

Om tijd en kosten te besparen, heeft het DLO-Staring Centrum de steeds terugkerende facetten in de rapportages, (over bodemvorming, methoden van het bodemgeografisch onderzoek, de bodemgeschiktheidsbeoordeling, de digitale verwerking en opslag, en de verklaring of definitie van termen en begrippen) gebundeld in dit rapport. Bij ieder SC-DLO-rapport over bodemgeografisch onderzoek in een landinrichtingsgebied zal dit rapport worden toegevoegd. Indien nodig, zal dit rapport tijdig gereviseerd worden.

In hoofdstuk 1 worden de bodemvormende factoren en de bodemvormende processen behandeld. Hoofdstuk 2 beschrijft de methode van het bodemgeografisch onderzoek: het veldwerk, de toetsing aan meetresultaten, de indeling van gronden en het grondwaterstandsverloop, en de opzet van de legenda. Hoofdstuk 3 beschrijft hoe de bodemgeschiktheidsbeoordeling verloopt. De digitale verwerking van bodemkundige gegevens en de manipulatie-mogelijkheden die het digitale bestand biedt, worden beschreven in hoofdstuk 4. Tenslotte zijn in hoofdstuk 5 termen en begrippen die in rapporten of op kaarten kunnen voorkomen, verklaard of gedefinieerd.

Over de bodemgeschiktheidsbeoordeling (hoofdstuk 3) moet worden opgemerkt dat het interpretatiesysteem vooral op landelijk niveau (schaal 1 : 50 000) is ontwikkeld en daarvoor goed bruikbaarbaar is. Er zal zeker nog aandacht moeten worden besteed aan:
- een verdergaande kwantificering van de interpretatie van grootschalige kaarten;
- de interpretatie voor afzonderlijke gewassen of een bepaald bouwplan;
- de weergave van de interpretatie in kansen van voorkomen van een bepaald verschijnsel.

Bovendien zal bij de interpretatie voor de landbouw rekening moeten worden gehouden met de produktiebeheersing in de weidebouw en met de eisen die door de meststoffenwet en de wet op de bodembescherming worden gesteld; deze zullen in een toekomstig systeem moeten worden verdisconteerd. In de bosbouw zal in de toekomst niet uitsluitend met een interpretatie voor afzonderlijke boomsoorten maar

in toenemende mate met een beoordeling van combinaties van soorten (bosdoelgroepen) worden gewerkt.

1 Bodemvorming

Het hoofdstuk bodemvorming is een samenvatting van een gedeelte uit het boek "Bodemkunde van Nederland, deel 2" van H. de Bakker en W.P. Locher (1990).

Het begrip "bodem" is niet eenduidig. In de ruimste zin wordt daarmee het bovenste deel van de aardkorst aangeduid. In de bodemkunde wordt het begrip in beperkte vorm gebruikt. De bodem is de bovenste laag van de aardkorst voor zover deze door planten beworteld is of kan worden, of voor zover deze onder invloed van fysische, chemische en biologische processen is veranderd. Vast gesteente en de natte, ongerijpte ondergrond van losse sedimenten behoren dus bodemkundig gezien niet tot de bodem.

De fysische, chemische en biologische processen die het bovenste deel van de aardkorst veranderen, worden bodemvormende of pedogenetische processen genoemd. Hierdoor ontstaat naast een eventueel al aanwezige geogene gelaagdheid (een gelaagdheid ontstaan door verschillen in afzettingsomstandigheden) een pedogene gelaagdheid. De geogeen en pedogeen gevormde lagen worden horizonten genoemd. De verticale opeenvolging van horizonten heet een bodemprofiel. Hoe een dergelijk profiel is ontstaan, is afhankelijk van factoren die de bodemvorming sterk beïnvloeden. Deze factoren worden bodemvormende factoren genoemd. Door de veelheid van bodemvormende processen en variatie in bodemvormende factoren zijn talloze (combinaties van) horizonten mogelijk.

In de volgende paragrafen worden de bodemvormende factoren en de bodemvormende processen behandeld.

1.1 Bodemvormende factoren

In de bodemkunde worden vijf bodemvormende factoren onderscheiden: moedermateriaal, reliëf, klimaat, tijd en biologische factor. Laatstgenoemde wordt onderverdeeld in: vegetatie, bodemfauna en de mens.

Doordat deze factoren elkaar sterk beïnvloeden, kunnen ze niet als onafhankelijke variabelen beschouwd worden, zoals hierna zal blijken.

1.1.1 Moedermateriaal

Het moedermateriaal, ook wel uitgangsmateriaal genoemd, is het materiaal waaruit de bodem is gevormd, het verse sediment vóór de verandering door de bodemvorming. De aard van dit materiaal is bepalend voor de bufferende werking van de grond tegen uitlogingsprocessen. Daarbij moet onderscheid worden gemaakt tussen

het effect van de textuur van de grond (lutum- en leemgehalte en grofheid van het zand) en de mineralogische samenstelling.

Naarmate de grond kleiiger is, verloopt de uitspoeling trager omdat de adsorptiecapaciteit voor kationen hoger is. Een kleigrond "veroudert" daardoor minder snel dan een zandgrond. Er is dus een interactie tussen de bodemvormende factoren moedermateriaal en tijd.

De mineralogische samenstelling is vooral van belang in verband met de hoeveelheid "basen" (Ca, Mg, Na en K) die in de gemakkelijk verweerbare mineralen aanwezig is en daardoor kan dienen ter vervanging van uitgespoelde kationen. Wanneer deze aanvulling er niet, of niet meer voldoende is, verzuurt de grond en worden humusbestanddelen getransporteerd.

Bijna alle minerale gronden in Nederland zijn gevormd in klastische sedimenten, uiteenlopend van grove zanden tot zware kleien. Ze kunnen op de volgende wijze afgezet zijn:
- eolisch, zoals löss en dekzand of de duinen langs de kust of het stuifzand;
- fluviatiel, zoals afzettingen van de Rijn, de Maas en hun zijrivieren;
- marien, zoals de Afzettingen van Calais en Duinkerke;
- glaciaal, zoals keileem en fluvioglaciaal zand.

Het enige losse materiaal dat in Nederland gevormd is uit vast gesteente, is het verweringsmateriaal uit het Carboon en Krijt.

Het moedermateriaal van de veengronden loopt uiteen van het eutrofe bosveen tot het oligotrofe veenmosveen; dit materiaal is ter plaatse ontstaan.

1.1.2 Reliëf

De invloed van het reliëf of topografie op de bodemvorming hangt in Nederland vooral samen met de diepte van de grondwaterstand en de waterbeweging in de grond. Zo worden "hooggelegen" gronden onderscheiden, die worden gekenmerkt door diepe grondwaterstanden en een neergaande waterbeweging en "laaggelegen" gronden, die worden gekenmerkt door hoge grondwaterstanden. Dit is het meest uitgesproken in de zandgebieden, maar ook in de andere gebieden komen verschillen in grondwaterstanden voor die samenhangen met het reliëf.

Bij hooggelegen gronden kan transport van humus en lutum plaatsgevonden hebben vanuit de bovengrond naar dieper gelegen lagen; door de diepere grondwaterstanden reikt ook de biologische activiteit dieper en kan homogenisatie zijn opgetreden. In zeer jonge gronden zijn deze gevolgen nog niet zichtbaar of meetbaar; hieruit blijkt dat er een interactie is met de bodemvormende factor tijd. Ook zijn voor deze processen organische stof en bodemleven nodig (interactie met de biologische bodemvormende factor).

Laaggelegen gronden hebben vaak een humusrijke, soms zelfs venige bovengrond en door wisselende oxidatie-reductie-omstandigheden vertonen ze roestvlekken en grijze vlekken; in de ondergrond hebben zulke gronden homogeen "blauwige" (donkergrijze) kleuren, de zgn. permanent gereduceerde ondergrond. Laaggelegen gronden in zandgebieden vertonen soms kwel, waardoor een opeenhoping van ijzerverbindingen is te zien in de vorm van oxiden, carbonaten, fosfaten enz. Daarnaast komen in de zandgebieden laaggelegen gronden voor die liggen in een inzijgingssituatie, waardoor juist humus en ijzer zijn uitgespoeld. Lage zandgronden in een kwelsituatie zijn vaak beek- en broekeerdgronden; in een inzijgingssituatie zijn het overwegend gooreerd- en veldpodzolgronden.

In hooggelegen gronden heeft het bodemleven een andere samenstelling dan in laaggelegen gronden; in de rivierkleigronden hebben de hooggelegen gronden op de stroomruggen een andere textuur dan de laaggelegen gronden in de kommen (eerstgenoemde zijn lichter). Dit zijn voorbeelden van respectievelijk een interactie van het reliëf met de biologische factor en met het moedermateriaal.

1.1.3 Klimaat

Het klimaat speelt een grote rol in de bodemvorming. Op wereldschaal gezien, is er een duidelijke samenhang tussen de klimaatzones en de bodemvorming.

Nederland heeft een vochtig, gematigd klimaat, Cfb in Köppen's classificatie (C: gematigd regenklimaat met een laagste maandtemperatuur tussen -3 en +18 °C, f: een min of meer gelijkmatige verdeling van de neerslag over het jaar, en b: minstens 4 maanden per jaar boven 10 °C).

In Nederland is een neerslagoverschot (neerslag groter dan verdamping) in de winter en een neerslagtekort (verdamping groter dan neerslag) in de zomer. Het neerslagoverschot is groter dan het tekort; het gemiddelde jaarlijkse neerslagoverschot is ca. 250 mm. Er is een fluctuerende grondwaterstand en een overwegend neergaande waterbeweging in de grond. Veel gronden in Nederland kunnen daardoor gekarakteriseerd worden op uitspoelingsverschijnselen. Dit kan zowel de in de bodemoplossing aanwezige ionen en moleculen betreffen als de colloïdale lutum- en humusdeeltjes.

Behalve de waterbalans (neerslag-verdamping) is ook de temperatuur een klimaatsfactor van belang. De temperatuur beïnvloedt zowel de chemische, fysische als (micro)biologische processen, o.a. de produktie en omzetting van organische stof. Wat dat betreft wordt Nederland gekarakteriseerd door een matige produktie van organische stof en een eveneens matige afbraak van organische stof op en in de bodem. Ook dit is een voorbeeld van interactie tussen de bodemvormende factoren, nl. tussen het klimaat en de biologische factor.

1.1.4 Tijd

De factor tijd is op zichzelf genomen geen bodemvormende factor; bedoeld wordt dat een bepaalde combinatie van de andere bodemvormende factoren eerst zichtbaar (meetbaar) wordt, als een zekere tijd is verlopen. Sommige processen verlopen langzaam, andere snel. Een podzolgrond heeft meestal enige honderden jaren nodig voor zijn vorming; de rijping van slap, gereduceerd slik tot een geoxideerde, stevige grond vergt na drooglegging slechts enige tientallen jaren.

De tijd speelt dus een belangrijke rol bij de bodemvorming, direct maar ook indirect, doordat in de loop van de tijd de overige bodemvormende factoren kunnen veranderen. Vooral het ingrijpen van de mens heeft de ontwatering, het grondgebruik en de vegetatie veranderd.

De directe invloed van de tijd blijkt bijvoorbeeld in de rivierkleigebieden. Bij de jonge rivierkleigronden is de bovengrond niet ouder dan 1000 à 2000 jaar, terwijl het moedermateriaal van de meeste oude rivierkleigronden afgezet is op de overgang van het Pleistoceen naar het Holoceen, ca. 10 000 jaar geleden. Door dit tijdsverschil vertonen de oude rivierkleigronden bij een goede ontwatering verschillen in bodemvorming met de jonge rivierkleigronden (o.a. lage pH, verwering van silicaten en transport van lutum). De jonge gronden vertonen in deze situatie alleen enige ontkalking.

Niet de ouderdom van de afzetting is bepalend voor het begin van de bodemvorming, maar de ouderdom van het oppervlak. Dit kan verduidelijkt worden met twee voorbeelden. Het zand van de Veluwse heuvels is meer dan 200 000 jaar geleden afgezet en zo'n 150 000 jaar geleden door het Skandinavische landijs tot heuvels opgestuwd. In de laatste ijstijd is echter door solifluctie en erosie het tegenwoordige maaiveld ontstaan en dit is dus niet veel ouder dan de oppervlakte van onze dekzanden (ca. 10 000 jaar). Het tweede voorbeeld is te vinden in de droogmakerijen. Door afgraving of erosie van het veen en de drooglegging van de daardoor ontstane plassen en meren in de laatste 200 tot 300 jaar, liggen de Afzettingen van Calais (enige duizenden jaren oud) aan het oppervlak. Hierin is de bodemvorming na de droogmaking begonnen.

Ruwweg de helft van Nederland heeft moedermateriaal van holocene ouderdom en de andere helft van pleistocene ouderdom, in minder dan 1% is het ouder. De grens tussen het Holoceen en het Pleistoceen is gesteld op 10 000 jaar geleden, maar meer dan driekwart van de holocene sedimenten die aan de oppervlakte liggen, is jonger dan 1000 jaar. Dit geldt zeker voor de veengebieden. Veen dat aan het oppervlak ligt, is doorgegroeid totdat de mens daaraan een eind maakte door ontwatering en ontginning, en dat is niet veel langer dan zes- tot zevenhonderd jaar geleden begonnen.

1.1.5 Biologische factor

De biologische factor speelt een grote rol bij de bodemvorming, vanaf de micro-organismen tot de mens.

Ook deze factor vertoont interacties met de andere bodemvormende factoren. Een grond met hoge grondwaterstanden heeft een andere natuurlijke vegetatie dan een grond waarin dit niet het geval is; een kleigrond heeft een ander bodemleven dan een zandgrond, enz.

De biologische factor wordt onderverdeeld in: vegetatie, bodemfauna en de mens.

Vegetatie
De vegetatie levert voor het grootste deel het uitgangsmateriaal voor de organische stof in de grond. De natuurlijke vegetatie is afhankelijk van de rijkdom van het substraat (het moedermateriaal), nl. de textuur, mineralogische samenstelling, zout- en kalkgehalte. In de Nederlandse omstandigheden bestond de vegetatie tijdens de ontginning voornamelijk uit loofbos, met uitzondering van de boomloze hoge venen en zoute getijdegebieden. In Nederland komt nu praktisch geen natuurlijke vegetatie meer voor.

Oligotrofe, hoge venen en een groot deel van de mesotrofe venen hadden een kruiden-vegetatie en vrijwel geen bomen. Alleen de eutrofe broek- en bosvenen droegen moerasbos.

De zand- en lössgebieden hebben een vegetatie-opeenvolging gehad vanaf het einde van het Pleistoceen tot heden. Palynologen hebben deze opeenvolging bestudeerd door stuifmeelonderzoek in lagen die organische stof bevatten. Elke onderzoeker die zich bezig houdt met de bestudering van de invloed van de vegetatie op de bodemvorming in deze gebieden, dient er rekening mee te houden dat de vegetatie aanzienlijk veranderd is sinds het begin van de bodemvorming. Een belangrijke verandering is de verdwijning van bos en het ontstaan van heidevelden.

In de zeekleigebieden zijn de nieuwlandpolders bedijkt uit schorren of kwelders met een zout-tolerante kruidenvegetatie, sommige polders zelfs uit kale slikken. De gronden van de Zuiderzeepolders hadden oorspronkelijk geen vegetatie maar hebben gedurende enige jaren na de drooglegging een rietvegetatie gehad. De gorzen, bedijkte nieuwlandpolders en de rivierkleigebieden hebben wel bos gehad.

Bodemfauna
Bodemdieren spelen een belangrijke rol bij de bodemvorming. Een opvallend voorbeeld hiervan is het bodemvormend proces homogenisatie (par. 1.2.9); hierbij verdwijnt vnl. door gravende bodemdieren de oorspronkelijke sedimentaire gelaagdheid.

Mens
De mens is een zeer belangrijke bodemvormende factor. Een voorbeeld is het ontstaan van de enkeerdgronden. De dikke humushoudende bovengrond is ontstaan door geleidelijke ophoging met plaggenmest die enig zand bevatte. De plaggen werden o.a. op de heidevelden gestoken, waardoor indirect gebieden met stuifzanden ontstonden. Andere voorbeelden zijn waterhuishoudkundige ingrepen (ontwatering en afwatering), bemesting, ontginning en herontginning, en bedijking.

1.2 Bodemvormende processen

Bodemvormende processen zijn alle gebeurtenissen die de kenmerken en eigenschappen van moedermateriaal veranderen.

In paragraaf 1.1 zijn de factoren genoemd die deze processen beïnvloeden; de verschillende mate waarin deze factoren werken (of gewerkt hebben) en hun interacties veroorzaken een zeer complex geheel. Sommige gedeelten van bodemvormende processen zijn fysisch, andere gedeelten zijn chemisch. Het totaal van bodemvormende processen is meestal niet of nauwelijks te kwantificieren of met reactievergelijkingen te beschrijven.

De bodemvormende processen worden verdeeld in omzettingsprocessen en verplaatsingsprocessen. Onder eerstgenoemde groep vallen alle veranderingen door omzetting van het moedermateriaal zelf (ook nieuwvorming daarin en afbraak van sommige componenten daarvan). Bij de tweede groep behoren alle veranderingen door verplaatsing van sommige bestanddelen binnen het moedermateriaal (onder deze verplaatsing vallen ook aan- en afvoer van bestanddelen en menging/homogenisatie daarvan).

Deze tweedeling (tabel 1) wordt in de meeste handboeken toegepast, maar in feite treden bij veel processen zowel omzettingen als verplaatsingen op.

Tabel 1 Overzicht van de twee groepen van bodemvormende processen

Omzettingsprocessen	Verplaatsingsprocessen
Humusvorming	Podzolering
Ontkalking	Gleyvorming
Silicaatverwering	Kleiverplaatsing
Ferrolyse	Homogenisatie
Rijping	
Kattekleivorming	

1.2.1 Humusvorming

Een van de meest universele bodemvormende processen is de omzetting van organische stof tot humus (humificatie) en de ophoping hiervan op en in de bovengrond. Bij maagdelijke, arme gronden (meestal kalkloze zandgronden) is deze omzetting gering en ontstaat er een ophoping op de bovengrond (vorming van de O-horizont) en wordt gesproken van ruwe humus. In de grond wordt de gevormde humus gemengd met de minerale bestanddelen (vorming van de Ah-horizont). In goed geäereerde kleigronden (xerokleigronden) wordt niet alleen de organische stof vrijwel geheel in humus omgezet (door de goede voedingstoestand), maar is de menging ook inniger. De menging is het werk van bodemdieren, vooral regenwormen. De ontstane humusvorm wordt mull genoemd. In zandgronden is de menging met de minerale bestanddelen minder en komt de humus voor als losse excrementen van arthropoden (geleedpotige dieren, zoals insecten, duizendpoten en spinnen), moder genoemd.

De bron van de organische stof is de vegetatie (en in mindere mate de fauna). Ook kan initieel al organische stof aanwezig zijn die tegelijkertijd met de minerale delen (synsedimentair = tijdens de sedimentatie) is afgezet. Zo heeft recent afgezet marien sediment meestal enige procenten organische stof die tijdens de rijping (par. 1.2.4) vrijwel geheel verdwijnt.

Veenvorming is uiteraard ook een ophoping van organische stof, waarbij eveneens factoren als tijd, klimaat, vegetatie en reliëf belangrijk zijn. Veenvorming wordt in de bodemkunde echter meer gezien als een lithogeen dan als een pedogeen proces. Na ontginning en ontwatering beginnen de eigenlijke bodemvormende processen in het moedermateriaal. Een belangrijk proces is de omzetting van het veen in de bovengrond tot humus, waarbij voornamelijk door dierlijke activiteit de herkenbare plantenstructuur verloren gaat. In veengronden wordt deze bijzondere vorm van humificatie gewoonlijk veraarding genoemd; als het veen vrijwel alleen door oxidatie is veranderd (in de laag onder de A-horizont), wordt ook wel van "verwering" gesproken. In het algemeen wordt deze term echter alleen voor de afbraak van minerale delen gebruikt.

Veraarding en verwering van veen gaat uiteraard ook gepaard met materieverlies, doordat de organische stof gedeeltelijk is gemineraliseerd tot o.a. CO_2 en H_2O; hierdoor zakt het maaiveld.

1.2.2 Ontkalking en silicaatverwering

Verwering van mineralen is in ons klimaat een zeer algemeen verschijnsel. Onder verwering wordt de al dan niet volledige afbraak van de kristalstructuur van zowel primaire als secundaire mineralen verstaan alsmede de vorming van laatstgenoemde mineralen.

De verwering van vast gesteente wordt hier niet besproken. Het resultaat hiervan is losse grond bestaande uit een mengsel van zeer verschillende korrelgrootten. Blijft dit materiaal ter plaatse van zijn ontstaan liggen dan wordt gesproken van autochtoon materiaal, is het na zijn ontstaan op een of andere manier verplaatst, dan wordt dit allochtoon materiaal genoemd. Op enkele honderden hectaren na (de gronden in Zuid-Limburg die in afzettingen van het Krijt ontstaan zijn) bestaat het moedermateriaal van de Nederlandse minerale gronden uit allochtoon materiaal.

De mate van chemische verwering hangt samen met in de bodem aanwezige mineralen die in thermodynamisch opzicht slechts stabiel zijn voor zover er een evenwicht is met de bodemoplossing. Deze oplossing verandert echter voortdurend van samenstelling door b.v.:
- percolatie van de grond met regenwater (afvoer van oplosbare reactieprodukten);
- produktie van anorganische (H_2CO_3) en organische zuren door bodemflora en -fauna (produktie van H^+-ionen);
- produktie van complexerende organische verbindingen (complexering van Fe en Al);
- afwisseling van droge en natte perioden (oxidatie-reductieverschijnselen, produktie van H^+-ionen na oxidatie van Fe^{2+} tot Fe^{3+}).

Tussen de mineralen die in de bodem voorkomen, bestaan verschillen in oplosbaarheid. Vooral calcium- en magnesiumcarbonaten lossen gemakkelijker op dan silicaatmineralen. In de kalkhoudende gronden waarin deze carbonaten voorkomen, uit de verwering zich vaak het eerst in de vorm van ontkalking. Het onder invloed van de biosfeer optredende proces kan door de volgende reactievergelijking worden weergegeven:

$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O <=> Ca^{2+} + 2HCO_3^-$$

Zolang de grond nog calciumcarbonaat (kalk) bevat, blijft de pH ongeveer 7. Wanneer de vrijkomende Ca^{2+}(en Mg^{2+})-ionen samen met de HCO_3^--ionen worden afgevoerd door percolatie met regenwater, verdwijnen op deze manier de carbonaten.

Wanneer een grond geen kalk meer bevat, dalen zowel de pH als de basenverzadiging van de grond.

$$BV = \frac{Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+}{CEC}$$ waarin:

BV = basenverzadiging;
Ca^{2+} = equivalent geads. Ca^{2+} per kg grond;
Mg^{2+} = equivalent geads. Mg^{2+} per kg grond;
K^+ = mol geads. K^+ per kg grond;
Na^+ = mol geads. Na^+ per kg grond;
CEC = kationen uitwisselingscapaciteit (mol geadsorbeerde eenwaardige pluslading per kg droge grond).

De "basische" kationen (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ en Na^+) worden dan aan het adsorptiecomplex gedeeltelijk vervangen door H^+- en/of Al^{3+}($AlOH^{2+}$)-ionen, waardoor de basenverzadiging kleiner wordt dan 100%. De vervanging door Al is een gevolg van de silicaatverwering die op gang komt na ontkalking. De silicaten, als groep, bevatten naast Si vooral Al en Fe, maar ook Ca, Mg, K en Na.

Andere kationen zoals Mn^{2+}, Zn^{2+}, Cu^{2+} zijn meestal slechts als sporenelementen aanwezig. De "basische" kationen worden gedeeltelijk geadsorbeerd, maar ondervinden bij lage pH veel concurrentie van Al^{3+}-ionen. Verder kunnen ze in nieuwe mineralen worden ingebouwd, door de plant worden opgenomen of in het grondwater terecht komen. Vermoedelijk komt echter een belangrijk deel van deze ionen in het grondwater terecht. Dit laatste geldt eveneens voor het vrijgekomen kiezelzuur.

Al^{3+}-ionen komen alleen in de grond voor bij lage pH's (<4,5 gemeten in 1 Normaal KCl). Door hun hoge lading worden ze echter sterk geadsorbeerd. Bij hogere pH's komen eenkernige (bijv. $AlOH^{2+}$) en meerkernige hydrolysecomplexen voor. Laatstgenoemde complexen worden vrijwel irreversibel geadsorbeerd. Transport van Al door de bodem vindt daardoor hoofdzakelijk plaats via de complexen met humuszuren en andere organische verbindingen; dit geldt ook voor driewaardig ijzer, Fe^{3+}.

Als nevenproces van de verwering wordt verbruining genoemd; een roodkleuring zou op tropische omstandigheden wijzen. De bruine kleur van de Bw-horizonten in ooivaaggronden in de rivierkleigebieden is echter geheel aan homogenisatie toe te schrijven. Deze gronden zijn nog kalkrijk of hebben op zijn minst nog een hoge basenverzadiging; er kan dus nog geen verwering zijn opgetreden. Verwering gepaard gaande met verbruining (vrijkomen van ijzer) wordt gevonden in de Bw-horizonten van vorstvaaggronden, zoals die o.a. in dekzand voorkomen.

1.2.3 Ferrolyse

De bij de gleyverschijnselen (par. 1.2.7) te bespreken afwisseling van oxidatie en reductie kan de silicaatverwering versterken. Dit is het geval wanneer tijdens de reductiefase het gereduceerde ijzer achterblijft en de overige reactieprodukten (vnl. HCO_3^-) worden afgevoerd. In de oxidatiefase treedt resp. oxidatie en hydrolyse van ijzer op. De daarbij vrijkomende H^+-ionen leiden tot silicaatverwering; dit deelproces wordt ferrolyse genoemd.

1.2.4 Rijping

Rijping, ook wel initiale bodemvorming genoemd, is het proces dat begint na drooglegging van een waterrijk sediment. De drooglegging bestaat uit inpoldering van buitendijks land (jonge zeekleipolders), ondiepe plassen en meren (droogmakerijen) en de voormalige Zuiderzee (IJsselmeerpolders). De drooglegging wordt gevolgd door ontwatering en afwatering door middel van greppels en/of drainbuizen en sloten. Het waterrijke sediment is in de uitgangstoestand een weke gereduceerde modder zonder structuurelementen die door het rijpingsproces in een begaanbare, gescheurde en geoxideerde cultuurgrond verandert. Dit proces is onder optimale omstandigheden (goede ontwatering, geen kwel, geen potentiële katteklei) binnen enige decennia voltooid, in de bovengrond eerder dan in de ondergrond. Daarna wordt niet meer van initiale maar van voortgaande bodemvorming gesproken. De rijping is vooral een fysisch proces, maar zij heeft ook chemische en biologische aspecten.

Fysische rijping
De belangrijkste aspecten van de fysische rijping zijn de volumevermindering (inklinking) en het steviger worden van de grond. Deze zijn beide het gevolg van irreversibel waterverlies. De weke modder gaat hierdoor scheuren en er worden structuurelementen gevormd. Omdat water voornamelijk aan lutum en organische stof is gebonden, is het waterverlies des te groter naarmate de grond kleiiger en humeuzer is (bij zand is de fysische rijping dan ook nauwelijks te meten; in de classificatie wordt het als fysisch gerijpt beschouwd).

De snelheid van de fysische rijping is onder meer afhankelijk van de vegetatie (de wateronttrekking door plantewortels is de belangrijkste oorzaak van het waterverlies), de af- en ontwatering en het profielverloop.

De mate van fysische rijping kan redelijk goed aan de consistentie (mate van stevigheid) worden beoordeeld. In de classificatie worden vijf rijpingsklassen onderscheiden (zie woordenlijst).

Chemische rijping
Door de fysische rijping wordt de grond doorlatend en doorlucht; de chemische veranderingen die hierdoor in het rijpende sediment ontstaan, worden chemische rijping genoemd.

De belangrijkste veranderingen zijn:
- oxidatie van het gereduceerde slik;
- kattekleivorming (wordt in paragraaf 1.2.5 behandeld, maar valt strikt genomen onder chemische rijping);
- oxidatie van Fe^{2+} tot Fe^{3+} en daardoor neerslaan van ijzerverbindingen in gangen en langs scheuren;
- afbraak van en veranderingen in de organische stof;
- omzettingen bij de uitwisselbare kationen: Na^{+}- en Mg^{2+}-ionen aan het adsorptiecomplex worden geleidelijk en gedeeltelijk vervangen door Ca^{2+}.

Biologische rijping
Al tijdens de afzetting ontstaan biogene gangen in het sediment, een proces dat zich dus voor de bedijking afspeelt. Veranderingen die tijdens de rijping door biologische oorzaken ontstaan, worden biologische rijping genoemd. Bodemvorming door biologische rijping is echter gering, zeker als de pas bedijkte polder direct als bouwland wordt gebruikt. Als de omstandigheden gunstig zijn, treden veel grotere veranderingen door de vegetatie en de bodemfauna pas op na de voltooiing van de rijping; dit proces behoort dan niet meer bij de initiale maar bij de voortgaande bodemvorming en wordt homogenisatie genoemd (par. 1.2.9).

1.2.5 Kattekleivorming

Behalve kalkrijke en kalkloze kleien, komen ook extreem zure kleien voor, die naast roestvlekken ook typische gele vlekken hebben. Deze afzettingen zijn beperkt tot de zeekleigebieden. Dergelijke klei wordt katteklei genoemd.

Kattekleivorming is een proces dat zich tijdens de rijping afspeelt; strikt genomen is het een bodemvormend proces dat onder de rijping valt. Het komt in Nederland zoveel voor dat het in een afzonderlijke subparagraaf besproken wordt.

Het ontstaan van katteklei wordt verklaard uit het sedimentatiemilieu. Onder bepaalde omstandigheden worden tijdens de sedimentatie van mariene afzettingen aanzienlijke hoeveelheden pyriet (FeS_2) opgehoopt. Dit is een rechtstreeks gevolg van de reductie van sulfaat uit zeewater tot sulfide. Daar deze reductie door sulfaatreducerende bacteriën wordt veroorzaakt, is de hoeveelheid pyriet afhankelijk van de toevoer van (gemakkelijk verteerbare) organische stof. De hoogste concentraties worden dan ook niet aangetroffen in zoute, maar in brakke gebieden waar zich een rietvegetatie kon

ontwikkelen. Bij drooglegging (inpoldering) van dergelijke gebieden oxideert pyriet en daardoor ontstaan gele vlekken van basisch ijzersulfaat (jarosiet) en bruine vlekken van ijzeroxide. Het bij de pyrietoxidatie vrijkomende zwavelzuur lost in eerste instantie de aanwezige carbonaten op. Als deze niet meer aanwezig zijn, worden ook de silicaten -in deze gronden hoofdzakelijk kleimineralen- aangetast.

Zuur materiaal ontstaat ook wanneer pyriethoudend materiaal uit de gereduceerde ondergrond naar boven wordt gebracht bij het uitbaggeren van sloten, kanalen en recreatievijvers.

1.2.6 Podzolering

Humus die in de bovengrond van arme, zure gronden is ontstaan (par. 1.2.1) valt gemakkelijk uiteen (dispergeert), wordt als disperse humus (colloïdale oplossing) uitgespoeld en slaat op enige diepte weer neer op de zandkorrels. Dit humustype wordt vanwege het ontbreken van enige (met microscoop) waarneembare structuur amorfe humus genoemd en ligt als huidjes rond de zandkorrels.

Amorfe humus komt het meest voor bij zandgronden als gemakkelijk verweerbare mineralen ontbreken, door verwering verdwenen zijn of niet meer voldoende basen naleveren. De uitgespoelde humuszuren (fulvo- en huminezuren) hopen zich op enige diepte weer op, samen met Fe en/of Al.

Dit proces van uitspoeling en inspoeling (precipitatie) van humus, Al en Fe wordt podzolering genoemd. Het is al een oude term, vermoedelijk een praktijkterm die door de Rus Dokuchaiev in de vorige eeuw voor deze zonale bodem is ingevoerd (Russ. pod = gelijkend op, en zola = as, naar de lichtgrijze kleur die de uitspoelingshorizont, de E-horizont, kan hebben). Het is een bodemvormend proces dat uiteraard alleen in een klimaat kan voorkomen waarin de neerslag de verdamping overtreft. Hierbij dient te worden aangetekend dat dit proces zich bij ons in de winter afspeelt. Dit in tegenstelling tot de klassieke gebieden waar podzolgronden voorkomen op de overgang van de loofhoutgordel naar de toendragordel.

Podzolering in de bovenomschreven betekenis wordt in Nederland alleen gevonden in zandgronden, in bepaalde moerige gronden en veengronden. De zandgronden dienen dan ook nog weinig lutum en leem te bevatten en bovendien mineralogisch arm te zijn. In moedermateriaal met meer dan enige procenten lutum, of meer dan enige tientallen procenten leem, of dat mineralogisch rijk is, treedt geen podzolering op. In dit "rijke" moedermateriaal kunnen bruine gronden worden aangetroffen (o.a. vorstvaaggronden). Ook veengronden en moerige gronden moeten arm zijn, d.w.z. oligotroof, wil er podzolering optreden. In de veenkoloniën wordt onder de zure restveenlaag vaak ingespoelde humus aangetroffen. Wanneer bij gebruik als bouwland veen wordt aangeploegd en daardoor versneld wordt omgezet, treedt humustransport op doordat er weinig binding is met mineraal materiaal (ontbreken van lutum).

Men zou verwachten dat podzolering alleen gevonden zou worden bij gronden met diepe grondwaterstanden. Dit is beslist niet het geval. De hydropodzolgronden vertonen zelfs een extremere bodemvorming dan de xeropodzolgronden. Is uit laatstgenoemde gronden het ijzer alleen uit de E-horizont verdwenen, in de hydropodzolgronden is ook de B-horizont en het bovenste gedeelte van de C-horizont ontijzerd.

1.2.7 Gleyverschijnselen

IJzer kan onder bepaalde omstandigheden veel beweeglijker in de grond zijn dan aluminium. Fe^{3+} kan gereduceerd worden tot Fe^{2+} en Fe^{2+}-hydroxiden zijn veel beter oplosbaar dan Fe^{3+}-oxiden. Voorwaarden voor de reductie zijn:
- continue of periodieke verzadiging met water;
- aanwezigheid van organische stof waardoor reductie mogelijk is;
- een temperatuur waarbij het door micro-organismen gekatalyseerde reductieproces kan plaatsvinden.

Periodiek met water verzadigde horizonten en lagen zijn vaak gekarakteriseerd door een laag met een grijze matrix met bruine roestvlekken langs wortelgangen en scheuren; daaronder is de grond homogeen donkergrijs zonder roestvlekken.

Langs de gangen en scheuren is lucht (zuurstof) naar binnen gedrongen die het uit de grondmassa gemobiliseerde ijzer weer heeft geoxideerd waardoor het is neergeslagen. De roestvlekken in de grijze matrix worden gleyverschijnselen genoemd.

Gleyverschijnselen komen vooral voor in de zone waarin het grondwater fluctueert (of heeft gefluctueerd, fossiele gley).

Lokaal kan zoveel ijzer afgezet zijn dat geen grijze matrix meer zichtbaar is en de horizont geheel rood gekleurd is. Meestal komen dan ook donkerbruine of bruinrode concreties voor, soms zelf platen. Deze ijzerverrijking wordt moerasijzererts, ijzeroer, rodoorn of rodolm genoemd en wordt vrijwel uitsluitend in de beekdalen van de zandgebieden gevonden. Tot voor enige decennia werd het commercieel gewonnen; het was de basis van de ijzerindustrie in de Achterhoek. Ook werd het gebruikt voor de zuivering van stadsgas.

Soms komt een afwijkend roestbeeld voor: een bruine, roestige matrix met grijs gekleurde wanden van structuur-elementen en met grijs gekleurde gangen en scheuren. Deze gleyverschijnselen worden aangetroffen in bovengronden waar percolerend regenwater tijdelijk stagneert. Deze gleyverschijnselen worden pseudogley genoemd.

1.2.8 Kleiverplaatsing

Uitspoeling van fijne deeltjes uit de bovengrond en inspoeling daarvan in de ondergrond wordt kleiverplaatsing genoemd. Er is voor de term kleiverplaatsing gekozen en niet lutumverplaatsing. De verplaatste fijne deeltjes bestaan vnl. uit kleimineralen uit de lutumfractie.

Uiteraard treedt kleiverplaatsing alleen op in kleiig moedermateriaal, d.w.z. in leem-, zavel- en kleigronden die bovendien al vrij oud zijn. Het verschijnsel wordt dan ook vnl. gevonden in lössgronden en oude rivierkleigronden, maar het is ook waargenomen in jonge rivierkleigronden van pre-Romeinse ouderdom.

In rijkere zandgronden kan door verwering nieuwvorming van kleimineralen optreden. Deze gronden (meestal moderpodzolgronden) vertonen ook kleiverplaatsing. In tegenstelling tot de kleiige gronden gebeurt dit niet in een aaneengesloten horizont maar in dunnere of dikkere lagen. Deze variëren in dikte van enige mm tot 10 à 20 cm; de dunnere worden fibers, de wat dikkere lagen worden banden genoemd. In deze inspoelingslagen is de textuur meestal kleiig, zwak lemig zand met daartussen kleiarm, leemarm zand. Ook in zand dat onder dunne löss, keileem of oude rivierklei ligt, kan klei-inspoeling in deze vorm ontwikkeld zijn.

Kleiverplaatsing kan slechts optreden als de klei gedispergeerd is. Bij een hoge Ca-bezetting is dit niet het geval; voordat kleiverplaatsing kan optreden moet een grond dan ook niet alleen ontkalkt zijn, maar ook zijn basenverzadiging moet al wat gedaald zijn. Ook hierop zijn weer uitzonderingen. Bij een hoge Na-bezetting is klei sterk gedispergeerd (denk aan de instabiele structuur van met zeewater geïnundeerde gronden) en kan klei gemakkelijk uitspoelen.

Vermoedelijk is dit de verklaring dat ook in bepaalde zeekleigronden (knip en knippige zeekleigronden) plaatselijk kleiverplaatsing geconstateerd wordt. Een knipkleigrond is een kalkarme, lichte tot zware kleigrond, met landbouwkundig ongunstige eigenschappen. Hij onderscheidt zich van normale, kalkarme zeekleigronden o.a. door een wat afwijkende kleur, verdeling van de roest en andere vrij moeilijk te omschrijven kenmerken, zoals een grauwe vlekkerige kleur onder de A-horizont en vaak een instabiele structuur. De knipkleigronden hebben relatief veel Mg aan het adsorptiecomplex (een lage calcium-magnesiumverhouding, meestal beneden 10, soms zelfs beneden 3, in tegenstelling tot "normale" zeeklei, waarin deze verhouding wel boven de 20 ligt). Dit zou een relict kunnen zijn van de oorspronkelijk hoge, Na- en Mg-bezetting. De combinatie van het gemakkelijk uitwisselbare Na-ion, het moeilijk uitwisselbare Mg-ion en de kalkarmoede, levert de huidige kationenbezetting op.

Bij een zure grond (pH-KCl < 5) is de klei opnieuw weinig beweeglijk, omdat dan uitwisselbare en vrije Al-ionen voorkomen die sterk coagulerend werken.

De gedispergeerde klei wordt met het regenwater naar beneden getransporteerd en in poriën en scheuren als huidjes afgezet. Dit gebeurt als één of meer van de factoren die de dispergering en het transport bevorderen, niet meer werkzaam zijn. De klei

kan uitvlokken als de concentratie van Ca-ionen toeneemt (de basenverzadiging stijgt) en de poriën of scheuren kunnen doodlopen waardoor de suspensie mechanisch uitgefilterd wordt. Zoals meer bodemvormende processen is ook dit proces nog niet geheel duidelijk.

1.2.9 Homogenisatie

Sommige lichte klei- en zavelgronden hebben een homogeen bruin gekleurde, niet gelaagde ondergrond, waarin geen grijze vlekken of roestvlekken voorkomen. Ze worden vrijwel uitsluitend gevonden op de van nature goed ontwaterde stroomruggronden in de rivierkleigebieden. Deze verbruining is niet door verwering (par. 1.2.2) ontstaan omdat deze gronden nog kalkrijk zijn of tenminste nog een hoge basenverzadiging hebben.

Het proces, waarbij de oorspronkelijke sedimentaire gelaagdheid en eventueel aanwezige grijze vlekken en roestvlekken door biologische menging verdwijnen, wordt homogenisatie genoemd. Het proces treedt alleen op bij goede ontwatering en hoge biologische activiteit; dit laatste ligt door de herhaalde grondbewerking in bouwland op een veel lager niveau dan onder bos of grasland. Gravende bodemdieren (mollen en wormen) maar ook de vegetatie spelen een belangrijke rol bij de homogenisatie. De vegetatie is niet alleen belangrijk als humusproducente maar de plantewortels kunnen ook mechanisch aan de verstoring van de gelaagdheid bijdragen.

Het is dan ook waarschijnlijk dat de homogenisatie van de gronden op de stroomruggen al voor de occupatie door de mens onder het natuurlijke ooibos tot stand gekomen is.

Een bijkomend effect van homogenisatie is landbouwkundige structuurverbetering.

1.2.10 Anthropogene processen

Er kan niet van één anthropogeen proces worden gesproken. De tot nu toe behandelde processen worden alle door de mens in meerdere of mindere mate beïnvloed. Ze kunnen versterkt, verzwakt, op gang gezet of zelfs gestopt of omgekeerd worden. Een willekeurige opsomming: bekalking, bemesting (organisch en anorganisch), drooglegging van meren en plassen, bedijking van schorren, kwelders en slikken, beregening, ontginning van heidevelden en veranderingen in de ontwatering van die gebieden.

Als direct werkend anthropogeen proces kan grondverplaatsing worden genoemd: ploegen, diepploegen en -woelen, egaliseren, afgraven, ophogen (opspuiten) en bezanden. Een duidelijk voorbeeld van een sterke invloed van de mens op de bodem zijn de gronden van de oude bouwlandcomplexen in de zandgebieden (enken, engen, essen of akkers genoemd). Deze zijn ontstaan door het eeuwenlang opbrengen van

potstalmest bestaande uit plaggen, zand en mest, op bouwland. Hierdoor werd het bouwland geleidelijk opgehoogd en in plaats van een ontginningsbouwvoor van ongeveer 20 cm dikte, ligt nu op deze gronden een humushoudende horizont van meer dan 50 cm dikte. De bewortelbare diepte en het vochtleverend vermogen zijn hierdoor aanzienlijk vergroot.

Een indirect werkend proces als gevolg van een sterke invloed van de mens zijn de heide-ontginningen. De 500 000 ha, die sinds ca. 1850 ontgonnen zijn uit heide-terreinen, hebben de plaggenbemesting niet of nauwelijks meer gekend. Daarentegen zijn ze veelal bekalkt en in toenemende mate bemest met kunstmest culminerend in de huidige overbemesting.

2 Methode van het bodemgeografisch onderzoek

2.1 Bodemgeografisch onderzoek

Onder bodemgeografisch onderzoek wordt verstaan:
- een veldbodemkundig onderzoek naar de variabelen die te zamen de bodemgesteldheid bepalen:
  . *profielopbouw (als resultaat van de geogenese en pedogenese):*
    1. dikte van de horizonten;
    2. textuur van de horizonten (lutum- en leemgehalte, en zandgrofheid);
    3. veensoort;
    4. organische-stofgehalte van de onderscheiden lagen;
  . *bewortelbare diepte;*
  . *doorlatendheid van de horizonten;*
  . *grondwaterstandsverloop uitgedrukt in grondwatertrappen (Gt's);*
- het determineren van de grond volgens De Bakker en Schelling (1989);
- het ruimtelijk weergeven van de verbreiding van deze variabelen in bodemkundige eenheden op kaarten en de omschrijving ervan in de bijbehorende legenda.

Tijdens een bodemgeografisch onderzoek wordt met een grondboor per hectare ca. 1 monster (voor kaarten, schaal 1 : 10 000) of ca. 1 monster per 2 à 3 ha (voor kaarten, schaal 1 : 25 000) van het gehele bodemprofiel genomen tot een diepte van 1,20 of 1,50 m - mv. In het veld wordt elk bodemprofielmonster (veldbodemkundig) onderzocht, dus van elk monster worden de hiervoor genoemde variabelen geschat of gemeten, en wordt de profielopbouw gekarakteriseerd. De resultaten van het veldonderzoek aan deze bodemprofielmonsters worden met een veldcomputer (Husky Hunter) geregistreerd, en vastgelegd op veldkaarten.

Van een aantal bodemprofielmonsters worden de resultaten niet geregistreerd, maar wordt alleen de plaats op de veldkaarten aangegeven. Deze profielmonsters worden genomen om bodem- en Gt-grenzen nauwkeurig vast te stellen. De gegevens van de geregistreerde bodemprofielmonsters, de zgn. boorstaten, worden opgeslagen in een computerbestand, dat in principe alleen aan de opdrachtgever wordt verstrekt. Plaats en nummer (veldkaartnummer gevolgd door volgnummer) van de bodemprofielmonsters worden aangegeven op een boorpuntenkaart.

Eventueel bestaande gegevens van bodemprofielmonsters worden aangepast en opgenomen in het computerbestand.

De verbreiding van bodemkundige verschillen wordt op veldkaarten ingetekend. Hierbij wordt niet alleen uitgegaan van de profielkenmerken, maar ook van veldkenmerken en van landschappelijke en topografische kenmerken, zoals maaiveldsligging, reliëf, slootwaterstanden, vegetatie en bodemgebruik.

Indien nodig worden grondmonsters genomen, waaraan de schattingen van de textuur en het humusgehalte worden getoetst (par. 2.2.1). De kartering van het grondwaterstandsverloop die gelijktijdig met de opname van de andere variabelen plaatsvindt, is gebaseerd op de veldschatting van GHG en GLG. Hiervoor worden profiel- en veldkenmerken gebruikt die veroorzaakt worden door en die van invloed zijn op het jaarlijks verloop van de grondwaterstand. Op basis van vooral de relatie tussen de hydromorfe verschijnselen en de GHG en GLG, vastgesteld op plaatsen met langjarige meetgegevens (stambuizen), vindt extrapolatie plaats.

De hydromorfe verschijnselen zoals roest- en/of reductievlekken en blekingsvlekken zijn doorgaans sterk gerelateerd aan het GHG-niveau; de begindiepte van de totaal gereduceerde zone (Cr-horizont) hangt veelal samen met het GLG-niveau. Door verschillende ingrepen kunnen de hydromorfe verschijnselen min of meer vervaagd zijn, of kunnen niet meer op eenduidige wijze met de actuele hydrologische situatie corresponderen. De veldschatting wordt hierdoor moeilijker; daarom worden meer metingen gebruikt die in de opnameperiode als richtwaarden dienen.

De veldkenmerken zijn te ontlenen aan de fysische geografie van het gebied en aan de vegetatie. Zij worden vooral gebruikt om de begrenzing van een gebiedsdeel (kaartvlak) met een zelfde (geschatte) grondwatertrap (= de tot één klasse samengenomen GHG-GLG combinaties) vast te stellen. De veldschattingen van GHG en GLG worden getoetst aan berekende GHG en GLG-waarden afkomstig van buizen en, indien mogelijk, gerichte opnamen (par. 2.2.2).

De conclusies van het onderzoek naar de bodemgesteldheid worden samengevat op twee kaarten: de bodemkaart en de grondwatertrappenkaart. Omdat het niet mogelijk is een kaart te maken die de verbreiding van zowel de bodemeenheden als de grondwatertrappen in kleuren weergeeft, worden op de bodemkaart alleen de bodemeenheden van kleuren voorzien. Om de verbreiding van de grondwatertrappen weer te geven wordt de grondwatertrappenkaart vervaardigd; deze kaart bevat dezelfde informatie als de bodemkaart, maar wordt alleen naar grondwatertrappen ingekleurd.

Indien de opdrachtgever dit wenst, worden de gronden op hun geschiktheid voor akkerbouw, weidebouw, bosbouw, vollegrondsgroenteteelt, boomkwekerij, enz. beoordeeld. Dit gebeurt door de bodem- en grondwatertrappenkaart te interpreteren volgens het Werksysteem Interpretatie Bodemkaarten (Van Soesbergen et al. 1986 en hoofdstuk 3).

Voor het onderzoek naar de bodemgesteldheid verstrekt de opdrachtgever het topografische kaartmateriaal.

2.2 Toetsing aan meetresultaten

Tijdens het veldbodemkundig onderzoek naar de variabelen die de bodemgesteldheid bepalen, worden veel schattingen gemaakt. Het analyseren van elke variabele voor alle bodemprofielmonsters kost te veel tijd en geld. Om enig houvast te hebben vóór

de veldopname begint, worden analyse-uitslagen van grondmonsters (textuur en humusgehalte) en grondwaterstandsmetingen (GHG en GLG) geïnventariseerd. Tijdens de veldopname vinden aanvullende bemonsteringen en grondwaterstandsmetingen plaats als controle en eventuele bijstelling op de schattingen.

2.2.1 Bemonstering en laboratoriumanalyse

Als controle op de schattingen van het percentage organische stof en de textuur worden grondmonsters genomen die het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek analyseert. De bemonsteringsplaatsen worden aangegeven op een situatiekaart. Ook worden grondmonsters uit het archief van het DLO-Staring Centrum gebruikt die verzameld zijn voor de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000.

De analyseresultaten bieden, naast de controle op de schattingen, een overzicht van de verdeling van de minerale delen (granulaire samenstelling) in de verschillende bodemeenheden en van het organische-stofgehalte in de bovengrond. De mediaan van de zandfractie (M50) wordt berekend.

2.2.2 Grondwaterstandsmetingen

Om de veldschattingen van de gemiddeld hoogste grondwaterstand in de winterperiode (GHG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand in de zomerperiode (GLG) te toetsen, worden meetgegevens gebruikt van:
- het Instituut voor Grondwater en Geo-energie-TNO (met een meetreeks van 6-8 jaar of meer; meetfrequentie 2 keer per maand voor de stambuizen en 4 keer per jaar voor de AP-buizen, archief-buizen);
- Staring Centrum-buizen (met een meetreeks van minder dan 6-8 jaar; meetfrequentie 2 keer per maand);
- gerichte opnamen (op data die het GHG- en GLG-niveau benaderen).

2.2.2.1 Berekening van GHG en GLG van buizen met 6-8 jaren meetgegevens of meer

De HG3 en de LG3 zijn het rekenkundig gemiddelde van respectievelijk de gemeten hoogste drie wintergrondwaterstanden (oktober t/m maart) en de laagste drie zomergrondwaterstanden (april t/m september) in een hydrologisch jaar (Van der Sluijs en Van Heesen 1989).

De GHG en de GLG worden berekend uit respectievelijk de HG3- en LG3-waarden van een reeks van hydrologische jaren (rekenkundig gemiddelde).
Hierbij gelden de volgende voorwaarden:

- gedurende de periode waarover de berekening wordt uitgevoerd, mogen geen veranderingen in het grondwaterregime zijn opgetreden (een ingreep in de ontwatering) en de buis mag niet verplaatst zijn;
- de grondwaterstand moet met een frequentie van 2 keer per maand over een periode van minimaal 6-8 jaren zijn gemeten; langdurige onderbrekingen in de waarnemingen mogen niet voorkomen;
- voor een vergelijking van de gemeten Gt in een buis met de Gt-schatting van de in kaart gebrachte vlakken in de omgeving van de buis, moet de plaats van de buis representatief zijn.

De verwachtingswaarde van de GHG en GLG wordt voldoende nauwkeurig beschouwd als het 80%-betrouwbaarheidsinterval niet groter is dan 20 cm (Van der Sluijs 1982). De nauwkeurigheid van de verwachte GHG en GLG is afhankelijk van het aantal meetjaren en de variatie in HG3 en LG3.

2.2.2.2 Berekening van GHG en GLG van buizen met minder dan 6-8 jaren meetgegevens

Het is mogelijk om een GHG en GLG bij benadering vast te stellen voor buizen met minder dan 6-8 jaren meetgegevens en zelfs met een éénjarige meetreeks of korter. Er kan tussen het grondwaterstandsverloop op verschillende punten in een gebied een samenhang zijn. Het ruime TNO-meetpuntennet met meerjarige meetgegevens wordt verdicht door buizen met korte meetreeksen te plaatsen. Met lineaire regressieanalyse wordt de samenhang tussen de grondwaterstanden in de stambuizen en die in de buizen met een korte meetreeks berekend. De sterkte van het lineaire verband wordt weergegeven door de correlatiecoëfficiënt. Uit de berekende GHG en GLG van de stambuis kan met een bepaalde nauwkeurigheid via het regressiemodel de GHG en GLG van de buis met korte meetreeks worden voorspeld. Deze methode gaat uit van de volgende randvoorwaarden:
- de grondwaterstanden van beide buizen worden op dezelfde dag gemeten;
- in de meetgegevens zijn zowel diepe als ondiepe grondwaterstanden opgenomen;
- grondwaterstanden die tijdens vorstperioden en in extreem natte perioden in het groeiseizoen zijn gemeten, blijven buiten beschouwing;
- de stambuizen hebben voor de GHG en GLG een 80%-betrouwbaarheidsinterval van maximaal 20 cm;
- kortlopende meetreeksen van grondwaterstanden worden bij voorkeur niet gekoppeld aan stambuizen die een aanmerkelijk kleinere fluctuatie hebben.

De berekening wordt uitgevoerd met het computerprogramma Genstat (Genstat 5 Committee 1987).

2.2.2.3 Gerichte opname

Bij een gerichte opname wordt verondersteld dat binnen een hydrologisch homogeen gebied de grondwaterstanden zich ongeveer op hetzelfde tijdstip op het niveau van

de GHG of GLG zullen bevinden. Onder deze veronderstelling kan het meetpuntennet met buizen tijdelijk verdicht worden door grondwaterstanden in boorgaten te meten. De opname wordt bij voorkeur uitgevoerd op het moment dat de grondwaterstand naar verwachting overeenkomt met een GHG- of GLG-niveau op basis van de grondwaterstanden in één of een aantal referentiebuizen (buizen met een bekende GHG en GLG) in, of in de omgeving van, het landinrichtingsgebied. Deze manier geeft de mogelijkheid het aantal referentiepunten snel en redelijk betrouwbaar uit te breiden.

2.3 Indeling van de gronden

In het veld worden de gronden per boorpunt gedetermineerd volgens het systeem van bodemclassificatie voor Nederland van De Bakker en Schelling (1989). Dit is een morfometrisch classificatiesysteem: het gebruikt de meetbare kenmerken van het profiel als indelingscriterium. Vervolgens worden de gronden in karteerbare eenheden ingedeeld. Deze eenheden worden in de legenda ondergebracht, omschreven en verklaard. De definitie van de gebruikte begrippen, gehanteerd bij de indelingscriteria, staan vermeld in hoofdstuk 3. De verschillende soorten gronden worden in de legenda zodanig gegroepeerd dat de wijze van indeling overzichtelijk wordt weergegeven. Er wordt naar gestreefd dat de indeling van de gronden zoveel mogelijk overeenkomt met die van de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000. Voor het doel van het onderzoek (bodemkaarten, schaal 1 : 10 000 of 1 : 25 000) wordt op bepaalde punten van de landelijke indeling afgeweken en de onderverdeling verfijnd. Op het hoogste niveau prevaleert de grondsoort:
- veengronden;
- moerige gronden;
- zandgronden;
- kleigronden;
- leemgronden.

In de volgende subparagrafen wordt de verdere indeling van deze gronden toegelicht. Tussen ( ) staat telkens de code voor een indelingscriterium.

2.3.1 Veengronden (V)

Veengronden bestaan binnen 80 cm - mv. voor meer dan de helft van die dikte uit moerig materiaal. Ze worden naar het al of niet voorkomen van een moerige eerdlaag onderverdeeld in eerd- en rauwveengronden.

Eerdveengronden worden onderverdeeld naar de dikte en samenstelling van de bovengrond. Rauwveengronden worden onderverdeeld naar de samenstelling van de bovengrond, het al of niet voorkomen van een minerale eerdlaag en het voorkomen van niet-gerijpt materiaal binnen 20 cm - mv. (te zamen genoemd: samenstelling van de bovengrond, tabel 2).

Tabel 2 Indeling van de veengronden

Voorkomen van een moerige eerdlaag	Dikte (cm) van de bovengrond	Samenstelling van de bovengrond
ja EERDVEENGRONDEN	>50	kleiig[1] AARVEENGRONDEN (hEV...)
		kleiarm[2] BOVEENGRONDEN (aEV...)
	15-50	kleiig[1] KOOPVEENGRONDEN (hV...)
		kleiarm[2] MADEVEENGRONDEN (aV...)
nee RAUWVEENGRONDEN	n.v.t.	niet-gerijpt materiaal binnen 20 cm - mv. VLIETVEENGRONDEN (Vo...)
		zavel- of kleidek met minerale eerdlaag WEIDEVEENGRONDEN (pV...)
		zavel- of kleidek zonder minerale eerdlaag WAARDVEENGRONDEN (kV...)
		zanddek[3] al of niet met minerale eerdlaag MEERVEENGRONDEN (zV...)
		zonder zavel-, klei- of zanddek VLIERVEENGRONDEN (V...)

[1] meer dan 10% lutum op de grond
[2] minder dan 10% lutum op de grond
[3] Vooral in het noordoosten van het land komen veengronden voor met een veenkoloniaal dek (iV...). Het veenkoloniaal dek bestaat uit een humushoudend zanddek of een moerige bovengrond van 15-25 cm dikte. Deze gronden worden, vanwege de kleine verschillen rondom de klassegrens (15% org. stof), niet naar de samenstelling van de bovengrond onderverdeeld.

Alle veengronden worden verder onderverdeeld naar de samenstelling van de minerale ondergrond en de bodemvorming daarin, indien de minerale ondergrond ondieper dan 120 cm - mv. begint, en naar de dominante veensoort, indien de minerale ondergrond dieper dan 120 cm - mv. begint.

De onderverdeling naar de samenstelling van de minerale ondergrond en de bodemvorming daarin is als volgt:
- zand zonder humuspodzol (...z);
- zand met humuspodzol (...p);
- zavel, klei of leem (...k).

De onderverdeling naar de dominante veensoort is als volgt:
- veenmosveen (...s);
- zeggeveen, rietzeggeveen of mesotroof broekveen (...c);
- rietveen of zeggerietveen (...r);
- bosveen of eutroof broekveen (...b);
- bagger, verslagen veen, gyttja of andere veensoorten (...d).

2.3.2 Moerige gronden (W)

Moerige gronden zijn minerale gronden met een moerige bovengrond of een moerige tussenlaag. Ze worden naar het al of niet voorkomen van een duidelijke humuspodzol-B-horizont onderverdeeld in moerige podzolgronden en moerige eerdgronden.

De moerige eerdgronden worden onderverdeeld naar de samenstelling en rijping van de ondergrond (te zamen genoemd: samenstelling van de ondergrond).

Bij alle moerige gronden vindt een laatste onderverdeling plaats naar de samenstelling van de bovengrond (tabel 3).

Tabel 3 Indeling van de moerige gronden

Samenstelling van de ondergrond	Samenstelling van de bovengrond
zand met duidelijke humuspodzol-B (...Wp) MOERIGE PODZOLGRONDEN	zavel- of kleidek (kWp)
	kleiig moerig (hWp)
	kleiarm moerig (aWp)
	moerig zonder eerdlaag (vWp) MOERPODZOLGRONDEN
	zanddek*) (zWp) DAMPODZOLGRONDEN
zand zonder duidelijke humuspodzol-B (...Wz)	zavel- of kleidek (kWz)
	kleiig moerig (hWz)
	kleiarm moerig (aWz)
	moerig zonder eerdlaag (vWz)
	zanddek*) (zWz) BROEKEERDGRONDEN
niet-gerijpte zavel of klei (...Wo)	zavel- of kleidek (kWo)
	meestal moerig (Wo) PLASEERDGRONDEN
gerijpte zavel of klei (...Wg) MOERIGE EERDGRONDEN	zavel- of kleidek (kWg)
	meestal moerig (Wg) BROEKEERDGRONDEN

*) Vooral in het noordoosten van het land komen moerige gronden voor met een veenkoloniaal dek. Het veenkoloniaal dek bestaat uit een humushoudend zanddek of een moerige bovengrond van 15-25 cm dikte. Deze gronden worden, vanwege de kleine verschillen rondom de klassegrens (15% org stof), niet naar de samenstelling van de bovengrond onderverdeeld. Naar het al of niet voorkomen van een duidelijke humuspodzol-B-horizont worden ze onderverdeeld in lWp en lWz.

2.3.3 Zandgronden (H, Y, EZ, Z en S)

Zandgronden zijn minerale gronden (zonder een moerige bovengrond en moerige tussenlaag) waarvan het minerale materiaal binnen 80 cm - mv. voor meer dan de helft van die dikte uit zand bestaat. Binnen de zandgronden worden naar de aard van de bodemvorming onderscheiden:
- podzolgronden: gronden met een duidelijke podzol-B-horizont (...H... en ...Y...);
- eerdgronden: gronden met een minerale eerdlaag (EZ... en ...Z...);
- vaaggronden: gronden zonder een duidelijke bodemvorming (Z... en S...).

Podzolgronden hebben een inspoelingslaag (B-horizont), waarin organische stof al of niet samen met ijzer- en aluminiumverbindingen is opgehoopt. Podzolgronden worden naar de aard van de humus in de duidelijke podzol-B-horizont onderverdeeld in moder- en humuspodzolgronden; vervolgens worden de humuspodzolgronden onderverdeeld naar het al of niet voorkomen van hydromorfe kenmerken. Een verdere onderverdeling van alle podzolgronden is gebaseerd op de dikte van de humushoudende bovengrond en voor de moderpodzolgronden nog extra op het al of niet voorkomen van een banden-B in de ondergrond (tabel 4).

Tabel 4 Indeling van de podzolgronden

Aard van de humus in de duidelijke podzol-B-horizont	Hydromorfe kenmerken	Dikte (cm) van de humushoudende bovengrond	Voorkomen van een banden-B in de ondergrond
moder humus (...Y...) MODERPODZOL-GRONDEN	n.v.t.	0-30	nee HOLTPODZOLGRONDEN (Y...)
			ja HORSTPODZOLGRONDEN (Y...b)
		30-50	n.v.t. LOOPODZOLGRONDEN (cY...)
amorfe humus (...H...) HUMUSPODZOL-GRONDEN	zonder ijzerhuidjes (...Hn...)	0-30	n.v.t VELDPODZOLGRONDEN (Hn...)
		30-50	n.v.t. LAARPODZOLGRONDEN (cHn...)
	met ijzerhuidjes (...Hd...)	0-30	n.v.t. HAARPODZOLGRONDEN (Hd...)
		30-50	n.v.t. KAMPPODZOLGRONDEN (cHd...)

Eerdgronden hebben een minerale eerdlaag. Zandgronden met een minerale eerdlaag dikker dan 50 cm behoren onafhankelijk van het voorkomen van een duidelijke podzol-B-horizont eveneens tot de eerdgronden. De eerdgronden worden naar de dikte van de minerale eerdlaag onderverdeeld in dunne (15-30 cm), matig dikke (30-50 cm), dikke (50-80 cm) en zeer dikke (>80 cm) eerdgronden. Vervolgens worden de dunne en matig dikke eerdgronden onderverdeeld naar het al of niet voorkomen van hydromorfe kenmerken en de dikke eerdgronden naar de ligging ten opzichte van het grondwater. Een verdere onderverdeling van de beek- en enkeerdgronden is gebaseerd op de kleur van de minerale eerdlaag (tabel 5).

Tabel 5 Indeling van de eerdgronden

Dikte (cm) van de minerale eerdlaag	Hydromorfe kenmerken	Kleur van de minerale eerdlaag
dun (15-30) (tZ....)	**zonder ijzerhuidjes en met roest (tZg...)** BEEKEERDGRONDEN	**zwart** (tZg...) ZWARTE BEEKEERDGRONDEN
		bruin (btZg...) BRUINE BEEKEERDGRONDEN
	zonder ijzerhuidjes en zonder roest (tZn...) GOOREERDGRONDEN	
	met ijzerhuidjes (tZd...) KANTEERDGRONDEN	
matig dik (30-50) (cZ....)	**zonder ijzerhuidjes en met roest (cZg...)** BEEKEERDGRONDEN	**zwart** (cZg...) ZWARTE BEEKEERDGRONDEN
		bruin (bcZg...) BRUINE BEEKEERDGRONDEN
	zonder ijzerhuidjes en zonder roest (cZn...) GOOREERDGRONDEN	
	met ijzerhuidjes (cZd...) AKKEREERDGRONDEN	
dik (50-80) (...EZ....)	**n.v.t.**	**zwart** (zEZ....) ZWARTE ENKEERDGRONDEN
		bruin (bEZ....) BRUINE ENKEERDGRONDEN
zeer dik (>80) (d...EZ....)	**n.v.t.**	**zwart (dzEZ....)** ZWARTE ENKEERDGRONDEN
		bruin (dbEZ....) BRUINE ENKEERDGRONDEN

Vaaggronden zijn gronden zonder duidelijke bodemvorming, dus waarvan de horizonten dermate zwak of onduidelijk (vaag) zijn ontwikkeld, dat ze niet voldoen aan de eisen die bijvoorbeeld aan een duidelijke podzol-B-horizont of aan een minerale eerdlaag worden gesteld. De vaaggronden worden naar het al of niet voorkomen van hydromorfe kenmerken onderverdeeld. Vervolgens worden de gronden met ijzerhuidjes onderverdeeld op basis van het al of niet voorkomen van een bruine laag in de positie van een B-horizont (tabel 6).

Tabel 6 Indeling van de vaaggronden

Hydromorfe kenmerken	Bruine laag in de positie van een B-horizont
zonder ijzerhuidjes en met roest (Zg...) BEEKVAAGGRONDEN	
zonder ijzerhuidjes en zonder roest (Zn... en Sn...) VLAKVAAGGRONDEN*)	
met ijzerhuidjes (Z...)	nee (Zd...) DUINVAAGGRONDEN
	ja (Zb...) VORSTVAAGGRONDEN

*) Het verschil in de codes Zn... en Sn... is gebaseerd op verschil in textuur. De vlakvaaggronden Sn... zijn bijzonder lutumarme gronden; dit zijn zandgronden waarvan het minerale materiaal binnen 80 cm - mv. voor meer dan de helft van de dikte uit kleiig (5-8% lutum), uiterst fijn (M50: 50-105 µm) zand bestaat.

Alle zandgronden (behalve de bijzonder lutumarme gronden) zijn verder onderverdeeld naar de textuur van de laag 0-30 cm - mv.:

zandgrofheid (M50):
- uiterst fijn zand (1...);
- uiterst fijn en zeer fijn zand (2...);
- zeer fijn zand (3...);
- zeer fijn en matig fijn zand (4...);
- matig fijn zand (5...);
- matig fijn en matig grof zand (6...);
- matig grof zand (7...);
- matig grof en zeer grof zand (8...);
- zeer grof zand (9...).

leemklasse:
- leemarm (...1);
- leemarm en zwak lemig (...2);
- zwak lemig (...3);
- zwak en sterk lemig (...4);
- sterk lemig (...5);
- sterk en zeer sterk lemig (...6);
- zeer sterk lemig (...7).

De bijzonder lutumarme gronden zijn alleen onderverdeeld naar het leemgehalte:
- zwak en sterk lemig (13);
- zeer sterk lemig (14).

Een laatste onderverdeling van de vaaggronden is als volgt:
- kalkhoudend (...A);
- kalkloos (geen extra letter).

2.3.4 Kleigronden (M, R, BZ, K en EK)

Kleigronden zijn minerale gronden (zonder een moerige bovengrond en moerige tussenlaag) waarvan het minerale materiaal binnen 80 cm - mv. voor meer dan de helft van die dikte uit zavel of klei bestaat. De kleigronden worden naar hun genese (ontstaanswijze) en ouderdom onderverdeeld in:
- zeekleigronden (...M...);
- rivierkleigronden (...R...);
- oude rivierkleigronden (...K... en BZ...);
- oude kleigronden (...K...) met uitzondering van de oude rivierkleigronden.

De zee- en rivierkleigronden worden onderverdeeld naar de mate van rijping, de dikte van de humushoudende bovengrond en hydromorfe kenmerken. De kleigronden met een dikke (>50 cm) minerale eerdlaag, tuineerdgronden (EK...), worden niet naar hun genese en ouderdom onderverdeeld (tabel 7).

De oude rivierkleigronden worden onderverdeeld naar het al of niet voorkomen van een briklaag, de dikte van de humushoudende bovengrond, en begindiepte van roest- en/of reductievlekken (tabel 8).

De oude kleigronden met uitzondering van de oude rivierkleigronden worden onderverdeeld naar de aard van het materiaal en naar de dikte van de humushoudende bovengrond (tabel 9).

Alle kleigronden worden vervolgens onderverdeeld naar:

de textuur van de laag van 0-30 cm - mv.:
- zeer lichte zavel (0...);
- zeer lichte en matig lichte zavel (2...);
- matig lichte zavel (1...);
- zware zavel (3...);
- zware zavel en lichte klei (4...);
- lichte klei (5...);
- lichte en matig zware klei (6...);
- matig zware klei (7...);
- matig zware en zeer zware klei (8...);
- zeer zware klei (9...).

het profielverloop:
- geen indeling naar profielverloop (...0...);
- meer dan 40 cm moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm - mv. (...1...);
- met een zandlaag van tenminste 20 cm dikte of een zandondergrond die dieper dan 25, maar ondieper dan 80 cm - mv. begint (...2...);
- met kalkloze zware kleitussenlaag (...3...);
- kalkloze zware klei binnen 80 cm - mv. beginnend en dieper dan 120 cm - mv. doorlopend of tussen 80 en 120 cm - mv. overgaand in moerig materiaal (...4...);
- met een homogeen of geleidelijk oplopend of aflopend profiel (...5...).

Tabel 7 Indeling van de zee- en rivierkleigronden

Rijping	Voorkomen en dikte (cm) van de minerale eerdlaag	Hydromorfe kenmerken
geheel of bijna ongerijpt **SLIKVAAGGRONDEN** **(MOo... en ROo...)**		
half of bijna gerijpt **GORSVAAGGRONDEN** **(MOb... en ROb...)**		
gerijpt	**ja, >50** **TUINEERDGRONDEN** **(EK...)**	
	ja, 30-50 (cM... en cR...)	**met moerig materiaal (dikker dan 40 cm) beginnend tussen 40-80 cm - mv.** **LIEDEERDGRONDEN (cMv... en cRv...)**
		met roest- en/of reductievlekken binnen 50 cm - mv. **WOUDEERDGRONDEN (cMn... en cRn...)**
		zonder roest- en/of reductievlekken binnen 50 cm - mv. **HOFEERDGRONDEN (cMd... en cRd...)**
	ja, 15-30 (tM... en tR...)	**met moerig materiaal (dikker dan 40 cm) beginnend tussen 40-80 cm - mv.** **LIEDEERDGRONDEN (tMv... en tRv...)**
		met een niet gerijpte minerale ondergrond **TOCHTEERDGRONDEN (tMo... en tRo...)**
		met roest- en/of reductievlekken binnen 50 cm - mv. **LEEKEERDGRONDEN (tMn... en tRd...)**
		zonder roest- en/of reductievlekken binnen 50 cm - mv. **HOFEERDGRONDEN (tMd... EN tRd...)**
	nee, n.v.t. (M... en R...)	**met moerig materiaal (dikker dan 40 cm) beginnend tussen 40-80 cm mv.** **DRECHTVAAGGRONDEN (Mv... en Rv...)**
		met een niet gerijpte minerale ondergrond **NESVAAGGRONDEN (Mo... en Ro...)**
		met roest- en/of reductievlekken binnen 50 cm - mv. **POLDERVAAGGRONDEN (Mn... en Rn...)**[*)]
		zonder roest- en/of reductievlekken binnen 50 cm - mv. **OOIVAAGGRONDEN (Md... en Rd...)**

[*)] **De poldervaaggronden in zeeklei worden naar de aard of samenstelling van de klei nog onderverdeeld in:**
- **knippig (gMn...);**
- **knip (kMn...);**
- **gebroken (oMn...);**
- **normaal (geen extra letter).**

De poldervaaggronden in rivierklei worden naar de kleur of samenstelling van de klei nog onderverdeeld in:
- **bruine kom (bRn...);**
- **gebroken (oRn...);**
- **normaal (geen extra letter).**

Tabel 8 Indeling van de oude rivierkleigronden

Voorkomen van een briklaag	Voorkomen en dikte (cm) van de minerale eerdlaag	Begindiepte van roest- en/of reductievlekken
ja (...BK...)	ja, 30-50 (cBK...)	vanaf de E-horizont KUILBRIKGRONDEN (cBKn...)
		vanaf de Bt-horizont DAALBRIKGRONDEN (cBKh...)
		dieper dan de Bt-horizont RADEBRIKGRONDEN (cBKd...)
	ja, 15-30 (tBK...)	vanaf de E-horizont KUILBRIKGRONDEN (tBKn...)
		vanaf de Bt- horizont DAALBRIKGRONDEN (tBKh...)
		dieper dan de Bt-horizont RADEBRIKGRONDEN (tBKd...)
	nee, n.v.t. (BK...)	vanaf de E-horizont KUILBRIKGRONDEN (BKn...)[1]
		vanaf de Bt-horizont DAALBRIKGRONDEN (BKh...)[2]
		dieper dan de Bt-horizont RADEBRIKGRONDEN (BKd...)[3]
nee (...KR...)	ja, 30-50 (cKR...)	binnen 50 cm - mv. WOUDEERDGRONDEN (cKRn...)
		dieper dan 50 cm - mv. HOFEERDGRONDEN (cKRd...)
	ja, 15-30 (tKR...)	binnen 50 cm - mv. LEEKEERDGRONDEN (tKRn...)
		dieper dan 50 cm - mv. HOFEERDGRONDEN (tKRd...)
	nee, n.v.t. (KR...)	binnen 50 cm - mv. POLDERVAAGGRONDEN (KRn...)
		dieper dan 50 cm - mv. OOIVAAGGRONDEN (KRd...)

[1] met een zandbovengrond: BEEMDBRIKGRONDEN (BZn...)
[2] met een zandbovengrond: DELBRIKGRONDEN (BZh...)
[3] met een zandbovengrond: ROOIBRIKGRONDEN (BZd...)

Tabel 9 Indeling van de oude kleigronden (m.u.v. de oude rivierkleigronden)

Aard van het materiaal	Voorkomen en dikte (cm) van de minerale eerdlaag
keileem of potklei (...KX...)	**ja, 30-50** **WOUDEERDGRONDEN (cKX...)**
	ja, 15-30 **LEEKEERDGRONDEN (tKX...)**
	nee, n.v.t. **POLDERVAAGGRONDEN (KX..)**
kleefaarde (...KM...)	**ja, 30-50** **WOUDEERDGRONDEN (cKM...)**
	ja, 15-30 **LEEKEERDGRONDEN (tKM...)**
	nee, n.v.t. **POLDERVAAGGRONDEN (KM...)**
krijt (...KD...)	**ja, 30-50** **WOUDEERDGRONDEN (cKD...)**
	ja, 15-30 **LEEKEERDGRONDEN (tKD...)**
	nee, n.v.t. **POLDERVAAGGRONDEN (KD...)**
glauconiet (...KG...)	**ja, 30-50** **WOUDEERDGRONDEN (cKG...)**
	ja, 15-30 **LEEKEERDGRONDEN (tKG...)**
	nee, n.v.t. **POLDERVAAGGRONDEN (KG...)**
overige oude klei (...KT...)	**ja, 30-50** **WOUDEERDGRONDEN (cKT...)**
	ja, 15-30 **LEEKEERDGRONDEN (tKT...)**
	nee, n.v.t. **POLDERVAAGGRONDEN (KT...)**

Een laatste onderverdeling van de zee- en rivierkleigronden op basis van het kalkverloop is als volgt:
- kalkrijk (...A);
- kalkhoudend (...B);
- kalkloos (...C).

2.3.5 Leemgronden (BL, EL en L)

Leemgronden zijn minerale gronden (zonder een moerige bovengrond en moerige tussenlaag) waarvan het minerale materiaal binnen 80 cm - mv. voor meer dan de helft van die dikte uit leem bestaat. De leemgronden worden naar het al of niet voorkomen van een briklaag onderverdeeld.

Leemgronden met een briklaag worden onderverdeeld naar de begindiepte van roest- en/of reductievlekken, en de plaats van de briklaag in het profiel (tabel 10).

Tabel 10 Indeling van de leemgronden met een briklaag

Begindiepte van roest- en/of reductievlekken	Plaats van de briklaag in het profiel
vanaf de E-horizont KUILBRIKGRONDEN (BLn...)	
vanaf de Bt-horizont DAALBRIKGRONDEN (BLh...)	
dieper dan de Bt-horizont	in of direkt onder de bouwvoor BERGBRIKGRONDEN (BLb...)
	duidelijk dieper dan de bouwvoor RADEBRIKGRONDEN (BLd...)

Tabel 11 Indeling van de leemgronden zonder briklaag

Voorkomen en dikte (cm) van de minerale eerdlaag	Begindiepte van roest- en/of reductievlekken
ja, >50 TUINEERDGRONDEN (EL...)	
ja, 30-50 (cL...)	binnen 50 cm - mv. WOUDEERDGRONDEN (cLn...)
	tussen 50-80 cm - mv. WOUDEERDGRONDEN (cLh...)
	dieper dan 80 cm - mv. HOFEERDGRONDEN (cLd...)
ja, 15-30 (tL...)	binnen 50 cm - mv. LEEKEERDGRONDEN (tLn...)
	tussen 50-80 cm - mv. LEEKEERDGRONDEN (tLh...)
	dieper dan 80 cm - mv. HOFEERDGRONDEN (tLd...)
nee, n.v.t. (L...)	binnen 50 cm - mv. POLDERVAAGGRONDEN (Ln...)
	tussen 50-80 cm - mv. POLDERVAAGGRONDEN (Lh...)
	dieper dan 80 cm - mv. OOIVAAGGRONDEN (Ld...)

Leemgronden zonder een briklaag worden onderverdeeld naar de dikte van de humushoudende bovengrond en de begindiepte van roest- en/of reductievlekken (tabel 11).

Alle leemgronden worden vervolgens onderverdeeld naar de textuur van de laag van 0-30 cm - mv.:
- zandige leem (...5);
- siltige leem (...6).

In Zuid-Limburg kunnen de leemgronden zonder briklaag verder worden onderverdeeld naar landschappelijke ligging:
- in situ (geen extra letter);
- hellingfase (...h);
- hellingvoetfase (...c);
- dalfase (...d).

2.3.6 Toevoegingen en vergravingen

Toevoegingen
Een aantal bodemkundige verschijnselen kan niet gebruikt worden als criterium bij de indeling van de gronden; het aantal bodemeenheden zal onnodig groot worden. Daarom worden deze verschijnselen in kaart gebracht in de vorm van toevoegingen. Toevoegingen geven extra informatie over de bodemeenheden.

De toevoegingen worden met een kleine letter in het rapport en met een kleine letter en/of signatuur op de kaart aangegeven.

Toevoegingen vóór de code hebben betrekking op de bovengrond; toevoegingen achter code hebben betrekking op verschijnselen onder de bouwvoor en meestal dieper dan 40 cm - mv.

Vergravingen
Met vergravingen zijn terreinen aangegeven die zijn verwerkt. De grond moet, beginnend tussen 20 en 40 cm diepte, over ten minste 20 cm heterogeen zijn, maar kan nog wel in een normale legenda-eenheid worden ondergebracht.

De vergravingen worden in het rapport met een hoofdletter achter de code en op de kaart met een schop-signatuur aangegeven.

2.3.7 Overige onderscheidingen

Overige onderscheidingen omvatten delen van een gebied die buiten het bodemgeografisch onderzoek zijn gehouden, zoals bebouwing, water, moeras, dijken, wegen en sterk opgehoogde terreinen.

2.4 Indeling van het grondwaterstandsverloop in grondwatertrappen

De grondwaterstand op een bepaalde plaats varieert in de loop van een jaar. Doorgaans zal het niveau in de winter hoger zijn (neerslag groter dan verdamping) dan in de zomer (verdamping groter dan neerslag). Bovendien verschillen grondwaterstanden ook van jaar tot jaar op hetzelfde tijdstip (Van Heesen en Westerveld 1966). Het jaarlijks wisselend verloop van de grondwaterstand op een bepaalde plaats kan gekarakteriseerd worden door een gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand, gecombineerd met een gemiddeld laagste zomergrondwaterstand (GHG en GLG, par. 2.2.2.1).

De waarden die voor de GHG en de GLG worden gevonden, kunnen van plaats tot plaats vrij sterk variëren. Daarom is de klasse-indeling, die op basis van de GHG en de GLG is ontworpen, betrekkelijk ruim van opzet (De Vries en Van Wallenburg 1990). Elk van deze klassen, de grondwatertrappen (Gt's), is door een GHG- en GLG-traject gedefinieerd (tabel 12).

Tabel 12 Indeling van de grondwatertrappen

Grondwatertrap	Gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand GHG (cm - mv.)	Gemiddeld laagste zomergrondwaterstand GLG (cm - mv.)
Ia	**< 25**	**< 50**
Ic	**> 25**	**< 50**
IIa	**< 25**	**50- 80**
IIb	**25- 40**	**50- 80**
IIc	**> 40**	**50- 80**
IIIa	**< 25**	**80-120**
IIIb	**25- 40**	**80-120**
IVu	**40- 80**	**80-120**
IVc	**> 80**	**80-120**
Vao	**< 25**	**120-180**
Vad	**< 25**	**>180**
Vbo	**25- 40**	**120-180**
Vbd	**25- 40**	**>180**
VIo	**40- 80**	**120-180**
VId	**40- 80**	**>180**
VIIo	**80-140**	**120-180**
VIId	**80-140**	**>180**
VIIIo	**>140**	**120-180**
VIIId	**>140**	**>180**

Met een letter voor de code kan een extra omschrijving van de grondwatertrap worden aangegeven bijvoorbeeld:

- b... buiten de hoofdwaterkering gelegen gronden en periodiek overstroomd;
- s... schijngrondwaterstanden, het niveau van de 'GHG' wordt bepaald door periodiek optredende grondwaterstanden boven een slecht doorlatende laag, waaronder weer een onverzadigde zone voorkomt. Deze letter wordt alleen aangegeven bij gronden met een grondwaterfluktuatie (GLG-'GHG') van meer dan 120 cm;
- w... water boven maaiveld gedurende een aaneengesloten periode van meer dan 1 maand tijdens de winterperiode, bij gronden binnen de hoofdwaterkering.

Met een letter achter de Gt-code is een gedetailleerdere aanduiding toegevoegd:

voor de GHG:
- ...a tussen 0 en 25 cm - mv.;
- ...b tussen 25 en 40 cm - mv.;
- ...u tussen 40 en 80 cm - mv.;
- ...c tussen 80 en 120 cm - mv.

voor de GLG:
- ...o tussen 120 en 180 cm - mv.;
- ...d dieper dan 180 cm - mv.

Wanneer aan een kaartvlak een bepaalde grondwatertrap is toegekend, wil dat zeggen dat de GHG en GLG van de gronden binnen dat vlak, afgezien van afwijkingen door onzuiverheden, zullen liggen binnen de grenzen die voor die bepaalde grondwatertrap gesteld zijn. Daarmee wordt dus informatie gegeven over de grondwaterstanden die er in de winter of zomer van een gemiddeld jaar mogen worden verwacht.

2.5 Opzet van de legenda

In de legenda's van de bodem- en grondwatertrappenkaart, schaal 1 : 10 000 of 1 : 25 000, worden de verschillen in bodemgesteldheid weergegeven in de vorm van:
- legenda-eenheden;
- toevoegingen en vergravingen;
- grondwatertrappen.

Legenda-eenheden bestaan voor ten minste 70% van hun oppervlakte uit gronden met een groot aantal overeenkomende kenmerken en eigenschappen. Iedere legenda-eenheid heeft een eigen code en wordt met een niet-onderbroken lijn omgrensd: de bodemgrens. Op de bodemkaart wordt hun verbreiding in kleur weergegeven.

Toevoegingen en vergravingen worden gebruikt om een bepaald profielkenmerk aan te geven dat over een gedeelte of over het gehele oppervlak van één of meer legenda-eenheden voorkomt. Ze worden omgrensd met een onderbroken lijn voorzover deze niet samenvalt met een bodemgrens.

Grondwatertrappen geven de gemiddelde fluctuatie van het grondwater weer. Ze worden in codes op de bodem- en grondwatertrappenkaart aangegeven. Op de grondwatertrappenkaart wordt de verbreiding in kleur weergegeven. Ze worden omgrensd met een niet-onderbroken lijn die op de bodemkaart een blauwe en op de grondwatertrappenkaart een zwarte kleur heeft.

Een combinatie van legenda-eenheid + eventuele toevoeging + grondwatertrap heet kaarteenheid.

Voorbeeld:

legenda-eenheid	cHn55		
toevoeging		x	
grondwatertrap			Vbd
kaarteenheid	cHn55/x-Vbd		

Kaarteenheden vormen de beoordelingseenheid bij het vaststellen van de bodemgeschiktheid (hoofdstuk 3). Bij elke legenda-eenheid hoort tenminste één kaarteenheid, maar afhankelijk van het aantal combinaties met grondwatertrappen en toevoegingen zullen er doorgaans meer kaarteenheden voorkomen.

Enkele, in hoofdzaak geografische, bijzonderheden worden op de bodem- en grondwatertrappenkaart vermeld als overige onderscheidingen. Deze onderscheidingen kunnen verdeeld worden in vlak-, lijn- en puntgegevens.

3 Bodemgeschiktheidsbeoordeling

Onder bodemgeschiktheid wordt verstaan de mate waarin de grond, wat zijn eigenschappen betreft, voldoet aan de eisen die er voor een bepaald bodemgebruik aan worden gesteld.

Uit de gegevens over de bodemgesteldheid kan niet direct worden afgeleid welke geschiktheid de gronden hebben voor een bepaald bodemgebruik. De bodemkundige gegevens moeten geïnterpreteerd worden volgens een systeem dat landelijk wordt toegepast en waarvoor landelijke normen gelden (Haans, red. 1979; Van Soesbergen et al. 1986; Van der Knaap en Wopereis 1987).

3.1 Interpretatieprocedure

Interpretatie van bodemkaarten voor de bodemgeschiktheidsbeoordeling is het doen van uitspraken of voorspellingen over het gedrag of de reactie van de grond bij een bepaalde behandeling/ingreep, en over de daaruit voortvloeiende geschiktheid van de grond voor een bepaalde gebruiksvorm. Het doel van de interpretatieprocedure is waarnemingen over de bodemgesteldheid pasklaar te maken voor een bepaalde toepassing.

De basis voor de interpretatieprocedure (fig.) is de bodemkaart. Aan de kaarteenheden worden via de legenda en de bij de kaart behorende toelichting gegevens ontleend over bodemeigenschappen en/of kenmerken van de kaarteenheden, o.a. organischestofgehalte, textuur en grondwatertrap. Vervolgens worden met deze kenmerken in de meeste gevallen specifieke, doelgerichte combinaties, de z.g. beoordelingsfactoren, afgeleid.

Bepaalde combinaties van beoordelingsfactoren leiden tot een bepaalde geschiktheidsklasse die uit een sleutel kan worden afgelezen (par. 2.6.3). Voor elk bodemgebruik is maar een beperkt aantal beoordelingsfactoren bepalend voor de geschiktheid. In tabel 13 wordt aangegeven welke dit zijn.

3.2 Beoordelingsfactoren

Een beoordelingsfactor karakteriseert een belangrijk bodemgebruiksproces, een gedragaspect van de grond of een groeiplaatsomstandigheid, en beschrijft het niveau hiervan (Van Soesbergen et al. 1986). Voorbeelden van beoordelingsfactoren zijn het vochtleverend vermogen en de stevigheid van de bovengrond (tabel 13). Een beoordelingsfactor berust op een combinatie van bodemeigenschappen. Zo wordt de beoordelingsfactor stevigheid van de bovengrond bepaald door eigenschappen als textuur, dichtheid en organisch-stofgehalte van de bovengrond, en drukhoogte van het bodemvocht bij GHG en GVG na een periode met weinig neerslag. Soms worden

er ook niet-bodemkundige factoren in betrokken, zoals bij de beoordelingsfactor vochtleverend vermogen, waarop niet alleen bodemkundige factoren, maar ook klimaatsfactoren (neerslag en verdamping) van invloed zijn.

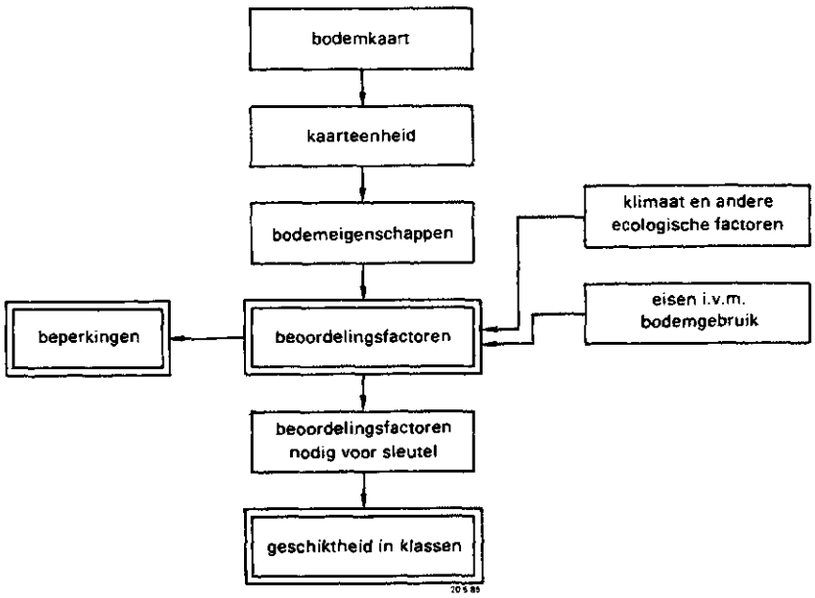


Fig. Schema van de interpretatieprocedure (dubbele omkadering = 'eindprodukt' van de interpretatie)

Het niveau of de grootte van een door een beoordelingsfactor aangeduid proces of gedragsaspect van de grond wordt meestal aangegeven met een waarderingscijfer, gradatie genoemd.

Bij een aantal beoordelingsfactoren (storing in de verticale waterbeweging, microreliëf, nachtvorstgevoeligheid, stenigheid, erosiegevoeligheid en dikte van de A-horizont(en)) worden geen gradaties onderscheiden, omdat ze incidenteel worden gebruikt, en/of omdat de gradaties niet eenduidig te beschrijven zijn. Met het aangeven van een speciaal teken wordt geattendeerd op een beoordelingsfactor (attenderingsfactor). Deze beoordelingsfactoren kunnen daarmee de geschiktheid naar een ander niveau brengen.

In de paragrafen 3.2.1 t/m 3.2.14 wordt een korte toelichting gegeven op de afzonderlijke beoordelingsfactoren. Voor uitvoeriger informatie wordt verwezen naar Van Soesbergen et al. (1986) en Van der Knaap en Wopereis (1987).

Tabel 13 De beoordelingsfactoren en het bodemgebruik waarvoor ze al (+) of niet (-) worden toegepast

Beoordelingsfactor	akker-bouw	weide-bouw	bos-bouw	tuin-bouw*)	fruit-teelt	boom-kwe-kerij
Ontwateringstoestand	+	+	+	+	+	+
Vochtleverend vermogen	+	+	+	+	+	+
Stevigheid van de bovengrond	+	+	-	-	-	-
Verkruimelbaarheid	+	-	-	+	+	+
Slempgevoeligheid	+	-	-	+	x	+
Stuifgevoeligheid	+	-	-	x	-	+
Voedingstoestand	-	-	+	-	-	-
Zuurgraad	-	-	+	-	-	+
Storing in de verticale waterbeweging	-	-	-	+	+	x
Microreliëf	x	-	-	x	x	x
Nachtvorstgevoeligheid	x	-	-	x	x	-
Steenigheid	x	-	-	x	x	x
Eroslegevoeligheid	x	-	-	x	x	-
Dikte van de A-horizont(en)	-	-	-	-	-	+

x bij genoemd bodemgebruik alleen van toepassing onder bijzondere omstandigheden

*) tuinbouw onder glas en in de volle grond

3.2.1 Ontwateringstoestand

De beoordelingsfactor ontwateringstoestand is niet alleen een aanduiding voor de ontwatering, maar ook voor de luchthuishouding van een grond. De ontwateringstoestand geeft daardoor ook informatie over de zuurstofvoorziening van plantewortels en over de wijzigingen die zich hierin in de loop van het jaar voordoen onder invloed van neerslag, verdamping en afvoer. Het gaat vooral om de bovenste 50 tot 100 cm van de grond waarin zich de meeste plantewortels bevinden en waarin zich het bodemleven afspeelt.

Het lucht- (en water)gehalte van de grond is afhankelijk van de poriënfractie en de poriëngrootteverdeling, en in belangrijke mate van de grondwaterstand. Daarom wordt voor deze beoordelingsfactor de gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand (GHG) als voornaamste maatstaf voor de indeling gebruikt. Er zijn vijf gradaties in de beoordelingsfactor ontwateringstoestand onderscheiden (tabel 14).

Tabel 14 Gradatie in ontwateringstoestand als afhankelijke van de grondwatertrap

Gradatie		Grondwatertrap (Gt)	GHG-referentie-waarde (cm - mv.)
code	benaming		
1	zeer diep	VIc, VIIo, VIId, VIIIo, VIIId	≥80
2	vrij diep	IIc, IVu, VIo	40-80
3	matig diep	Ic, IIb, IIIb, Vbo, Vbd	25-40
4	vrij ondiep	IIa, IIIa, Vao, Vad, soms Ia	15-25
5	zeer ondiep	Ia soms IIa	<15

3.2.2 Vochtleverend vermogen

De beoordelingsfactor vochtleverend vermogen duidt op de hoeveelheid vocht die een grond in een groeiseizoen van 150 dagen (1 april-1 september) en in een droog jaar (zgn. 10% droog jaar) aan de plantewortels kan leveren. Een 10% droog jaar is een jaar, waarvan aangenomen wordt dat de potentiële verdamping tijdens het groeiseizoen de neerslag met meer dan 200 mm overtreft (statistisch eens in de 10 jaar).

Het vochtleverend vermogen van de grond is afhankelijk van:
- de aard en opbouw van het bodemprofiel; belangrijk zijn vooral de dikte, het vochthoudend vermogen van de wortelzone en het capillair geleidingsvermogen van de ondergrond (kritieke z-afstand). In hoog boven het grondwater gelegen gronden wordt het vochtleverend vermogen voornamelijk bepaald door de hoeveelheid beschikbaar water in de wortelzone; het capillair aangevoerd water draagt weinig of niets bij aan het vochtleverend vermogen (hangwaterprofiel). In laaggelegen gronden is de vochtvoorziening vanuit het grondwater vrijwel onbeperkt (grondwaterprofiel). In gronden die tussen hoog en laag liggen, is het vochtleverend vermogen sterk afhankelijk van de aanvulling vanuit het grondwater, die weer afhankelijk is van het capillair geleidingsvermogen. De aanvulling is bij deze gronden slechts gedurende een deel van het groeiseizoen voldoende (tijdelijk grondwaterprofiel);
- het grondwaterstandsverloop; hiervan zijn vooral de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG) en de gemiddeld laagste grondwaterstand in een 10% droog jaar (LG3) van betekenis. De GVG is de gemiddelde grondwaterstand op 1 april.

Het vochtleverend vermogen wordt berekend met geschatte cijfers van eigenschappen van de gronden. Er zijn vijf gradaties in vochtleverend vermogen (tabel 15).

Tabel 15 Gradatie in vochtleverend vermogen als afhankelijke van de hoeveelheid vocht

Gradatie		Hoeveelheid vocht (mm)
code	benaming	in 10% droog jaar
1	zeer groot	≥200
2	vrij groot	150-200
3	matig	100-150
4	vrij gering	50-150
5	zeer gering	<50

3.2.3 Stevigheid van de bovengrond

De beoordelingsfactor stevigheid van de bovengrond duidt op het weerstandsvermogen van een begroeide bovengrond tegen betreden door vee en berijden met landbouwwerktuigen. Voldoende stevigheid van de bovengrond is voor weidebouw van belang voor:
- het op het juiste tijdstip toedienen van de eerste stikstofgift;
- de lengte van de weideperiode;

- de planning van beweiding en voederwinning;
- de beweiding zelf: beweidingsverliezen door vertrapping en berijding kunnen worden vermeden;
- het regelmatig kunnen uitrijden van drijfmest waardoor de opslagcapaciteit kleiner kan zijn.

Bij akkerbouw geeft onvoldoende stevigheid van de bovengrond moeilijkheden bij grondbewerking en oogstwerkzaamheden.

Een maat voor de stevigheid van de bovengrond is de indringingsweerstand die met een penetrometer met conusoppervlakte van 5 cm^2 en een tophoek van 60° wordt gemeten (Van Wallenburg en Hamming 1985). Indringingsweerstanden worden gemeten na een periode met droog weer en bij een grondwaterstand op ongeveer het niveau van de GHG (omstreeks februari - maart). Bij zwellende en krimpende gronden mogen deze metingen alleen worden uitgevoerd als de voorafgaande zomer en herfst niet extreem droog zijn geweest.

Voor weidebouw worden vijf gradaties (tabel 16) en voor akkerbouw worden drie gradaties onderscheiden (tabel 17).

Tabel 16 Gradatie in stevigheid van de bovengrond voor weidebouw als afhankelijke van de indringingsweerstand (MPa) bij GHG en GVG, en de gevoeligheid) voor vertrapping bij beweiden en voor insporing bij berijden per seizoen*

Gradatie		Indringingsweerstand		Gevoeligheid			
code	benaming	GHG	GVG	winter	lente	zomer	herfst
1	zeer groot	≥0,6	≥0,6	1	0	0	0
2	vrij groot	>0,3-0,6	≥0,6	2	1	0	0
3	matig	>0,3-0,6	>0,3-0,6	2	2	0	1
4	vrij gering	≤0,3	>0,3	3	2	1	2
5	zeer gering	≤0,3	≤0,3	3	3	2/3	3

*) 0 = niet; 1 = weinig of niet; 2 = matig; 3 = sterk gevoelig

Tabel 17 Gradatie in stevigheid van de bovengrond voor akkerbouw als afhankelijke van de indringingsweerstand (MPa) bij GHG

Gradatie		Indringingsweerstand
code	benaming	
1	zeer groot	≥0,6
2	vrij groot tot matig	0,3-0,6
3	gering	<0,3

3.2.4 Verkruimelbaarheid

De beoordelingsfactor 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.

Gradaties in verkruimelbaarheid kunnen worden afgeleid uit textuur, organische-stofgehalte en koolzure kalk van de bouwvoor, zoals is aangegeven in tabel 18. Deze tabel is afgeleid uit de tiendelige schaal voor bewerkbaarheid uit het waarderings-systeem van De Vries (1974) die ontleend is aan de resultaten van het onderzoek van Boekel (1972).

Of een bouwvoor het voor verkruimeling vereiste vochtgehalte bezit -in het voorjaar bij de grondbewerking en in het najaar bij het oogsten- hangt af van de ontwaterings-toestand en van het weer in de voorafgaande periode.

Er worden drie gradaties onderscheiden (tabel 18).

Tabel 18 Gradatie in verkruimelbaarheid als afhankelijke van de samenstelling van de bouwvoor

Gradatie		Vochtgehalte-traject	Samenstelling van de bouwvoor		
code	benaming		textuur klasse	org.-stof (%)	koolzure kalk (%)
1	gemakkelijk	breed	-	moerig	-
			zand, zandige leem lichte zavel	-	-
2	tamelijk gemakkelijk	betrekkelijk breed	zware zavel	>2	<0,5
				<2	-
			lichte klei siltige leem	-	-
3	moeilijk	nauw	zware klei	>5	<0,5
				<5	-

3.2.5 Slempgevoeligheid

De beoordelingsfactor slempgevoeligheid duidt aan in hoeverre de bodemaggregaten bestand zijn tegen:
- uiteenvallen in micro-aggregaten of in afzonderlijke korrels onder invloed van de neerslag;
- vervloeien bij hoge vochtgehalten.

Als alleen het bodemoppervlak verslempt, wordt gesproken van oppervlakkige slemp; bij opdrogen ontstaat dan een slempkorst. Zakt de gehele bouwvoor in elkaar, dan wordt gesproken van interne slemp.

Of slemp op een slempgevoelige grond werkelijk zal optreden, hangt onder meer af van de neerslag, de ontwateringstoestand en de begroeiing.

Door slemp wordt de aëratie van de grond ongunstig beïnvloed, waardoor de zuurstofvoorziening van de plantewortels in gevaar kan komen. Ook neemt de infiltratiecapaciteit en het waterbergend vermogen van de grond af. Een slemplaag of -korst heeft nadelen voor o.a. de akkerbouw en tuinbouw: de grond droogt in het voorjaar langzaam op, de zuurstofvoorziening van ingezaaide gewassen komt in het gedrang en vooral bij fijnzadige gewassen kan de kiem beschadigen.

De gevoeligheid voor verslemping is een hoedanigheid van het bodemmateriaal zelf, die kan worden afgeleid uit het gehalte aan textuur, organische-stofgehalte en koolzure kalk van de bouwvoor. Deze factoren zijn dan ook gebruikt in tabel 19. De indeling is gebaseerd op het onderzoek van Albers (1980) en het waarderingssysteem van De Vries (1974). Op gronden met gradatie 1 treedt gemiddeld in minder dan 1 van de 10 jaren oppervlakkige en/of interne verslemping op. Op gronden met gradatie 2 treedt in 1 tot 5 van de 10 jaren duidelijk oppervlakkige en weinig interne slemp op. Gronden met gradatie 3 zijn in meer dan 5 van de 10 jaren onderhevig aan sterke oppervlakkige en veelal ook aan interne slemp.

Tabel 19 Gradatie in slempgevoeligheid als afhankelijke van de samenstelling van de bouwvoor

Gradatie		Samenstelling van de bouwvoor		
code	benaming	textuurklasse	org.-stof (%)	koolzure kalk (%)
1	gering	-	moerig	-
		leemarm zand klei	-	-
		zware zavel	-	>0,5
2	matig			<0,5
		siltige leem	-	-
		lichte zavel	>3	-
			<3	>0,5
3	groot			<0,5
		zandige leem	-	-

3.2.6 Stuifgevoeligheid

De beoordelingsfactor stuifgevoeligheid duidt de weerstand aan die de grond heeft tegen verstuiven. Verstuiven treedt vooral op in een droog voor- of najaar wanneer de grond (gedeeltelijk) kaal is; de onderlinge binding van de gronddeeltjes van de bouwvoor is dan te gering om de eroderende kracht van de wind te weerstaan als de bescherming door het gewas ontbreekt. Verstuiven leidt tot afname van het organische-stofgehalte, de vochthoudendheid, de chemische bodemvruchtbaarheid en de biologische activiteit. Verder kunnen ziekten en onkruiden zich verbreiden, kiemende zaden en zelfs aardappelen blootstuiven, jonge plantjes onderstuiven of beschadigd worden en sloten plaatselijk dichtstuiven.

Er bestaat geen methode om de gevoeligheid voor verstuiven van de grond te meten. Er is dan ook getracht richtlijnen te geven voor de vaststelling van de gradaties voor verstuiven van de grond die berusten op ervaringskennis. Belangrijk zijn de korrelgrootte van het zand en het vochtgehalte van de bovengrond. Grenzen voor de korrelgrootte van het zand en het vochtgehalte van de bovengrond kunnen nog niet worden aangegeven; ze staan daarom niet in tabel 20. Verder spelen bodemeigenschappen als lutum-, leem- en organische-stofgehalte een rol. Organische stof omvat soms ingedroogde (amorfe) organische stof (o.a. aangeploegd veen in de Veenkoloniën), alsook de echte humus. De echte humus komt zowel voor in de moder- als in de mullvorm. Mullhumus draagt in grote mate bij aan de binding, de moderhumus niet of nauwelijks, amorfe organische stof in droge vorm in het geheel niet. Er zijn aanwijzingen dat de kwaliteit van de organische stof gerelateerd is aan het lutumgehalte en, in wat mindere mate, aan het leemgehalte. Vandaar dat (voorlopig) alleen het lutum- en leemgehalte als richtlijnen worden gehanteerd voor het vaststellen van de gradaties voor stuifgevoeligheid (tabel 20). De indeling in gradaties is voornamelijk gebaseerd op het onderzoek van Booij (Bodemkaart, 1978), Brussel (1980) en Zuur (1948). De gradaties gelden bij vlakke, open ligging. Naast de genoemde bodemkenmerken zijn de graad van bodembedekking, grondbewerking en beschutting voor de wind belangrijk. Bepaalde gronden zijn erg stuifgevoelig, vooral droge, schrale zandgronden met lage organische-stofgehalten en gronden met zeer hoge organische-stofgehalten maar van een slechte kwaliteit (hoge C/N). Veelal verstuift de losse bovenlaag als die is opgedroogd of drooggevroren.

Er worden drie gradaties onderscheiden (tabel 20).

Tabel 20 Gradatie in stuifgevoeligheid als afhankelijke van lutum- en leemgehalte van de bouwvoor

Gradatie		Samenstelling bouwvoor	
code	benaming	lutum (%)	leem (%)
1	gering	>5	-
		3-5	>17,5
		<3	>32,5
2	matig	3-5	<17,5
		<3	10-32,5
3	groot	<3	<10

3.2.7 Voedingstoestand

De voedingstoestand duidt op de vruchtbaarheid (gehalte aan voor de boomgroei noodzakelijke voedingsstoffen) van een grond, die voorkomt wanneer deze grond ten minste de laatste 10-15 jaar met bos of met een half-natuurlijke vegetatie is begroeid en in die periode niet (meer) is bemest of bekalkt. De voedingstoestand wordt alleen gebruikt bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling voor bosbouw.

Er worden vijf gradaties onderscheiden (tabel 21).

Tabel 21 Gradatie in voedingstoestand

Gradatie	
code	benaming
1	zeer hoog
2	vrij hoog
3	matig
4	vrij laag
5	zeer laag

De voedingstoestand wordt niet rechtstreeks aan de grond waargenomen maar afgeleid uit de bodem, het bodemgebruik (tabel 22) en eventueel de spontane vegetatie (tabel 22 en 23).

Ingang van tabel 22 zijn de legenda-eenheden van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (kolommen 1 en 2). Uit kolom 3 (code legendagroep) blijkt dat deze legenda-eenheden voor de bosbouw-sleutel in drieën worden gedeeld, in deze kolom gecodeerd als 1, 2 en 3. Bij de toekenning van de gradaties is onderscheid gemaakt tussen gronden die een agrarisch bodemgebruik hebben en gronden onder bos of in natuurterreinen.

Op gronden met agrarisch bodemgebruik kunnen vrijwel alle boomsoorten ruimschoots van de nodige voedingsstoffen worden voorzien. Aan deze gronden wordt dan ook een zeer hoge of vrij hoge gradatie in voedingstoestand (1 of 2) toegekend (tabel 22, kolom 4).

Gronden in natuurterreinen en onder bos worden nog verder onderverdeeld door gebruik te maken van de spontane vegetatie. Gronden onder bos of in natuurterreinen behorend tot dezelfde legenda-eenheid hebben namelijk niet overal dezelfde voedingstoestand. Deze blijkt samen te hangen met de verschillen in vegetatietypen in de kruidlaag.

Deze relatie is onderzocht in naaldhoutbossen. De samenhang tussen vegetatietype en voedingstoestand wordt echter ook verondersteld in andere bossen en natuurterreinen. Daarom wordt ook daar gebruik gemaakt van de vegetatietypen uit tabel 23.

Tabel 22 Gradatie in voedingstoestand als afhankelijke van legenda-eenheid, bodemgebruik en vegetatietype

Legenda van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000			Gradaties in voedingstoestand										
Hoofdklassen	Codes legenda-eenheden	Code legenda-groep	Agrar. bodem-gebruik	Vegetatietypen in bos- en natuurterreinen (Bannink et al 1973)									
				0	K3 K2	K1 Z	K0	R4 R3	R2	R1.2 R1.1	H2 H1	A2 A1	A0
					VII	VI		V	IV	III	II	I	
Veen-gronden (V)	hV, heV, pV, kV	1	1	1-4	1	2			3			4	
	aV, aEV, zV, lV, V		2	2-5	2	3			4			5	
Moerige gronden (W)	vWz (kleilge bovengrond), kWz, uWz	2	1	1-4	1	2			3			4	
	vWz (kleiarme bovengrond), lWz, zWz, vWp, lWp, kWp		2	2-5	2	3			4			5	
	Wo, Wg	3	1	1-4	1	2			3			4	
Podzol-gronden (H en Y)	Y, Yb, cY	2	2	2-4	2			3				4	
	Hn, kHn, cHn, Hd, cHd, (Y30)		2	2-5	2	3			4			5	
Brikgronden (BK en BL) en Leemgronden (L)	BL6, BK, pL6, L6	2	1	1-4	1	2			3			4	
	BL5, BZ, pL6, L5		2	2-4	2				3			4	
Dikke eerdgronden (E)	EK	2	1	1-4	1	2			3			4	
	EZg, bEZ, EL		2	2-4	2				3			4	
	zEZ, (bEZ30)		2	2-5	2	3			4			5	
Kalkloze zandgronden (Z)	kpZg, kpZn, kZn, (pZg23 en Zn23 met 5-8% lutum)	2	1	1-4	1	2			3			4	
	pZg, Zb		2	2-4	2				3			4	
	pZn, tZd, cZd, Zn, Zd		2	2-5	2	3			4			5	
Kalkhoudende zandgronden (Z..A) en Bijzondere lutumarme gronden (S)	alle eenheden	2	1	1-4	1	2			3			4	
Zeekleigronden (M)	alle eenheden (zavel)	2	1	1-4	1	2			3			4	
en Rivierkleigronden (R)	alle eenheden (klei)	3	1	1-4	1	2			3			4	
Oude kleigronden	pKR, KR (zavel)	2	1	1-4	1	2			3			4	
	pKR, KR (klei)	3	1	1-4	1	2			3			4	
	KM, KG, KD, KT, KX (zavel)	2	1	1-5	1	2	3		4			5	
	KM, KG, KD, KT, KX (klei)	3	1	1-5	1	2	3		4			5	

Uit de resultaten van bovengenoemd onderzoek is gebleken dat op dezelfde grond bij aanwezigheid van een "arm" vegetatietype een geringere boomgroei voorkomt dan bij een "rijker" vegetatietype. Deze kennis stelt ons in staat een redelijke voorspelling van de boomgroei te geven als naast gegevens over de grond ook het vegetatietype bekend is.

Tabel 23 wekt de suggestie dat alle vegetatietypen op alle gronden kunnen voorkomen, hetgeen beslist niet het geval is. Zo beperkt het gezelschap van Duinriet en Zandzegge (KO) zich vrijwel tot de kalkhoudende duinvaaggronden. Voor de vaststelling van de gradaties worden daarom zowel de bodem (tabel 22, kolom 1 en 2) als de erop groeiende spontane vegetatie gebruikt. Tabel 23 geeft een overzicht van de voor dit doel gebruikte indeling in vegetatietypen met de daarbij behorende codes.

Tabel 23 Vegetatietypen in Nederlandse bossen (naar Bannink et al. 1973, gedeeltelijk herzien in 1985 en 1987)

Lichte bossen[1]		**Donkere bossen**[1]	
Gezelschap van:	**code Bannink et al.**	**Gezelschap van:**	**code Bannink et al.**
Zandzegge en Ruig Haarmos (veel open zand)	**A0**	[2]	
Rendiermos en Zand-Gaffeltand	**A1**	**Kantmos en Klauwtjesmos**	**I**
Rendiermos en Klauwtjesmos	**A2**		
Bronsmos, Klauwtjesmos en Gewoon Gaffeltandmos	**H1**	**Kronkelsteentje en Gewoon sterremos**	**II**
Bronsmos en Groot Laddermos	**H2**		
Bronsmos, Bochtige smele en Struisgrassen	**R1.1**	**Kronkelsteeltje, Wilde lijsterbes en Knikkend wilgeroosje**	**III**
Bronsmos en Wilde lijsterbes	**R1.2**		
Braam, Stekelvaren en Groot Laddermos	**R2**	**Stekelvaren en Liggend walstro**	**IV**
Gladde witbol, Valse salie en Braam	**R3**	**Wilde kamperfoelie, Stekelvaren en Drienerfmuur**	**V**
Framboos en Braam	**R4**		
Duinriet en Zandzegge (veel open zand)	**K0**	[2]	
Witte klaverzuring, Hazelaar en Drienerfmuur	**Z**	**Rankende helmbloem, Witte klaverzuring, Stekelvaren en Braam**	**VI**
Grote brandnetel en Stekelvaren	**K1**		
Dauwbraam, Vlasbekje en Hondstong	**K2**	**Witte klaverzuring, Dauwbraam, Robertskruid en Speenkruid**	**VII**
Dauwbraam en Robertskruid	**K3**		

[1] **afwezigheid van spontane vegetatie in bossen wordt aangegeven met code 0**
[2] **heeft geen tegenhanger in donker bos**

De vegetatietypen staan gerangschikt in een zgn. ecologische reeks van "arm" naar "rijk" resp. van boven naar beneden. Aangenomen wordt dat de "arme" typen op een relatief laag en de "rijke" typen op een relatief hoog gehalte aan voor de bomen noodzakelijke voedingsstoffen wijzen. Met behulp van tabel 22 kan nu bij elke combinatie van bodem (kolom 1 en 2) en vegetatie (vegetatietype uit tabel 23) de gradatie van de voedingstoestand worden afgelezen in de subkolommen van de laatste hoofdkolom.

Voor de codes van de gradatie van de voedingstoestand (1 t/m 5) wordt de code van de legenda-groep toegevoegd (1 t/m 3). Deze is noodzakelijk om de geschiktheidsklasse voor bosbouw vast te stellen met behulp van de sleutel.

3.2.8 Zuurgraad

De beoordelingsfactor zuurgraad geeft een aanduiding over de zuurgraad in de bewortelbare zone van een grond die ten minste 10-15 jaar met bos of half-natuurlijke vegetatie is begroeid en in die periode niet (meer) is bekalkt of bemest.

De zuurgraad is van betekenis voor de groei van bomen. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat bij naaldboomsoorten (met uitzondering van Pinus nigra) op gronden met pH-KCl > 4,5 à 5 storingen in de voedingsstoffenhuishouding optreden die op den duur hun weerslag op de groei hebben. Op sterk zure gronden (pH-KCl < ca. 3,5) kan de groei van loofboomsoorten, vooral populier en es, ernstig worden belemmerd.

In het algemeen kan gesteld worden dat kalkrijke gronden gradatie 1 hebben. Kalkloze (voor zover geen katteklei) en kalkarme zeeklei- en rivierkleigronden en een deel van de beekeerdgronden, leemgronden en oude kleigronden hebben gradatie 2. De overige gronden: de kalkloze pleistocene zandgronden en veel veengronden zonder zavel- of kleidek hebben gradatie 3. Hoewel het niet is voorgeschreven, kan het nuttig zijn gronden met pH-KCl < 3,5 te signaleren.

Er worden drie gradaties onderscheiden (tabel 24).

Tabel 24 Gradatie in zuurgraad als afhankelijke van de pH(KCl)

Gradatie		pH(KCl)
code	benaming	
1	neutraal	≥6,5
2	zwak zuur	4,5-6,5
3	sterk zuur	<4,5

3.2.9 Storing in de verticale waterbeweging

De beoordelingsfactor storing in de verticale waterbeweging wordt gebruikt om gronden af te kunnen zonderen, waarvan de wateroverlast niet of niet uitsluitend door verlaging van de grondwaterstand kan worden opgeheven. Bij de bepaling van de gradatie van de ontwateringstoestand kunnen dan wateroverlast en tijdelijke schijngrondwaterspiegels ten gevolge van een slecht doorlatende laag buiten beschouwing blijven. Dit is nodig om de geschiktheid na ingreep te kunnen vaststellen na een eventuele verbetering van de ontwateringstoestand of door verbreking van de langzaam doorlatende laag met behulp van een woeler. Een dergelijke grondbewerking is duur en de vruchtbaarheid van de bouwvoor vermindert er veelal door.

De beoordelingsfactor storing in de verticale waterbeweging geeft een aanduiding voor:
- een langzame verticale waterbeweging door het profieldeel boven het niveau van de ontwateringsdiepte. Waterstagnatie bevordert bij vruchtbomen het optreden van kanker (Nectria galligena);
- een trage capillaire aanvoer van water in en boven de storende laag bij grondwaterprofielen en tijdelijke grondwaterprofielen;
- een gebrekkig wortelstelsel door te grote dichtheid van de storende laag, waterstagnatie erboven en moeilijke bereikbaarheid eronder.

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

3.2.10 Microreliëf

Onder microreliëf worden hoogteverschillen verstaan van minimaal 10 à 30 cm over afstanden van één tot drie meter. Het komt onder andere voor in sommige veengebieden. Het hobbelige oppervlak geeft problemen bij de machinale behandeling van grasland. Komt microreliëf voor, dan wordt dit met het teken + aangegeven.

3.2.11 Nachtvorstgevoeligheid

De nachtvorstgevoeligheid van een grond hangt af van de profielopbouw, de terreinvorm, het vochtgehalte van de bovengrond of een combinatie hiervan.

Bij gronden met veel organische stof in de bovengrond, speciaal moerige gronden en veengronden, is de kans op nachtvorstschade groot. De oorzaak moet worden gezocht in de grote hoeveelheid lucht die de toplaag bevat, waardoor de bodemwarmte

slecht wordt geleid. Als gevolg daarvan kan in koude, heldere voorjaarsnachten de temperatuur aan het maaiveld beneden het vriespunt komen met als gevolg vorstschade aan de gewassen. Hoe meer vocht de toplaag kan vasthouden, hoe geringer de kans op nachtvorstschade. Een droge toplaag van veen is het meest gevoelig voor nachtvorst. Naarmate de genoemde gronden een dikker zanddek hebben, neemt de nachtvorstgevoeligheid af.

Bij een zelfde bodemopbouw en vochtgehalte zijn laag liggende gedeelten gevoeliger voor nachtvorst dan hogere, doordat koude lucht naar de laagste terreingedeelten stroomt. De kans op nachtvorstschade aan daarvoor gevoelige gewassen als aardappelen, maïs en bonen is dan groter. Er wordt onderscheid gemaakt in nachtvorstgevoeligheid als gevolg van de terreinvorm (laag deel) en als gevolg van de profielopbouw. Komt nachtvorstgevoeligheid voor, dan wordt dit met het teken + aangegeven.

3.2.12 Stenigheid

De beoordelingsfactor stenigheid duidt op de mate waarin stenen in de bovengrond de grondbewerking en oogst ongunstig kunnen beïnvloeden. Van stenigheid van de grond wordt gesproken als tussen 0 en 20-30 cm - mv. zoveel stenen voorkomen dat grondbewerking en oogst (bijv. van aardappels) bemoeilijkt worden en machines snel verslijten, breuk vertonen of vaker vastlopen. Dat komt in sterke mate voor bij ca. 10 stenen (diameter meer dan 6 cm) per m^2. Komt stenigheid in de bovengrond voor, dan wordt dit met het teken + aangegeven.

3.2.13 Erosiegevoeligheid

De beoordelingsfactor erosiegevoeligheid als gradatie verkeert nog in de ontwikkelingsfase en kan nog niet gebruikt worden bij de bodemgeschiktheidsbeoordeling. Als attenderingsfactor wordt het teken + gebruikt.

3.2.14 Dikte van de A-horizont(en)

Bij de teelt van kluitgoed in boomkwekerijen is de dikte van het humushoudende dek van belang omdat met het produkt tevens een hoeveelheid teelaarde in de vorm van een kluit wordt afgevoerd. Het gemiddeld kluitvolume in Brabant en Limburg van haagconiferen in de maat 60-80 en 80-100 cm bedraagt 4 resp. 5 liter.

In de sleutel is een tweedeling gemaakt in de humushoudende dekken, nl. dikker en dunner dan 30 cm.

Veengronden met een moerige eerdlaag (bijv. koopveengronden) worden in bodemgeschiktheid op één lijn gesteld met gronden met een A-horizont dikker dan 30 cm. Veengronden met een minerale eerdlaag (bijv. weideveengronden) vallen eveneens onder de kolom A-horizont dikker dan 30 cm. Veengronden en zandgronden zonder A-horizont zijn weinig of niet geschikt voor boomkwekerij, met uitzondering van de lemige vorstvaaggronden. Deze laatste zijn gelijk te stellen aan gronden met een A-horizont dikker dan 30 cm.

3.3 Bodemgeschiktheidsclassificatie en randvoorwaarden voor diverse vormen van bodemgebruik

Bij de bodemgeschiktheidsclassificatie worden de gronden gegroepeerd naar hun geschiktheid voor een bepaald bodemgebruik in een beperkt aantal geschiktheidsklassen. Elke vorm van bodemgebruik heeft een eigen bodemgeschiktheidsclassificatie. Deze bestaat uit drie hoofdklassen, die elk in een klein aantal, gewoonlijk twee tot vier, klassen worden onderverdeeld (tabel 25).

Tabel 25 Schema van de bodemgeschiktheidsclassificatie voor de verschillende vormen van bodemgebruik

Hoofdklassen	Klassen
1 Gronden met ruime mogelijkheden	1.1
	1.2
	1.3
	enz.
2 Gronden met beperkte mogelijkheden	2.1
	2.2
	2.3
	enz.
3 Gronden met weinig mogelijkheden	3.1
	3.2
	3.3
	enz.

In de volgorde 1, 2 en 3 geven de hoofdklassen een afnemende geschiktheid aan. De volgorde binnen de klassen kan, maar hoeft geen volgorde in geschiktheid aan te geven. Een klasse kan worden onderverdeeld naar de aard van de beperking(en) van de grond en kan evt. worden uitgebreid met een letter, bijv. 1.2n (n = verbetering van de ontwateringstoestand).

Onder de bodemgeschiktheid van de grond wordt verstaan de mate waarin die grond voldoet aan de eisen die er voor een bepaald bodemgebruik aan worden gesteld. Of de met de bodemgeschiktheidsklasse aangegeven mogelijkheden voor het genoemde bodemgebruik ook werkelijk verwezenlijkt kunnen worden, hangt niet alleen van de bodemgesteldheid af. Factoren als landinrichtingssituatie, bedrijfsinrichting, bedrijfsvoering en graad van mechanisatie zijn mede van groot belang voor de te behalen resultaten. Deze aspecten worden niet beoordeeld. Er wordt bij de geschiktheidsbeoordeling verondersteld dat dergelijke technische, economische en sociale

'niet-bodemfactoren' aan bepaalde voorwaarden voldoen. Zij worden voor iedere vorm van bodemgebruik onder het hoofd 'randvoorwaarden' opgesomd. Voor de vaststelling van de geschiktheid is voor elke vorm van bodemgebruik één sleutel opgesteld die voor het gehele land geldig is.

Vaststellen van de bodemgeschiktheid
Behalve de actuele geschiktheid, dat is de geschiktheid die geldt voor de bestaande bodemgesteldheid (afgeleid uit de gradaties van de beoordelingsfactoren), kan ook bepaald worden welke geschiktheid de gronden zullen hebben na bepaalde ingrepen, bijvoorbeeld verbeterde ontwatering. Als gevolg van zo'n ingreep zullen de gradaties van sommige beoordelingsfactoren veranderen en daarmee de geschiktheid. Er wordt dan gesproken van: geschiktheid voor (met naam genoemde gebruiksvorm) na (met naam genoemde ingreep), kortweg: geschiktheid na ingreep. De geschiktheidsclassificatie na ingreep geeft geen informatie over de kosten verbonden aan de ingreep, maar geeft alleen antwoord op de vraag wat de geschiktheid zal zijn na de realisering van een nieuwe bodemkundige en hydrologische situatie.

Voor informatie over de sleutels en het gebruik ervan voor de vaststelling van hoofdklassen en klassen wordt verwezen naar de literatuur (Van Soesbergen et al. 1986; en Van der Knaap en Wopereis 1987).

3.3.1 Akkerbouw

Randvoorwaarden
De bodemgeschiktheidsclassificatie gaat uit van een zuiver akkerbouwbedrijf van ten minste 30 ha (150-190 standaardbedrijfseenheden, sbe), met een bouwplan van 40% of meer hakvruchten en verder granen. Voor zover geen loon- of combinatiewerk wordt gebruikt, is de mechanisatiegraad zodanig, dat met een minimum aan mankracht de noodzakelijke werkzaamheden aan bodem en gewas kunnen worden uitgevoerd. Verkaveling en ontsluiting maken het mogelijk de gewassen in eenheden van grote oppervlakte te telen. De bodemvruchtbaarheid heeft het voor de bodemkundige situatie gewenste niveau. Het bedrijf wordt goed geleid. Iedere kaarteenheid wordt beoordeeld, alsof het gehele bedrijf uit grond van die eenheid bestaat.

Classificatie
De geschiktheid wordt afgeleid uit de combinatie van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:
- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- stevigheid van de bovengrond;
- verkruimelbaarheid;
- slempgevoeligheid.

In tabel 26 staat een omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen en in tabel 27 worden normen voor een hoog opbrengstniveau gegeven.

Tabel 26 Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor akkerbouw

1 Gronden met ruime mogelijkheden
1.1 Kleivruchtwisseling[1]; hoog opbrengstniveau[3]; weinig teeltrisico; goed berijd- en bewerkbaar
1.2 Kleivruchtwisseling[1]; matig tot hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele beperkt berijd- en bewerkbaar
1.3 Zandvruchtwisseling[2]; hoog opbrengstniveau[3]; weinig teeltrisico; goed berijd- en bewerkbaar
1.4 Zandvruchtwisseling[2]; matig tot hoog opbrengstniveau; enig teeltrisico; ten dele beperkt berijdbaar; goed bewerkbaar

2 Gronden met beperkte mogelijkheden
2.1 Vrij groot teeltrisico; veelal beperkt berijdbaar
2.2 Vrij groot teeltrisico; beperkt bewerkbaar
2.3 Vrij groot teeltrisico; vochttekort

3 Gronden met weinig mogelijkheden
3.1 Zeer groot teeltrisico; zeer beperkt berijdbaar of bewerkbaar
3.2 Zeer groot teeltrisico; groot vochttekort
3.3 Zeer groot teeltrisico; overstromingsgevaar

[1] kleivruchtwisseling; met op klei-, zavel- en leemgronden gebruikelijke gewassen zoals wintertarwe, zomergranen, aardappelen, suikerbieten, peulvruchten en handelsgewassen
[2] zandvruchtwisseling; met op moerige gronden en veengronden en zandgronden gebruikelijke gewassen: zomergranen, aardappelen, suikerbieten en maïs
[3] zie tabel 27

Tabel 27 Normen voor hoog opbrengstniveau (kg.ha^{-1})

Gewas	Vruchtwisseling	
	klei	zand
wintertarwe	> 8000	> 6500
zomertarwe	> 6000	> 5000
zomergerst	> 5500	> 4500
consumtie-aardappelen	>45000	>40000
suikerbieten	>55000	>45000
maïs (droge stof)		>13000

bron: PAGV 1986

3.3.2 Weidebouw

Randvoorwaarden

De bodemgeschiktheidsclassificatie gaat uit van een weidebedrijf, gericht op de melkveehouderij, met een oppervlakte van 20 ha of meer (150-190 standaardbedrijfseenheden, sbe) en een bezetting van ca. 2,5 stuks grootvee-eenheden (gve) per ha gras of per ha gras plus groenvoedergewassen (snijmaïs). Het vee graast in aantallen van enige tientallen stuks. Gedurende de weideperiode maken deze koppels tweemaal daags de gang naar de centrale melkstal. Drijfmest wordt uitgereden en/of geïnjecteerd op tijdstippen die voor de bedrijfsvoering en de grasgroei zo gunstig mogelijk zijn, waarbij rekening wordt gehouden met de periode waarvoor een uitrijverbod geldt. Er wordt stikstof in de vorm van kunstmest gegeven (100-400 kg/ha N). Voor de verzorging van het grasland, de winning van ruwvoer en het uitrijden van mest worden meestal zware werktuigen gebruikt. Verkaveling en ontsluiting zijn zodanig dat het mogelijk is verschillende beweidingssystemen toe te passen. De bodemvrucht-

baarheid heeft het gewenste niveau voor de bodemkundige situatie. Het bedrijf wordt goed geleid. Iedere kaarteenheid wordt beoordeeld, alsof het gehele bedrijf uit grond van die eenheid bestaat.

Classificatie
De geschiktheid wordt afgeleid uit de combinatie van gradaties voor de beoordelingsfactoren:
- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- stevigheid van de bovengrond.

Tabel 28 geeft een omschrijving van de geschiktheidsklassen.

Tabel 28 Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor weidebouw

1	Gronden met ruime mogelijkheden
1.1	Hoge bruto-produktie; weinig beweidingsverliezen; ten dele beperkt berijdbaar in de winter
1.2	Hoge bruto-produktie; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; beperkt berijdbaar in de winter en ten dele ook in het voorjaar
1.3	Hoge bruto-produktie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; ten dele beperkt berijdbaar in de winter
1.4	Hoge bruto-produktie, behalve in droge jaren; weinig beweidingsverliezen, behalve in natte jaren; beperkt berijdbaar in de winter en ten dele ook in het voorjaar
2	Gronden met beperkte mogelijkheden
2.1	Hoge bruto-produktie; matige beweidingsverliezen; beperkt berijdbaar in de winter en overwegend ook in het voorjaar
2.2	Matige bruto-produktie in droge jaren; weinig beweidingsverliezen; ten dele beperkt berijdbaar in de winter
2.3	Matige bruto-produktie in droge jaren; matige beweidingsverliezen; beperkt berijdbaar in de winter en overwegend ook in het voorjaar
2.4	Hoge buro-produktie; matige tot grote beweidingsverliezen; zeer beperkt berijdbaar in de winter en beperkt in het voorjaar
3	Gronden met weinig mogelijkheden
3.1	Matige of hoge bruto-produktie; grote beweidingsverliezen; zeer beperkt berijdbaar
3.2	Lage of matige bruto-produktie; weinig beweidingsverliezen; goed berijdbaar

3.3.3 Bosbouw

Randvoorwaarden
De geschiktheid van de gronden wordt beoordeeld tegen de achtergrond van de meervoudige functies van het bos en de daaruit voortvloeiende doelstelling van de bosbouw. Deze beoogt een zo hoog mogelijk profijt op het gebied van houtproduktie, recreatie en natuurbehoud. Er wordt vanuit gegaan dat het bos beter aan de meervoudige doelstelling beantwoordt naarmate het sneller tot volle wasdom komt en de samenstelling van de boomsoorten gevarieerder is. Volgens dit uitgangspunt wordt een grond voor de bosbouw hoger aangeslagen naarmate het aantal boomsoorten dat er op kan groeien, groter en de groei van die bomen beter is. Deze benadering doet waarschijnlijk meer recht aan de produktieve en recreatieve functie van het bos dan aan die van het natuurbehoud. De beoordeling geldt voor bos dat goed wordt beheerd en uit ongemengde, gelijkjarige opstanden bestaat.

Classificatie

Na het vaststellen van de legendagroep wordt de geschiktheid afgeleid uit de combinatie van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:

- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- voedingstoestand;
- zuurgraad.

Bij de geschiktheidsbeoordeling wordt er van uitgegaan dat alle gronden in agrarisch gebruik zijn. Tabel 29 geeft een omschrijving van de geschiktheidsklassen; in tabel 30 staat wat onder goede, normale en slechte groei wordt verstaan.

Tabel 29 Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor bosbouw

1 Gronden met ruime mogelijkheden (goede groei van ten minste 3 gidsboomsoorten)*)
1.1 Goede groei van 6-7 gidsboomsoorten
1.2 Goede groei van 4-5 gidsboomsoorten
1.3 Goede groei van 3 gidsboomsoorten

2 Gronden met beperkte mogelijkheden (goede groei van ten hoogste 2 gidsboomsoorten of normale groei van ten minste 3 gidsboomsoorten)
2.1 Goede groei van 1-2 gidsboomsoorten
2.2 Normale groei van 5-7 gidsboomsoorten
2.3 Normale groei van 3-4 gidsboomsoorten

3 Gronden met weinig mogelijkheden (normale groei van ten hoogste 2 gidsboomsoorten)
3.1 Normale groei van 1-2 gidsboomsoorten
3.2 Slechte groei van alle gidsboomsoorten

*) **Gidsboomsoorten: Populier (Robusta), Zomereik, Beuk, Grove den, Douglasspar, Japanse larix en Fijnspar. Achter deze codering voor de klasse-indeling wordt met een derde cijfer het aantal loofboomsoorten met goede (achter klasse 1.1 t/m 2.1) of normale groei (achter klasse 2.2 t/m 3.1) aangegeven. Met een vierde cijfer wordt hetzelfde voor naaldboomsoorten aangegeven. Bijv. 2.1.2.0 betekent: goede groei voor twee loofboomsoorten en geen goede groei voor naaldboomsoorten (Bannink et al. 1973).**

Tabel 30 Gemiddelde aanwas ($m^3.ha^{-1}.jaar^{-1}$) bij goede, normale en slechte groei van gidsboomsoorten (opgesteld in nauw overleg met "De Dorschkamp" en het Staatsbosbeheer)

Boomsoorten	Goede groei	Normale groei	Slechte groei
Populier (Robusta)	**≥17,0**	**12,5-17,0**	**<12,5**
Zomereik	**≥ 9,0**	**4,5- 9,0**	**< 4,5**
Beuk	**≥ 6,8**	**3,4- 6,8**	**< 3,4**
Grove den	**≥ 6,6**	**4,2- 6,6**	**< 4,2**
Douglas	**≥13,5**	**8,8-13,5**	**< 8,8**
Japanse larix	**≥10,8**	**7,0-10,8**	**< 7,0**
Fijnspar	**≥12,3**	**7,6-12,3**	**< 7,6**

3.3.4 Tuinbouw onder glas en in de volle grond

Randvoorwaarden

Uitgangspunten bij de bodemgeschiktheidsclassificatie zijn:

- goed geleide, modern ingerichte bedrijven van voldoende grootte;
- goed verkavelde en ontsloten percelen;

- grondgebonden teelten en geen substraatteelten bij tuinbouw onder glas;
- het, voor de bodemkundige situatie, gewenste niveau van bodemvruchtbaarheid;
- iedere kaarteenheid wordt beoordeeld alsof het gehele bedrijf uit grond van die eenheid bestaat.

Afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse kunnen aan deze uitgangspunten worden toegevoegd:
- voor beregening is voldoende geschikt oppervlaktewater en/of grondwater beschikbaar;
- de afvoer van water uit drainreeksen levert geen probleem op;
- de grond heeft een betere geschiktheid naarmate de vruchtwisselingsmogelijkheden groter zijn;
- de gronden zijn vrij van schadelijke bodemorganismen en stoffen die bodemziekten en bodemmoeheid kunnen veroorzaken;
- de te velde staande gewassen ondervinden weinig of geen schade van wild of vogels.

Classificatie
De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:
- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- verkruimelbaarheid;
- slempgevoeligheid;
- storing in de verticale waterbeweging.

Tabel 31 geeft een omschrijving van de geschiktheidsklassen.

Tabel 31 Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor tuinbouw onder glas en in de volle grond

1	Gronden met ruime mogelijkheden
1.1	Weinig teeltrisico; weinig of geen tekortkomingen. Vele vormen van tuinbouw kunnen op deze gronden met succes worden uitgeoefend.
1.2	Weinig teeltrisico voor enkele vormen van tuinbouw; voor de overige een matig teeltrisico door een minder goede bewerkbaarheid of slempgevoeligheid. Voor de teelt van pit- en steenvruchten is dit niet bezwaarlijk, voor vele andere vormen daarentegen wel. Gronden met een storing in de verticale waterbeweging behoren ook tot deze klasse.
2	Gronden met beperkte mogelijkheden
2.1	Matig teeltrisico door wateroverlast in natte jaren, enig vochttekort in droge jaren. Tot deze klasse behoren ook gronden met een storing in de verticale waterbeweging, slempgevoeligheid of een minder goede bewerkbaarheid.
2.2	Matig teeltrisico voor enkele vormen van tuinbouw; voor de overige vormen zeer groot teeltrisico (als 2.1 doch met één of twee tekortkomingen meer).
3	Gronden met weinig mogelijkheden

3.3.5 Fruitteelt

De bodemgeschiktheidsclassificatie betreft zowel de teelt van pit- en steenvruchten als van klein fruit met uitzondering van aardbeien.

Randvoorwaarden
Uitgangspunten bij de bodemgeschiktheidsclassificatie zijn:
- goed geleide, modern ingerichte bedrijven van voldoende grootte;
- goed verkavelde en ontsloten percelen;
- het voor de bodemkundige situatie, gewenste niveau van bodemvruchtbaarheid;
- iedere kaarteenheid wordt beoordeeld alsof het gehele bedrijf uit grond van die eenheid bestaat.

Afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse kunnen aan deze uitgangspunten worden toegevoegd:
- voor beregening of druppelbevloeiïng is voldoende geschikt oppervlaktewater en/of grondwater beschikbaar;
- de afvoer van water uit drainreeksen levert geen problemen op;
- de grond heeft een betere geschiktheid naarmate de vruchtwisselingsmogelijkheden groter zijn.

Classificatie
De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:
- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- verkruimelbaarheid;
- storing in de verticale waterbeweging.

De fruitteelt betreft langjarige gewassen. Dit houdt in dat hoge eisen worden gesteld aan de ontwatering. Fluctuatie van het grondwater in de wortelzone van het profiel is ongewenst, vooral in het groeiseizoen. Verschillende appel- en pererassen zijn vatbaar voor kanker op slecht ontwaterde gronden. Slechts gronden, waaraan gradatie 1 is toegekend verkeren in een goede ontwateringstoestand. De eisen voor het vochtleverend vermogen van de grond komen ongeveer overeen met die van gras. Vooral in het laatste groeistadium is veel bodemvocht nodig om vruchten van voldoende omvang en van goede kwaliteit te kunnen oogsten. Bovendien is een goede vochtvoorziening nodig voor het snel in produktie komen van de aanplant. Dit is één van de voorwaarden om tot een rendabele exploitatie te komen.

Andere voorwaarden zijn een goede vochtvoorziening en voldoende zuurstof in de wortelzone. Vandaar dat de bodemclassificatie mede berust op de beoordelingsfactoren verkruimelbaarheid en storing in de verticale waterbeweging. Tabel 32 geeft een omschrijving van de geschiktheidsklassen.

In de fruitteelt zijn de bruto-geldopbrengsten per ha hoog. Hierdoor zijn de kosten van de grond relatief laag. Maatregelen voor opheffing van bodemgebreken zijn in de fruitteelt eerder economisch verantwoord dan in de akkerbouw of de weidebouw. Bepaalde maatregelen worden in de fruitteelt dan ook als normaal beschouwd, terwijl dat bij andere vormen van agrarisch bodemgebruik vaak niet het geval is. Voor zover nodig worden fruitteeltpercelen intensief gedraineerd en van een onderbemalingsinstallatie voorzien. Op droogtegevoelige percelen wordt vaak beregening toegepast en op plaatsen waar geschikt beregeningswater schaars is, kan druppelbevloeiïng een goede vochtvoorziening waarborgen.

Tabel 32 Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor fruitteelt

1	**Gronden met ruime mogelijkheden**
1.1	**Weinig teeltrisico; geen noemenswaardige tekortkomingen**
1.2	**Enig teeltrisico; kans op groeivertraging; geen noemenswaardige tekortkomingen**
2	**Gronden met beperkte mogelijkheden**
2.1	**Matig teeltrisico; beperking t.a.v. de ontwateringstoestand**
2.2	**Matig teeltrisico; beperking t.a.v. het vochtleverend vermogen**
2.3	**Matig teeltrisico; grote kans op groeivertraging**
2.4	**Matig teeltrisico; beperkingen t.a.v. ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen en/of verkruimelbaarheid en/of storing in de verticale waterbeweging**
3	**Gronden met weinig mogelijkheden**
3.1	**Zeer groot teeltrisico; sterke mate van wateroverlast**
3.2	**Zeer groot teeltrisico; groot vochttekort**
3.3	**Zeer groot teeltrisico; zeer beperkt t.a.v. ontwateringstoestand, vochtleverend vermogen en/of storing in de verticale waterbeweging**

Veel gronden, die in de aktuele toestand minder geschikt zijn voor fruitteelt worden door deze ingrepen uitstekend geschikt. Zeer droogtgevoelige gronden waaraan gradatie 4 of 5 voor het vochtleverend vermogen zijn toegekend, blijven enig teeltrisico behouden ondanks een aanvullende watervoorziening.

In het verleden is plaatselijk getracht om het vochtleverend vermogen van plaatgronden (zandgronden met een kleidek) te verhogen door een diepe grondbewerking. Hierbij werd de ondiep aanwezige zandlaag tot bepaalde diepte vermengd met het kleidek zodat een diepere beworteling mogelijk werd. Een ongunstig neveneffect was meestal een verschraling van de bovengrond. Ondanks de diepere bewortelingsmogelijkheden na de bewerking en de betere vochtvoorziening werd tot nu toe zelden een opbrengstverhoging verkregen. Deze ingreep is daarom bij de geschiktheidsbeoordeling buiten beschouwing gebleven.

3.3.6 Boomkwekerij

De bodemgeschiktheidsclassificatie heeft betrekking op de geschiktheid van gronden voor de vermeerdering en het opkweken van houtachtige gewassen die bestemd zijn voor de verkoop. Het sortiment boomkwekerijgewassen is zeer uitgebreid. De boomkwekerij omvat naast de teelt van laanbomen, bos- en haagplantsoen, rozen en bladverliezende heesters ook de teelt van coniferen, bladhoudende heesters en ericaceëen die met kluit geleverd worden.

Randvoorwaarden
Bij de interpretatie wordt uitgegaan van een modern uitgerust, goed geleid boomkwekersbedrijf met:
- goede ontsluiting en verkaveling;
- voldoende water van goede kwaliteit;
- een uniforme bodemgesteldheid (het fictieve bedrijf wordt verondersteld in zijn geheel op de te beoordelen eenheid te liggen).

Bij de beoordeling wordt er van uitgegaan dat de geschiktheid van een grond voor boomkwekerij groter is naarmate de mogelijkheden voor een gevarieerd sortiment ruimer zijn en de tijd waarbinnen een leverbaar produkt kan worden geteelt korter is.

Classificatie
Bij de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor boomkwekerij volgens de gevestigde teeltmethode wordt aan het vochtleverend vermogen van het profiel groot gewicht toegekend, omdat het effekt van een kunstmatige beregening of druppelbevloeiïng op de groei van een gewas tegen kan vallen.

In het algemeen geldt voor de boomkwekerij als eis een voldoende dikke doorwortelbare laag met een grote buffer voor vocht en voeding. Voor de teelt van kluitplanten moet deze laag bovendien enige binding of samenhang vertonen hetzij door leem of lutum hetzij door humus.

Voor een goede bewerkbaarheid mag de zwaarte van de grond niet te hoog zijn (minder dan 35% lutum). De bewerkbaarheid van kleigronden is sterk afhankelijk van het organische-stofgehalte. Humusrijke en venige kleigronden hebben een goede bewerkbaarheid, zware humusarme kleigronden zijn moeilijk te bewerken en de gewassen slaan minder goed aan. Ook het rooien levert problemen op. Zavelgronden zijn ideaal tot goed. De zeer lichte zavelgronden zijn slempgevoelig. Op lichte kleigronden geven de gewassen een grof (minder vertakt) wortelstelsel.

Op zand zijn het vooral de vochthoudende gronden die voor de teelt in aanmerking komen (enkeerd- en beekeerdgronden) en in mindere mate de podzolgronden. De veldpodzolgronden en in het algemeen de vlakvaaggronden vertonen te weinig samenhang en zijn te droogtegevoelig. Uitzondering vormen de sterk lemige vorstvaaggronden.

Bij veengronden zijn vooral de aar- en koopveengronden met een toemaakdek van belang. Bij organische-stofgehalten van de bouwvoor boven 40% laat de draagkracht te wensen over.

De bodemgeschiktheid wordt afgeleid van de gradaties voor de beoordelingsfactoren:
- ontwateringstoestand;
- vochtleverend vermogen;
- verkruimelbaarheid;
- stuifgevoeligheid;
- slempgevoeligheid;
- zuurgraad;
- dikte van de A-horizont(en).

Tabel 33 geeft een omschrijving van de geschiktheidsklassen.

Tabel 33 Omschrijving van de bodemgeschiktheidsklassen voor boomkwekerij

1	Gronden met ruime mogelijkheden
1.1	Goed ontwaterd, groot vochtleverend vermogen en een goed bewerkbare A-horizont dikker dan 30 cm zonder vrije koolzure kalk (pH < 6,5)
1.2	Als 1.1 maar met een A-horizont dunner dan 30 cm
1.3	Als 1.1 maar met een pH > 6,5
1.4	Als 1.2 maar met een pH > 6,5
2	Gronden met beperkte mogelijkheden
2.1	A-horizont dikker dan 30 cm; matig teeltrisico door tekortkomingen in ontwatering of vochtleverantie en in slemp- of stuifgevoeligheid
2.2	Als 2.1 maar met een A-horizont dunner dan 30 cm
2.3	A-horizont dikker dan 30 cm; matig teeltrisico als gevolg van tekortkomingen in vochtleverantie en ontwatering of vochtleverantie en/of ontwatering in combinatie met slemp- of stuifgevoeligheid of een te hoge pH (pH-KCl > 6,5)
2.4	Als 2.3 maar met een A-horizont dunner dan 30 cm. Tot deze klasse worden ook gerekend de goedbewerkbare kleigronden
3	Gronden met weinig mogelijkheden Dit zijn gronden met ernstige beperkingen t.a.v. de verkruimelbaarheid al dan niet in combinatie met beperking in ontwateringstoestand en/of vochtleverend vermogen

4 DIGITALE VERWERKING/MANIPULATIE VAN BODEMKUNDIGE GEGEVENS (BOPAK-I)

De volgende bodemkundige gegevens kunnen worden gedigitaliseerd en op magneetband opgeslagen:
- de bodemkaart:
  - de lijnen van de bodemeenheden, grondwatertrappen, toevoegingen en overige onderscheidingen: in het zgn. lijnenbestand;
  - de code van de kaarteenheid waartoe een vlak van de bodemkaart behoort: in het zgn. vlakkenbestand;
- de boorstaat/veldcomputer:
  - alle gegevens van de boorstaat/veldcomputer, inclusief de ligging van het boorpunt: in het zgn. puntenbestand;
- aanvullende gegevens:
  - gegevens over de geschiktheid voor de gewenste bodemgebruiksvormen per kaarteenheid in het zgn. klassenbestand.

Deze bestanden worden samen met een aantal computerprogramma's, een gebruikershandleiding en technische documentatie overgedragen aan de Landinrichtingsdienst. De handleiding geeft aan welke programma's beschikbaar zijn en hoe deze zijn toe te passen. In de technische documentatie is de opbouw van de bestanden beschreven in verband met verdere ontwikkelingen.

4.1 Digitale bodemkaart

Het lijnenbestand bevat alle lijnen die op de bodemkaart voor afgrenzing zijn toegepast. Bij een uitvoer tekenopdracht worden alleen die lijnen getekend die een grens vormen tussen vlakken met verschillende (gevraagde) informatie.

Het vlakkenbestand bevat van elk vlak de volgende informatie:
- het kaartvlaknummer. De kaartvlakken zijn per LD-vak genummerd. Het kaartvlaknummer bestaat uit maximaal 5 cijfers. De laatste 3 cijfers geven het volgordenummer van het kaartvlak; de cijfers die daar voor staan, slaan op het LD-vak;
- de volledige code van het kaartvlak, maximaal bestaande uit:
  1voorvoegsel (bijv.: g/...);
  2hoofdcode (bijv.: Mn54C);
  3achtervoegsel (bijv.: .../v);
  4vergravingstoestand (bijv.: .../F);
  5grondwatertrap (bijv.: IVu);
- de oppervlakte;
- de coördinaten van een visueel gekozen zwaartepunt;
- de minimum en maximum x- en y-coördinaten van een vlak;
- de eventuele ligging van een vlak binnen een ander vlak.

4.2 Digitaal bestand van boorstaten

Een boorstaat, opgenomen in het digitale bestand, kent drie groepen van gegevens:
1 registratie-gegevens van het boorpunt;
2 gegevens over het gehele profiel;
3 gegevens per laag of horizont.

Hieronder wordt in het kort aangegeven welke gegevens tot deze groepen behoren. Voor meer informatie wordt naar de gebruikershandleiding verwezen.

Tot de registratie-gegevens van het boorpunt behoren:
- het nummer van de Topografische kaart, schaal 1 : 25 000;
- het nummer van de veldkaart;
- het volgorde-nummer van het boorpunt op de veldkaart;
- de ligging van het boorpunt aangegeven met de x- en y-coördinaten;
- het nummer van het kaartvlak waarin het boorpunt ligt;
- de datum van de opname;
- de initialen van de opsteller van de boorstaat.

Tot de profielgegevens behoren:
- de standaardpuntencode: de code voor de toevoeging (bovengrond), voor het subgroep-deel, het cijferdeel, het kalkverloop, de toevoeging (ondergrond), de vergraving;
- de grondwatertrap;
- de geschatte waarden voor de GHG en de GLG met de daarbij behorende grondwatertrap;
- de aanduiding voor kroonboring;
- de hoogte in m t.o.v. NAP;
- de codering voor het bodemgebruik.

Bouwland:
AA = aardappelen
AB = bieten
AG = granen
AM = maïs
AX = overige gewassen, o.a. akkerbouwmatige tuinbouw
AK = kaal/braak

Grasland:
GR = grasland (blijvend)
GX = overige (bijv. pas ingezaaid)

Boomgaard (fruitteelt):
FZ = zwart (bomen op bouwland)
FG = groen (bomen op grasland)

Tuinland:
TG = onder glas
TV = vollegrond

Bos:
BL = loofbos
BN = naaldbos
BK = boomkwekerij
BX = overige

Natuurterreinen (woest):
WH = heide
WN = natte vegetatie (o.a. slikken)
WD = droge vegetatie (o.a. stuifzand)
WX = overige

Overige terreinen (rest):
RB = bebouwing
RS = sportterrein
RP = plantsoen
RX = overige (bouwputten enz.)

- de geschatte waarde van de bewortelbare diepte in cm;
- hokje A, facultatief;
- hokje B, facultatief.

Tot de gegevens per laag of horizont behoren:
- de horizontcode;
- de boven- en ondergrens van de beschreven laag;
- de mengverhouding;
- het organische-stofgehalte; de veensoort, als de laag moerig is;
- de textuur: het lutum- en leemgehalte, en de zandgrofheid;
- de kalkklasse;
- de rijpingsklasse;
- de geologische formatie;
- de doorlatendheid, fakultatief;
- hokje C, facultatief;
- hokje D, facultatief;
- opmerkingen als brokkelig of met schelpjes e.d.

4.3 Klassenbestand met aanvullende gegevens

Het klassenbestand kan per kaarteenheid de volgende informatie bevatten:
- het volgnummer van de kaarteenheid;
- de code van de kaarteenheid;
- de HELP-code;

- de aard van de bovengrond;
- de grondwatertrap*);
- de GHG en GLG;
- de bewortelbare diepte;
- de dikte van de humushoudende bovengrond;
- het organische-stofgehalte van de bovengrond;
- de textuur van de bovengrond;
- de gradatie per beoordelingsfactor per bodemgebruiksvorm*);
- de geschiktheid*) voor de gewenste bodemgebruiksvormen.

*) voor en na ingreep op de bodemgesteldheid.

Deze gegevens kunnen bij bewerking met het computerprogramma BOPAK worden gebruikt.

4.4 Locatie van de digitale bestanden en programma's

Het DLO-Staring Centrum draagt de digitale informatie van de landinrichtingsgebieden in een aantal deelbestanden op magneetband over aan de Landinrichtingsdienst. Deze informatie omvat:
- de verzamelde bodeminformatie, nl. het lijnen-, vlakken- en puntenbestand;
- het klassenbestand, dat betrekking heeft op alle kaarteenheden.

De onderverdeling van de landinrichtingsgebieden in zogenaamde LD-vakken staat in de bijbehorende rapporten. Naast deze bestanden zijn er twee programma's om enige bewerkingen met deze gegevens uit te voeren, nl.:
1 het programma SELECT voor het afzonderen van een veelhoekig deelgebied;
2 het programma BODEM met opties voor diverse kaarten en tabellen.

Deze programma's zijn ondergebracht in het bodemkundig programmapakket BOPAK (Denneboom et al. 1985). BOPAK is aanwezig op de computer van de Landinrichtingsdienst.

Voor verdere informatie over deze programmatuur wordt verwezen naar de gebruikershandleiding en de technische documentatie. De Landinrichtingsdienst verzorgt de af- en uitwerking van vragen aan het bestand van digitale bodemkundige gegevens. Daar de verwerkingsmogelijkheden, zoals in de praktijk is gebleken, naar behoeften uitgebreid kunnen worden, is het van belang te informeren naar het versienummer van de programmatuur bij de bestanden.

5 BEGRIPPEN

Rapport en kaarten over bodemgeografisch onderzoek in landinrichtingsgebieden bevatten termen die wellicht enige toelichting behoeven. In deze lijst, die een alfabetische volgorde heeft, vindt u de gebruikte termen verklaard of gedefinieerd. In De Bakker en Schelling (1989) wordt veel dieper op de betekenis van een term ingegaan.

afwatering: afvoer van water door een stelsel van open waterlopen naar een lozingspunt van het afwateringsgebied

A-horizont: bovengrond van mineraal of moerig materiaal, aan het oppervlak ontstaan, relatief donker gekleurd; de organische stof is geheel of gedeeltelijk biologisch omgezet.

AB-horizont: geleidelijke overgang van een A- naar een B-horizont

AC-horizont: geleidelijke overgang van een A- naar een C-horizont

AE-horizont: geleidelijke overgang van een A- naar een E-horizont

...a-horizont: horizont die uit van elders toegevoerd materiaal bestaat. De aanduiding wijst op de invloed van de plaggenbemesting in bijv. de enkeerdgronden en op de invloed van het opbaggeren in de tuineerdgronden (a = anthropos).

banden-B: serie oranjebruine tot geelbruine, massieve banden met ingespoeld ijzer en lutum, waarvan de bovenste binnen 120 cm diepte ligt en 5-15 cm dik is. De banden bevatten ten minste 3% lutum (of lutum + ijzer) meer dan het tussenliggende C-materiaal.

bewortelbare diepte: bodemkundige maat voor de diepte waarop de plantenwortels kunnen doordringen in de grond. Limiterend zijn: de pH, aëratie en de indringingsweerstand (Van Soesbergen et al. 1986).

bewortelingsdiepte: diepte waarop een één- of tweejarig volgroeid gewas nog juist voldoende wortels in een 10% droog jaar kan laten doordringen om het aanwezige vocht aan de grond te onttrekken ook wel "effectieve bewortelingsdiepte" genoemd (Van Soesbergen et al. 1986).

B-horizont:

1 inspoelingshorizont; een horizont waaraan door inspoeling uit een hoger liggende horizont stoffen (humus, humus + sesquioxiden, lutum of lutum + sesquioxiden) zijn toegevoegd.
2 (bijna) volledig gehomogeniseerde horizont met zodanige verandering dat:
   - nieuwvorming van kleimineralen is opgetreden en/of;
   - sesquioxiden zijn vrijgekomen, of;
   - een blokkige of samengesteld prismatische structuur is ontstaan.

BC-horizont: geleidelijke overgang van een B- naar een C-horizont; typerend voor vele hydropodzolgronden

...b-horizont: horizont die na de bodemvorming met een andere afzetting of met een opgebrachte laag (bijv. Aa) bedekt is geraakt (b = begraven)

bodemprofiel (kortweg profiel): verticale doorsnede van de bodem, die de opeenvolging van de horizonten laat zien; in de praktijk van het DLO-Staring Centrum meestal tot 120 of 150 en in boswachterijen tot 180 cm beneden maaiveld

bodemprofielmonster: monster van een bodemprofiel dat in het veld met een grondboor uit de bodem wordt genomen en ter plekke veldbodemkundig onderzocht

bodemvorming: verandering van moedermateriaal onder invloed van uitwendige factoren, waarbij horizonten ontstaan

bovengrond: bovenste horizont van het bodemprofiel, die meestal een relatief hoog gehalte aan organische stof bevat. Komt bodemkundig in het algemeen overeen met de A-horizont, landbouwkundig met de bouwvoor.

briklaag: textuur-B die:
- ten minste 15 cm dik is;
- in het zwaarste gedeelte (de Bt) ten minste 19% lutum bevat)
- inspoelingshuidjes van lutum (en ijzer) op sommige wanden van de structuurelementen en van de poriën heeft.

bruine minerale eerdlaag: minerale eerdlaag waarin binnen 25 cm diepte een laag van ten minste 10 cm dikte begint die bruin is

C-horizont: minerale of moerige horizont die weinig of niet is veranderd door bodemvorming, waarbij een O-, A-, E- of B-horizont wordt gevormd. Doorgaans zijn de bovenliggende horizonten uit soortgelijk materiaal ontstaan.

...c-horizont: horizont die extreem ijzerrijk is met meer dan 40 volumeprocenten roestvlekken, roestconcreties of ijzerverkittingen

doorlatendheid: (maat voor) het vermogen van de grond om water door te laten. In de verzadigde doorlatendheid (K) worden landelijk vier gradaties onderscheiden (zie volgende tabel; ontleend aan het Cultuurtechnisch Vademecum).

Gradatie in verzadigde doorlatendheid

Code	Naam	K(m/dag)
1	slecht doorlatend	0,05-0,40
2	matig doorlatend	0,05-0,40
3	vrij goed doorlatend	0,40-1,00
4	goed doorlatend	>1,00

droog jaar, 10%: een jaar met een neerslagtekort in het groeiseizoen dat gemiddeld één keer in de tien jaar voorkoment of overschreden wordt

duidelijke humuspodzol-B-horizont: duidelijke podzol-B-horizont, waarin beneden 20 cm diepte een ophoping van ingespoelde organische stof voorkomt, of waarvan de bovenste 5-10 cm (of meer) amorfe humus bevat, die als disperse humus is verplaatst

duidelijke moderpodzol-B-horizont: duidelijke podzol-B-horizont, waarin beneden 20 cm diepte geen ophoping van ingespoelde organische stof voorkomt; de humus wordt in niet-amorfe vorm aangetroffen, en wel meestendeels als moder; deze horizont bevat steeds duidelijk ijzer, dat als huidjes om de zandkorrels voorkomt of samen met fijne minerale delen tussen de zandkorrels ligt.

duidelijke podzol-B-horizont: horizont met een podzol-B die krachtig ontwikkeld is, d.w.z. dat:
- een bijna zwarte laag voorkomt van ten minste 3 cm dikte (Bh), of:
- de Bhe, Bhs of Bws voldoende kleurcontrast heeft met de C-horizont. Naarmate de Bhe, Bhs of Bws dikker zijn, mag het kleurcontrast minder zijn,

of:
- een duidelijk te herkennen B-horizont tot dieper dan 120 cm doorgaat, of:
- een vergraven grond brokken B-materiaal bevat waarvan de kleur goed contrasteert met die van de C-horizont.

eerdgronden: minerale gronden met een minerale eerdlaag. Als de A-horizont dunner is dan 50 cm, mag er geen duidelijke podzol-B-horizont voorkomen. Als de A-horizont dunner is dan 80 cm, mag er geen briklaag voorkomen.

E-horizont: uitspoelingshorizont; minerale horizont die lichter van kleur is en meestal ook een lager lutum- of humusgehalte heeft dan de boven- en/of onderliggende horizont die verarmd is door verticale (soms laterale) uitspoeling van Fe- en Al-(hydro)oxyden (sesquioxiden)

EB-horizont: geleidelijke overgang van een E- naar een B-horizont. Deze horizont ontbreekt in de meeste podzolgronden en is typerend voor de meeste brikgronden.

...e-horizont: aanduiding bij:
- B- en C-horizonten met kenmerken van ontijzering. Wordt gebruikt bij niet volledig gereduceerde B- en C-horizonten in zand als deze geen ijzerhuidjes en geen roestvlekken bevatten.
- Bh-horizonten, als de BC- of C-horizont onder de Bh-horizont ook de lettertoevoeging e heeft (bij hydropodzolgronden);
- het bovenste deel van de Bh-horizont, wanneer in het onderste deel een sterke concentratie van ingespoeld ijzer zichtbaar is (bij haarpodzolgronden);
- moedermateriaal dat van nature ijzerarm is, waarin geen ontijzering heeft plaatsgevonden.

eolisch: door de wind gevormd, afgezet

...f-horizont: aanduiding bij O-horizonten, waarin plantedelen worden afgebroken tot ruwe humus of moder, maar waarin nog steeds herkenbare plantefragmenten aanwezig zijn

fluctuatie: zie grondwaterstandsfluctuatie

fluviatiel: door beek- of rivierwater afgezet

gerichte waarneming: in tijdig in gereedheid gebrachte en over het gebied verspreid liggende boorgaten wordt de grondwaterstand gemeten op het moment dat in één of meer van de geselecteerde meetpunten de grondwaterstand de GHG of GLG bereikt (Van der Sluijs 1982)

GHG (gemiddeld hoogste wintergrondwaterstand): het gemiddelde van de HG3 over ongeveer acht jaar. Komt overeen met de waarde voor de grondwaterstand, afgelezen bij de top van de gemiddelde grondwaterstandscurve.

...g-horizont: horizont met roestvlekken (g = gley)

gleyverschijnselen: zie: hydromorfe verschijnselen

GLG (gemiddeld laagste zomergrondwaterstand): het gemiddelde van de LG3 over ongeveer acht jaar. Komt overeen met de waarde voor de grondwaterstand, afgelezen bij het dal van de gemiddelde grondwaterstandscurve.

grind, grindfractie: minerale delen groter dan 2000 µm

grondwater: water dat zich beneden de grondwaterspiegel bevindt en alle holten en poriën in de grond vult

grondwaterspiegel (= freatisch vlak): denkbeeldig vlak waarop de druk in het grondwater gelijk is aan de atmosferische, en waarbeneden de druk in het grondwater neerwaarts toeneemt (bovenkant van het grondwater).

grondwaterstand (= freatisch niveau): diepte waarop zich de grondwaterspiegel bevindt, uitgedrukt in m of cm beneden maaiveld (of een ander vergelijkingsvlak, bijv. NAP)

grondwaterstandscurve: grafische voorstelling van grondwaterstanden die op geregelde tijden op een bepaald punt zijn gemeten

grondwaterstandsfluctuatie: het stijgen en dalen van de grondwaterstand. Soms wordt deze term in kwantitatieve zin gebruikt als het verschil tussen GLG en GHG.

grondwaterstandsverloop: verandering van de grondwaterstand in de tijd

grondwatertrap (Gt): klasse die gedefinieerd wordt door een zeker GHG- en/of GLG-traject

grondwaterverschijnselen: zie: hydromorfe verschijnselen

guanotrofiëring: eutrofiëring van een voedselarm milieu door uitwerpselen van vogels

GVG (gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand): langjarig gemiddelde van de grondwaterstand op 1 april

gyttja: bagger, ontstaan uit resten van organismen die leven in voedselrijk water (diatomeëen)

HG3: het gemiddelde van de hoogste drie grondwaterstanden die in een winterperiode (1 oktober-1 april) zijn gemeten. Hierbij wordt uitgegaan van metingen op of omstreeks de 14e en 28e van elke maand in geperforeerde buizen van 2-3 m lengte.

...h-horizont: horizont met een ophoping van organische stof bij:
- O-horizonten met een compacte laag omgezette organische stof die van het bodemoppervlak losgetrokken kan worden;
- A-horizonten die niet-bewerkt zijn;
- B-horizonten die ingespoelde humus bevatten.

hoog, middelhoog, laag en zeer laag (gelegen): in de bodemkunde hebben deze aanduidingen betrekking op de ligging van het maaiveld ten opzichte van het grondwater.

horizont: laag in de grond met kenmerken en eigenschappen die verschillen van de erboven en/of eronder liggende lagen; in het algemeen ligt een horizont min of meer evenwijdig aan het maaiveld.

humus, -gehalte, -klasse: kortheidshalve krijgt het woord humus vaak de voorkeur, terwijl organische stof (een ruimer begrip) wordt bedoeld (zie ook: organische stof en organische-stofklasse).

hydromorfe kenmerken:
1 Voor de podzolgronden:
- een moerige bovengrond of;
- een moerige tussenlaag en/of;
- geen ijzerhuidjes op de zandkorrels onmiddellijk onder de Bh, Bhe, Bhs of Bws.

2 Voor de brikgronden:
- in een grijze E en in de Bh, Bhe, Bhs of Bws komen roestvlekken en mangaanconcreties voor.

3 Voor de eerdgronden en de vaaggronden:
- een Cr-horizont binnen 80 cm diepte beginnend en/of;
- een niet-gerijpte ondergrond en/of;
- een moerige bovengrond en/of;
- een moerige laag binnen 80 cm diepte beginnend;
- bij zandgronden met een A dunner dan 50 cm: geen ijzerhuidjes op de zandkorrels onder de A-horizont;
- bij kleigronden met een A dunner dan 50 cm: roest- en/of reductievlekken beginnend binnen 50 cm diepte.

hydromorfe verschijnselen: verschijnselen door periodieke verzadiging van de grond met water veroorzaakt. In het profiel zijn deze verschijnselen waarneembaar in de vorm van blekings- en gleyverschijnselen, roest- en "reductie"-vlekken en een totaal "gereduceerde" zone. In ijzerhoudende gronden worden deze verschijnselen meestal gley of gleyverschijnselen genoemd.

hydropodzol-, -brik-, -eerd-, -vaaggronden: podzol-, brik-, eerd-, vaaggronden ontstaan binnen de invloedssfeer van grondwater, hetgeen waarneembaar is doordat er hydromorfe verschijnselen aanwezig zijn.

...i-horizont: aanduiding bij C-horizonten voor half of minder gerijpte zavel of klei

ijzerhuidjes: het voorkomen van ijzerhuidjes op de zandkorrels onmiddelijk onder de Bh-horizont (bij podzolgronden) of boven in de C-horizont (bij eerd- en vaaggronden) duidt op een ontstaanswijze van deze gronden buiten de invloedssfeer van grondwater. Het ontbreken van ijzerhuidjes is bij bovengenoemde gronden een hydromorf kenmerk.

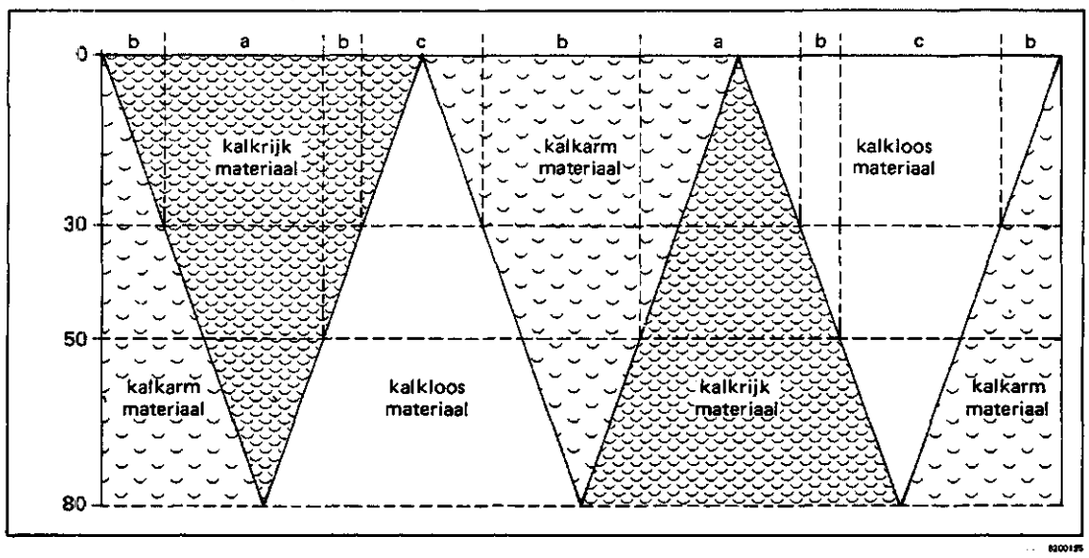
...j-horizont: horizont met jarosietvlekken (katteklei)

kalkarm, -loos, -rijk: bij het veldbodemkundig onderzoek wordt het koolzure-kalkgehalte van grond geschat aan de mate van opbruisen met verdund zoutzuur (10% HCl). Er zijn drie kalkklassen:
1 kalkarm materiaal: hoorbare opbruising: overeenkomend met ca. 0,5-1 à 2% $CaCO_3$.
2 kalkloos materiaal: geen opbruising; overeenkomend met minder dan ca. 0,5% $CaCO_3$, analytisch bepaald, d.w.z. de geanalyseerde hoeveelheid CO_2, omgerekend in procenten $CaCO_3$ op de grond.
3 kalkrijk materiaal: zichtbare opbruising: overeenkomend met meer dan ca. 1-2% $CaCO_3$.

kalkloze zware kleitussenlaag: een niet-kalkrijke laag met mineraal materiaal dat tenminste 35% lutum bevat, liggend onder een zavel- of lichte kleibovengrond. De kalkloze zware kleitussenlaag begint:
- of binnen 25 cm en loopt door tot ten minste 40 cm;
- of tussen 25 en 80 cm en is tenminste 15 cm dik en rust op een lichtere en/of kalkrijke ondergrond die:
  - of binnen 80 cm diepte begint en ten minste 40 cm dik is;
  - of dieper dan 80 cm begint en doorloopt tot dieper dan 120 cm.

kalkverloop: het verloop van het kalkgehalte in het bodemprofiel

verloop van de kalk met de diepte (kalkverlopen a, b en c)



Schematische voorstelling van de kalkverlopen in verband met het verloop van het koolzure kalkgehalte

klastisch sediment: sediment ontstaan door afbraak van oudere gesteenten, samengesteld uit delen en mineralen van het moedergesteente.

klei: mineraal materiaal dat ten minste 8% lutum bevat (zie ook: textuurklasse).

kleiarme moerige eerdlaag: een moerige eerdlaag waarin geen lutum van betekenis voorkomt

kleigronden: minerale gronden (zonder een moerige bovengrond en moerige tussenlaag) waarvan het minerale deel tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft van de dikte uit klei bestaat. Indien een dikke A voorkomt, moet deze gemiddeld zwaarder zijn dan de textuurklasse zand.

kleiige moerige eerdlaag: een moerige eerdlaag waarin lutum voorkomt

LG3: het gemiddelde van de laagste drie grondwaterstanden die in een zomerperiode (1 april-1 oktober) zijn gemeten. Hierbij wordt uitgegaan van metingen op of omstreeks de 14e en 28e van elke maand in geperforeerde buizen van 2-3 m lengte.

leem:
1 mineraal materiaal dat ten minste 50% leemfractie bevat
2 kortweg gebruikt voor leemfractie

leemfractie: minerale delen kleiner dan 50 µm. Wordt in de praktijk vrijwel uitsluitend gebezigd bij lutumarm materiaal (zie ook: textuurklasse).

...l-horizont: aanduiding bij O-horizonten voor vers, nauwelijks aangetast blad

licht(er): grond wordt licht(er) genoemd als (naarmate) het gehalte aan silt en lutum laag is (afneemt).

lutum: kortweg gebruikt voor lutumfractie

meerbodem: bruin, sterk tot zeer sterk lemig, venig slik, gevormd op de bodem van een plas

mineraal: zie: mineraal materiaal; zie: organische-stofklasse

mineraal materiaal: grond met een organische-stofgehalte van minder dan 15% (bij 0% lutum) tot 30% (bij 70% lutum). Zie: organische-stofklasse.

minerale delen: het bij 105 °C gedroogde, over de 2 mm zeef gezeefde deel van een monster na aftrek van de organische stof en de koolzure kalk. De term "minerale delen" is eigenlijk minder juist, want de koolzure kalk, hoewel vaak van organische oorsprong, behoort tot het minerale deel van het monster.

minerale eerdlaag:
1 A-horizont van ten minste 15 cm dikte, die uit mineraal materiaal bestaat dat:
   - humusrijk is of;
   - matig humusarm of humeus, maar dan tevens aan bepaalde kleureisen voldoet.
2 dikke A-horizont van mineraal materiaal. Voor "humusrijk", "matig humusarm" en "humeus" zie: organische-stofklasse.

minerale gronden: gronden die tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft van die dikte uit mineraal materiaal bestaan.

mineralogisch arm, rijker: arm, rijker aan opgeloste stoffen, in het bijzonder stoffen die uit bodemmineralen in oplossing gaan (zoals Ca, Na, K, Cl, Fe)

moerig: zie: moerig materiaal en organische-stofklasse

moerige bovengrond: bovengrond die moerig is (ook na eventueel ploegen tot 20 cm diepte) en binnen 40 cm diepte op een minerale ondergrond ligt

moerige eerdlaag: moerige A-horizont dikker dan 15 cm (of moerige Ap, ongeacht de dikte) waarin de volumefractie plantenresten met een herkenbare weefselopbouw ten hoogste 10-15% mag bedragen. Voor de betekenis van "moerig" zie: organische-stofklasse.

moerige gronden: minerale gronden met een moerige bovengrond of moerige tussenlaag

moerige tussenlaag: een laag moerig materiaal die ondieper dan 40 cm beneden maaiveld begint en die 15-40 cm dik is

moerig materiaal: grond met een organische-stofgehalte van meer dan 15% (bij 0% lutum) tot 30% (bij 70% lutum). Zie: organische-stofklasse.

M50 (eigenlijk M50-2000): mediaan van de zandfractie. Het getal dat die korrelgrootte aangeeft waarboven en waarbeneden de helft van de massa van de zandfractie ligt (zie ook: textuurklasse).

niet-gerijpte ondergrond: bijna gerijpte laag binnen 50 cm diepte en/of half of nog minder gerijpte laag binnen 80 cm diepte, voorkomend onder een gerijpte bovengrond dikker dan 20 cm

O-horizont: een moerige horizont die bestaat uit in aëroob milieu opgehoopte planteresten (strooisellaag) en die ligt boven een A- of een E-horizont

ondergrond: horizont(en) onder de bovengrond

ontwatering: afvoer van water uit een perceel, over en door de grond en eventueel door greppels of drains

organische stof: al het levende en dode materiaal in de grond dat van organische herkomst is. Hoofdzakelijk van plantaardige oorsprong en variërend van levend materiaal (wortels) tot planteresten in allerlei stadia van afbraak en omzetting. Het min of meer volledig omgezette produkt is humus.

organische-stofklasse: berust op een indeling naar de massafractie organische stof en lutum, beide uitgedrukt in procenten van de bij 105 °C gedroogde en over de 2 mm zeef gezeefde grond. De volgende tabellen geven weer hoe gronden naar het organische-stofgehalte worden ingedeeld.

Indeling van lutumarme gronden naar het organische-stofgehalte

Organische stof (%)	Naam	Samenvattende namen	
0 - 0,75	uiterst humusarm zand	humusarm	mineraal
0,75- 1,5	zeer humusarm zand		materiaal
1,5 - 2,5	matig humusarm zand		
2,5 - 5	matig humeus zand	humeus	
5 - 8	zeer humeus zand		
8 - 15	humusrijk zand		
15 - 22,5	venig zand		moerig
22,5 - 35	zandig veen		materiaal
35 -100	veen		

Indeling van lutumrijke gronden naar het organische-stofgehalte

Organische stof (%)	Naam	Samenvattende namen	
0- 2,5 à 5	humusarme klei	humusarm	mineraal materiaal
2,5 à 5- 5 à 10	matig humeuze klei	humeus	
5 à 10- 8 à 16	zeer humeuze klei		
8 à 16- 15 à 30	humusrijke klei		
15 à 30- 22,5 à 45	venige klei		moerig materiaal
22,5 à 45- 35 à 70	kleiig veen		
35 à 70-100	veen		

Bij deze indeling zijn de klassegrenzen afhankelijk van het lutumgehalte met dien verstande, dat hoe hoger het lutumgehalte is, hoe hoger ook het vereiste organische-stofgehalte moet zijn om een grond in een bepaalde organische-stofklasse te handhaven.

...p-horizont: recent door de mens bewerkte A-horizonten, zoals de bouwvoor (Ap, p = ploegen). Diep bewerkte gronden leveren meestal een menging van verschillende horizonten op, aangeduid bijv. als A/B/C.

podzol-B: B-horizont in minerale gronden, waarvan het ingespoelde deel vrijwel uitsluitend uit amorfe humus, uit amorfe humus en sesquioxiden, of uit sesquioxiden alleen bestaat

podzolgronden: minerale gronden met een duidelijke podzol-B-horizont en een A-horizont dunner dan 50 cm

"reductie"-vlekken: door de aanwezigheid van tweewaardig ijzer neutraal grijs gekleurde, in "gereduceerde" toestand verkerende vlekken

R-horizont: vast gesteente

...r-horizont: geheel gereduceerde horizont

Rijpingsklassen als afhankelijke van de consistentie

Naam	Consistentie
geheel ongerijpt	zeer slap; loopt tussen de vingers door
bijna ongerijpt	slap; loopt bij knijpen zeer gemakkelijk tussen de vingers door
half gerijpt	matig slap; loopt bij knijpen nog goed tussen de vingers door
bijna gerijpt	matig stevig; is met stevig knijpen nog juist tussen de vingers door te krijgen
gerijpt	stevig; niet tussen de vingers door te krijgen

rijping: proces waarbij na drooglegging uit een weke, structuurloze, gereduceerde modder een begaanbare, gescheurde en geoxideerde cultuurgrond ontstaat. Het proces heeft drie belangrijke aspecten: een fysisch, een chemisch en een biologisch aspect. Het meest in het oog springende fysische aspect is de blijvende volumeverandering van de grond, die ontstaat door een irreversibel vochtverlies (inklinking). Rijping treedt alleen op bij zwaardere sedimenten. De volgende tabel toont de indeling in rijpingsklassen naar de consistentie van het materiaal.

rodoornig: met ijzer verrijkte lagen (rood- of okerbruin van kleur) aan of nabij het oppervlak (Fe_2O_3-gehalte 5-50%, meestal meer dan 10%)

roestvlekken: door de aanwezigheid van bepaalde ijzerverbindingen bruin tot rood gekleurde vlekken

sesquioxiden: verbindingen van Fe/Al met OH^-

...s-horizont: aanduiding bij podzol-B-horizont met ingespoelde sesquioxiden. Bij Bw-horizonten komt toevoeging ...s alleen voor, als de bovenliggende horizonten kenmerken van ontijzering vertonen in de vorm van afgeloogde zandkorrels. Bh-horizonten krijgen toevoeging ...s, wanneer op de zandkorrels direct onder de Bh-horizont ijzerhuidjes aanwezig zijn. Dit geldt niet voor het bovenste deel van de Bh-horizont, wanneer in het onderste deel een sterke concentratie van ingespoeld ijzer zichtbaar is.

siltfractie: "tussenfractie" tussen de lutum- en de zandfractie; de minerale delen zijn groter dan 2 en kleiner dan 50 µm

textuur: korrelgroottesamenstelling van de grondsoorten; zie ook: textuurklasse

textuur-B: B-horizont in minerale gronden, waarin lutum of lutum met sesquioxiden is ingespoeld

textuurklassen: berust op een indeling van grondsoorten naar hun korrelgroottesamenstelling in massaprocenten van de minerale delen. Niet-eolische en eolische afzettingen (zowel zand als zwaarder materiaal) worden naar het lutum- of leemgehalte ingedeeld, en de zandfractie naar de M50 als in de volgende tabellen.

Indeling niet-eolische afzettingen[1] naar het lutumgehalte

Lutum(%)	Naam	Samenvattende namen		
0 - 5	kleiarm zand		zand	lutumarm materiaal
5 - 8	kleiig zand			
8 - 12	zeer lichte zavel	lichte zavel		lutumrijk materiaal (wordt in zijn geheel t.o.v. "zand" ook wel met "klei" aangeduid)
12 - 17,5	matig lichte zavel		zavel	
17,5- 25	zware zavel			
25 - 35	lichte klei		klei	
35 - 50	matig zware klei	zware klei		
50 -100	zeer zware			

[1] zowel zand als zwaarder materiaal

Indeling eolische afzettingen[1] naar het leemgehalte

Leem(%)	Naam	Samenvattende namen	
0 - 10	leemarm zand		zand[2]
10 - 17,5	zwak lemig zand	lemig zand	
17,5- 32,5	sterk lemig zand		
32,5- 50	zeer sterk lemig zand		
50 - 85	zandige leem		leem
85 -100	siltige leem		

[1]zowel zand als zwaarder materiaal
[2]tevens minder dan 8% lutum

Indeling van de zandfractie naar de M50

M50 (µm)	Naam	Samenvattende namen
50- 105	uiterst fijn zand	fijn zand
105- 150	zeer fijn zand	
150- 210	matig fijn zand	
210- 420	matig grof zand	grof zand
420-2000	zeer grof zand	

...t-horizont: zwakke textuur-B-horizont of briklaag (t van het duitse Ton), waarin lutum ingespoeld is

...u-horizont: toevoeging aan de code voor een hoofdhorizont zonder andere letter-toevoeging (u = unspecified)

vaaggronden: minerale gronden zonder duidelijke podzol-B-horizont, zonder briklaag en zonder minerale eerdlaag

veengronden: gronden die tussen 0 en 80 cm - mv. voor meer dan de helft van de dikte uit moerig materiaal bestaan

vergraven gronden: gronden waarin een vergraven laag voorkomt, die tussen 0 en 40 cm diepte begint, tot grotere diepte dan 40 cm doorloopt en dikker is dan 20 cm

waterstand: zie: grondwaterstand

...w-horizont: aanduiding bij:
- geheel of nagenoeg geheel gehomogeniseerde B-horizonten voor nieuwgevormde kleimineralen en/of vrijgekomen sesquioxiden (vnl. ijzer) of voor een blokkige structuur of samengestelde prismatische structuur;
- C-horizonten die uit zavel of klei bestaan voor een blokkige of samengestelde prismatische structuur;
- C-horizonten in zand, leem of silt voor nieuwgevormde kleimineralen en/of vrijgekomen sesquioxiden;
- C-horizonten met sterk verweerd moerig materiaal.

...y-horizont: aanduiding bij C-horizonten in zand met ijzerhuidjes

zand: mineraal materiaal dat minder dan 8% lutum- en minder dan 50% leemfractie bevat

zanddek: minerale bovengrond die minder dan 8% lutum- en minder dan 50% leemfractie bevat (ook na eventueel ploegen tot 20 cm) en die binnen 40 cm diepte ligt op moerig materiaal, op een podzolgrond of op een kleilaag die dikker is dan 40 cm

zandfractie: minerale delen met een korrelgrootte van 50 tot 2000 µm (zie ook: textuurklasse)

zandgronden: minerale gronden (zonder een moerige bovengrond en moerige tussenlaag) waarvan het minerale deel tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft van die dikte uit zand bestaat. Indien een dikke A-horizont voorkomt, moet deze gemiddeld uit zand bestaan.

zavel: zie textuurklasse

zavel- of kleidek: minerale bovengrond die meer dan 8% lutum- of meer dan 50% leemfractie bevat (ook na eventueel ploegen tot 20 cm) en die binnen 40 cm diepte ligt op moerig materiaal, op een podzolgrond of op een zandlaag die dikker is dan 40 cm

zonder roest:
1 geen roest of;
2 roest ondieper dan 35 cm beneden maaiveld beginnend of;
3 roest ondieper dan 35 cm beneden maaiveld beginnend, maar over meer dan 30 cm onderbroken.

zwaar(der): grond wordt zwaar(der) genoemd als (naarmate) het gehalte aan silt- en lutumfractie hoog is (toeneemt).

zwarte minerale eerdlaag: minerale eerdlaag, die niet aan de criteria voor de bruine voldoet

LITERATUUR

ALBERS, H.T.M.P., 1980. *Een onderzoek naar de verslemping van zeekleigronden.* Wageningen, STIBOKA. Rapport nr. 1484.

BAKKER, H. DE en W.P. LOCHER, (red.), 1990. *Bodemkunde van Nederland, deel 2: Bodemgeografie.* Den Bosch, Malmberg (Tweede druk).

BAKKER, H DE en J. SCHELLING, 1989. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland; de hogere niveaus.* Tweede gewijzigde druk, bewerkt door D.J. BRUS en C. VAN WALLENBURG. Wageningen, PUDOC.

BANNINK, J.F., H.N. LEIJS en I.S. ZONNEVELD, 1973. *Vegetatie, groeiplaats en boniteit in Nederlandse naaldhoutbossen.* Bodemkundige Studies 9. Wageningen. Mededelingen van de Stichting voor Bodemkartering.

BODEMKAART, 1978. *Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000; toelichting bij de kaartbladen 17 West Emmen en 17 Oost Emmen.* Wageningen, STIBOKA.

BOEKEL, P., 1972. "Factoren die van invloed zijn op de structuur van de grond". In: *Bodemkunde in de moderne Land- en Tuinbouw.* Voordrachten gehouden op de 28e B-leergang. Den Haag, Ministerie van Landbouw en Visserij.

DENNEBOOM, J., J.M.G.B. HEYMANS, J. STOLP en A.K. BREGT, 1985. *Bopak versie 3.0; een programmapakket om digitale, bodemkundige gegevens te verwerken.* Wageningen, STIBOKA. Rapport nr. 1857.

GENSTAT 5 COMMITTEE, 1987. *Genstat 5 Reference Manual.* Oxford. Clarendon Press.

HAANS, J.C.F.M., (red.), 1979. *De interpretatie van bodemkaarten; rapport van de Werkgroep Interpretatie Bodemkaarten, stadium C.* Wageningen, STIBOKA. Rapport nr. 1463.

HEESEN, H.C. VAN en G.J.W. WESTERVELD, 1966. "Karakterisering van het grondwaterstandsverloop op de bodemkaart". *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 3-3: 116-123.

SLUIJS, P. VAN DER, 1982. "De grondwatertrap als karakteristiek van het grondwaterstandsverloop". H_2O 15: 42-46.

SLUIJS, P. VAN DER en H.C. VAN HEESEN, 1989. "Veranderingen in de berekening van de GHG en de GLG". *Landinrichting* 29, 1: 18-21.

SOESBERGEN, G.A. VAN C. VAN WALLENBURG, K.R. VAN LYNDEN en H.A.J. VAN LANEN, 1986. *De intepretatie van bodemkundige gegevens; systeem voor de geschiktheidsbeoordeling van gronden voor akkerbouw, weidebouw en bosbouw.* Wageningen, STIBOKA. Rapport nr. 1967.

VRIES, F. DE en C. VAN WALLENBURG, 1974. "Waardering van de landbouwkundige waarde van de grond". *Bedrijfsvoorlichting* 5, 2: 159-168.

VRIES, F. DE en C. VAN WALLENBURG, 1990. "Met de nieuwe grondwatertrappen-indeling meer zicht op het grondwater". *Landinrichting* 30, 1: 31-36.

VRIES, TH. DE, 1974. "Waardering van de landbouwkundige waarde van de grond". *Bedrijfsvoorlichting* 5, 2: 159-168.

WALLENBURG, C. VAN en C. HAMMING, 1985. "De zodestevigheid van grasland in relatie tot bodemgesteldheid en ontwatering". *Cultuurtechnisch Tijdschrift* 25, 2: 111-119.

ZUUR, A.J., 1948. "Stuiven van mariene gronden". *Maandblad voor de landbouw-voorlichtingsdienst* 5, 11: 518-522.

NIET GEPUBLICEERDE BRONNEN

BRUSSEL, P.C.M., 1980. *Winderosie en de Veenkoloniën.* Wageningen. Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Nota 1169.

KNAAP, W.C.A. VAN DER en F.A. WOPEREIS, 1987. *De interpretatie van bodemkundige gegevens voor diverse takken van tuinbouw en recreatieve bodemgebruiksvormen.* Wageningen, STIBOKA. Interne Mededeling nr. 83.