32/4446(419) 1e ex

Plan voor verzameling van bodemkundige gegevens

E.E.J.M. Leeters
P.A. Finke
R. Visschers
F. de Vries
B.J.A. van der Pouw

Rapport 419

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1996

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0711 6995

25 OKT. 1996

ISN 92[illegible]

REFERAAT

Leeters, E.E.J.M., P.A. Finke, R. Visschers, F. de Vries en B.J.A. van der Pouw, 1996. *Plan voor verzameling van bodemkundige gegevens.* Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 419. 98 blz.; 8 fig.; 25 tab.; 32 ref.; 3 aanh.

Dit plan moet inhoudelijk en financieel sturing geven aan de verzameling van bodemkundige gegevens. De (potentiële) gebruikers hebben hoofdzakelijk behoefte aan statistisch betrouwbare informatie over het grondwaterstandsverloop, bodemfysische karakteristieken, fosfaatverzadiging, bodemverzuring en eutrofiëring. De gegevens moeten landelijk en regionaal toepasbaar zijn. Om aan de behoeften tegemoet te komen zijn vier gegevenspakketten samengesteld, waarbij tevens de methode voor gegevensverzameling is aangegeven. Een van deze methoden, de Landelijke Steekproef Kaarteenheden, is nader uitgewerkt. Tevens is een algemene strategie voor financiering vastgesteld en zijn de kosten voor realisatie van de vier gegevenspakketten globaal geschat.

Trefwoorden: bodemkunde, geografisch informatiesysteem, landinventarisatie

ISSN 0927-4499

©1996 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: (0317) 474200; fax: (0317) 424812; e-mail: postkamer@sc.dlo.nl

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

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.

Project 536 Rap419.IS\07-96

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	15
1.1 Algemeen kader	15
1.2 Probleem- en doelstelling	16
1.3 Werkwijze	16
1.4 Indeling	17
2 Inventarisatie van de behoefte aan bodemkundige informatie	19
2.1 Interviews	19
2.2 Ordening van de gegevens	20
2.3 Prioriteitsstelling dataverzameling vanuit interviews	20
2.4 Resultaten	21
2.4.1 Interne interviews	21
2.4.2 Externe interviews	24
2.4.3 Prioriteiten	26
2.5 Aanbevelingen	28
3 Dataverzameling	29
3.1 Uitwerking van de aanbevelingen	29
3.1.1 Kwaliteit en presentatie	29
3.1.2 Grondwaterstandsverloop	30
3.1.3 Fysische gegevens	30
3.1.4 Chemische gegevens	35
3.2 Strategie voor dataverzameling	37
3.2.1 Grondwaterstandsverloop	41
3.2.2 Fysische gegevens	41
3.2.3 Chemische gegevens	41
3.3 Gegevenspakketten	42
4 Methoden voor dataverzameling	47
4.1 Grondwaterstandsverloop: een regionale aselecte bemonstering	47
4.2 Fysische gegevens: een selecte bemonstering	48
4.3 Chemische gegevens: een aselecte bemonstering in kader van de LSK	48
4.4 Strategie en macrostructuur LSK steekproeven	51
4.4.1 Steekproeven in grondwatertrappen	53
4.4.2 Steekproeven in legenda-eenheden	55
4.4.3 Steekproeven in toevoegingen	57
5 Uitwerking van de steekproeven in grondwatertrappen	59
5.1 Bepaling van de steekproefomvang	59
5.1.1 Steekproefomvang van de reeds uitgevoerde steekproeven	59
5.1.2 Bepaling steekproefomvang op basis van de steekproefvariantie	60

5.2 Opbouw van de kosten 62
5.3 Kosten per steekproef 65

6 Produktontwikkeling en financiering 67
6.1 Functionele datapakketten 67
6.2 Financiering van het bodemdataverzamelingsplan 70
6.2.1 Algemene randvoorwaarden 70
6.2.2 Financiering voor het Gt-actualisatiepakket 71
6.2.3 Financiering van het bodemfysisch pakket 72
6.2.4 Financiering van het basispakket en bodemchemisch pakket 72

Literatuur 75

Tabellen

1 Matrix 1: Het huidige gebruik van bodemkundige informatie door onderzoekers van SC-DLO aangegeven als aantal activiteiten per onderzoeksveld voor clusters van bodemkundige gegevens 21
2 Matrix 2: Wensen van onderzoekers van SC-DLO voor bodemkundige informatie aangegeven als aantal activiteiten per onderzoeksveld 22
3 Matrix 3: Wensen van onderzoekers binnen SC-DLO voor bodemkundige informatie aangegeven als aantal activiteiten per cluster van bodemkundige gegevens 23
4 Matrix 1: Het huidige gebruik van bodemkundige informatie door externe onderzoekers aangegeven als aantal activiteiten per onderzoeksveld voor clusters van bodemkundige gegevens 24
5 Matrix 2: Wensen van externe onderzoekers voor bodemkundige informatie aangegeven als aantal activiteiten per onderzoeksveld 25
6 Matrix 3: Wensen van externe onderzoekers voor bodemkundige informatie aangegeven als aantal maal dat een bepaalde wens is geformuleerd per cluster van bodemkundige gegevens 26
7 Prioriteitenlijst voor het verzamelen van bodemkundige gegevens gerangschikt naar hun score aan de hand van huidig gebruik en wensen 27
8 Algemene wensen naar voren gebracht door onderzoekers en onderzoeks-managers 27
9 Specificatie wensen ten aanzien van chemische gegevens 36
10 Overzicht chemische variabelen verzameld in recent en lopend SC-DLO onderzoek op een landelijke schaal in bosgebieden 40
11 Gegevenspakket 1: grondwaterstandsgegevens voor actualisatie kaarten 43
12 Gegevenspakket: bodemfysische gegevens voor een uitbreiding van de Staringreeks 43
13 Gegevenspakket 3: Basisgegevens zoals die in het kader van de LSK worden verzameld 44
14 Gegevenspakket 4: chemische gegevens die in de Gt-steekproeven van de LSK worden meegenomen 45
15 Voorbeelden van extra te verzamelen chemische gegevens 46
16 Overzicht van de chemische variabelen die zijn verzameld in de steekproeven Gt II, Gt III en Gt VI 50
17 Steekproeven in grondwatertrappen 55
18 Overzicht steekproeven in legenda-eenheden 57

19 Totale steekproefomvang en verdeling over de strata bepaald op basis van ervaringskennis en totale steekproefomvang 63
20 Overzicht van de kosten per enkelvoudige Gt-steekproef voor verschillende steekproefomvangen 66
21 Voorbeeld functioneel datapakket voor regionale hydrologische studie 69
22 Voorbeeld uitbreiding functioneel datapakket voor regionale stoftransport-studie 69
23 Indicatie van de geschatte kosten voor de verschillende activiteiten van de Gt-actualisatie 72
24 Indicatie van de geschatte kosten voor aanvulling van de Staringreeks 72
25 Indicatie van de totale kosten voor de steekproeven in grondwatertrappen 73

Figuren

1 Gt-actualisatie en bepaling actualisatiebehoefte situatie september 1995 31
2 Beschikbaarheid van gemeten bodemfysische karakteristieken voor bovengronden (a) en ondergronden (b), onderscheiden op de bodemkaart 1 : 250 000 33/34
3 Overzicht van de sinds 1990 bemonsterde locaties in de Nederlandse bossen 38
4 Overzicht geselecteerde bosreservaten anno 1995 39
5 Fragment van een bodemkaart met zes kaarteenheden 49
6 Gegevensverzameling in en statistische onderbouwing van kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 in het kader van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden 52
7 Relatie tussen steekproefomvang en variatiecoëfficiënt voor de nog uit te voeren steekproeven in Gt I, IV, V en VII. 62
8 Onderlinge verhouding van de kosten per onderdeel per steekproefpunt eind 1995 64

Aanhangsels

1 Invulling van de strata voor de verschillende Gt-steekproeven 79
2 Steekproeven in legenda-eenheden 87
3 Gemiddelde, spreiding van fosfaatbindend vermogen en parameters van het semi-variogram voor de verschillende Gt's 98

Woord vooraf

De aanleiding tot het ontwerpen van dit plan voor de verzameling van bodemkundige gegevens was tweeledig. Enerzijds was enkele jaren geleden de landsdekkende bodemkundige informatie, i.c. de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000, in digitale vorm gecompleteerd. Anderzijds bleek er een groeiende behoefte aan aanvullende informatie te zijn. Deze behoefte kwam vooral vanuit het beleidsgerichte milieu- en natuuronderzoek. Deze ontwikkelingen waren voor DLO-Staring Centrum (SC-DLO) aanleiding om tot een inventarisatie van de behoefte aan bodemkundige informatie te besluiten. Voortbouwend op deze inventarisatie diende dan een plan voor de verzameling van bodemkundige gegevens ontworpen te worden. Dit rapport is daarvan het resultaat.

Zonder de bereidwillige medewerking van vele instituten en personen aan interviews was dit rapport niet tot stand gekomen. Aan allen die hieraan hebben meegewerkt zijn wij veel dank verschuldigd.

Het projectteam dat gedurende de jaren 1991-1995 gewerkt heeft aan de opzet, uitvoering en bewerking van de interviews en daarna aan het ontwerpen van dit plan voor de verzameling van bodemkundige gegevens bestond uit de volgende personen: A.W. Elie, P.A. Finke, W.J.M. de Groot, E.E.J.M. Leeters, H. Rosing, I. Straathof, R. Visschers en F. de Vries.

Bij de opzet en bewerking van de interviews is het projectteam bijgestaan door een begeleidingscommissie bestaande uit: J.M.J. Farjon, B.J.A. van der Pouw, C.W.J. Roest, O. Schoumans, P.E.V. van Walsum en H.J.M. Wösten.

Bij de opzet en bewerking van de interviews heeft de projectgroep ook dankbaar gebruik gemaakt van de kennis en ervaring van P. Engel van de vakgroep voorlichtingskunde van de LUW in Wageningen.

Samenvatting

Dit rapport bevat het plan voor verzameling van bodemkundige gegevens van DLO-Staring Centrum (SC-DLO). Het plan is gebaseerd op de resultaten van een in 1992-1993 gehouden enquête naar de behoefte aan bodemkundige informatie onder de verschillende (potentiële) gebruikers. De belangrijkste behoeften waren statistisch betrouwbare gegevens over:
- het actuele grondwaterstandsverloop;
- bodemfysische karakteristieken, met name de K-h-θ-relaties;
- chemische variabelen, met name in bos- en natuurgebieden.

Daarbij moeten de bepalingen op een gestandaardiseerde en goed gedocumenteerde wijze worden uitgevoerd.

Bovengenoemde behoeften zijn vertaald in aanbevelingen voor:
- de actualisatie van Gt-kaarten;
- het aanvullen en verbeteren van de kwaliteit van de bodemfysische karakteristieken zoals die in de Staringreeks worden aangegeven;
- het preciseren van de behoefte aan chemische gegevens.

Deze aanbevelingen zijn verder uitgewerkt door in meer detail in te gaan op de mogelijkheden voor het verzamelen van de gewenste informatie, waarbij met name gelet is op recent ontwikkelde en operationele methodieken. Tevens is nagegaan in hoeverre in de periode 1993-1995 reeds een deel van de gewenste gegevens was verzameld.

Tijdens een colloquium (1994) hebben directie en onderzoekers van SC-DLO bovenstaande aanbevelingen en naar aanleiding daarvan gedane voorstellen voor dataverzameling besproken. Hieruit is een algemene strategie naar voren gekomen. Vanuit het standpunt dat de gegevens landelijke en regionaal toepasbaar dienen te zijn, zijn vier concrete gegevenspakketten samengesteld, waarbij tevens de methode voor dataverzameling is aangegeven. Deze vier gegevenspakketten vormen de kern van het bodemdataverzamelingsplan. Het gaat om de volgende pakketten:
1 Het aselect verzamelen van grondwaterstandsgegevens (GHG en GLG, geschat en gemeten) en gegevens over het bodemprofiel (geschat) voor een actualisatie van Gt-kaarten op regionale schaal.
2 Het select verzamelen van K-h-θ-relaties, dichtheden, textuur en organische-stofgehalten als aanvulling op de Staringreeks.
3 Het aselect verzamelen van gegevens over het bodemprofiel (geschat) en de Gt (GHG en GLG, geschat en gemeten) voor een beschrijving van de variabiliteit binnen kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 op een landelijke schaal.
4 Het aselect verzamelen van (gemeten) gegevens over zuurgraad, kalkgehalte, organische-stofgehalte, fosfaat, en uitwisselbare kationen voor een beschrijving van de variabiliteit binnen kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 op een landelijke schaal.

Bij de actualisatie van Gt-kaarten (pakket 1) zijn drie onderdelen te onderscheiden:
- het definiëren van een statistische kwaliteitsmaat waarmee de mate van veroudering c.q. de actualisatiebehoefte van bestaande Gt-kaarten kan worden vastgesteld;
- het wegfilteren van het effect van weersinvloeden op de bepaling van de Gt en de daaraan gerelateerde parameters;
- het actualiseren van Gt-kaarten met een minimaal aantal waarnemingen, door efficiënt gebruik te maken van andere reeds aanwezige informatie en statistisch hulpmiddelen.

Methodiek- en expertise-ontwikkeling hiervoor zijn inmiddels voltooid en werden gefinancierd met LNV-DWK-middelen. Overeenkomstig het in de nota LNV-kennisbeleid vastgelegde profijtbeginsel dient de samenstelling van gebiedsdekkende Gt-actualisatiepakketten gefinancierd te worden door de gebruiker(s) van deze informatie. De kosten hiervan worden vooral bepaald door de gewenste schaal en gebiedsgrootte. Voor een landelijke Gt-actualisatie (hierbij is aangenomen dat 800 000 ha actualisatiebehoeftig is) worden de kosten geschat op *fl* 4.600.000

Bij het verzamelen van de bodemfysische karakteristieken gaat het om een aanvulling van de bestaande Staringreeks. Deze is gebaseerd op textuurklassen, gerelateerd aan de indeling van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Aangezien de bemonstering specifieke textuurklassen (bouwstenen) betreft is een selecte bemonstering het meest efficiënt. De ontbrekende informatie zal projectgewijs worden aangevuld. Dat wil zeggen, als bij een nieuw onderzoek de nog ontbrekende informatie geheel of gedeeltelijk noodzakelijk is, ad hoc met de opdrachtgever van het onderzoek gezocht zal worden naar een financiering van de noodzakelijke bodemfysische bepalingen. Hierbij ligt de prioriteit in eerste instantie bij het verzamelen van minimaal vier monsters voor de nog ontbrekende bouwstenen. De kosten hiervan worden geschat op *fl* 47.500. In tweede instantie wordt gestreefd naar een aanvulling tot minimaal vijftien monsters voor de berekening van de gemiddelden. De kosten hiervan worden geschat op *fl* 420.000.

Het verzamelen van de gegevens uit pakket 3 en 4 gebeurd in het kader van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK) die erop gericht is de variabiliteit binnen de kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 te beschrijven. In de opzet van de LSK wordt er onderscheid gemaakt tussen steekproeven gericht op:
- grondwatertrappen (in totaal 16),
- enkelvoudige legenda-eenheden (bodemeenheden; in totaal 89) en
- speciale verschijnselen bij een legenda-eenheid (toevoegingen; in totaal 12).

Een statistische beschrijving van een kaarteenheid wordt dan verkregen door van alle in het profiel voorkomende lagen, gegevens over de bodemvariabelen en het grondwaterstandsverloop, evenals hun variabiliteit, te genereren uit de verschillende steekproeven gericht op onderdelen. De Gt-steekproeven zijn als eerste verder uitgewerkt omdat hiermee het snelst een landsdekkend gegevensbestand is op te bouwen. De gegevens van pakket 4 worden in principe alleen bij de Gt-steekproeven verzameld en gelden als een waarborg voor een minimumpakket aan chemische gegevens. Het verzamelen van additionele chemische gegevens is binnen dit kader

ook mogelijk en kost relatief weinig. Voor de overige steekproeven volgt de uitwerking in een later stadium.

Enkele Gt-steekproeven zijn in de afgelopen jaren reeds uitgevoerd (Gt II en III) of zijn in uitvoering (Gt VI). Voor deze steekproeven is de steekproefomvang op basis van ervaringskennis bepaald. Voor de nog uit te voeren Gt-steekproeven is de steekproefomvang ook bepaald met behulp van een statistisch model. Hiermee kan vooraf een kwaliteitsmaat van de steekproef worden verkregen. De keuze voor een bepaalde steekproefomvang kan daarmee gebaseerd worden op een gewenste nauwkeurigheid van de standaardfout van de steekproef. Uitvoering van de steekproef met een steekproefomvang gedefinieerd volgens het statistisch model levert op het totaal van alle enkelvoudige Gt-steekproeven een besparing op van 20% ten opzichte van de begrote kosten op basis van ervaringskennis. Evenals bij de Gt-actualisatie geldt voor de financiering van de LSK het profijtbeginsel. In beginsel zijn meerdere gebruikers gebaat bij de te verzamelen gegevens. De financiering zal dan ook via twee sporen worden gezocht. Enerzijds via individuele of groepen van samenwerkende (consortia) gebruikers en anderzijds via de inkomsten uit de verkoop van gegevens uit het bestaande Bodemkundig Informatie Systeem (BIS). De totale kosten voor alle Gt-steekproeven worden geschat op *fl* 1.862.862.

Bodemkundige informatie kent een grote verscheidenheid aan toepassingen. Hierdoor is er naast de behoefte aan de basisgegevens ook vaak behoefte aan informatie op een hoger aggregatie-niveau zoals afgeleide gegevens en functionele clusters van gegevens nodig voor bepaalde toepassingen. Naast het gebruik van allerlei gegevensbestanden kan hierbij ook ervaringskennis worden ingebracht. SC-DLO streeft er dan ook naar om de bodemkundige informatie niet als losstaand geheel, maar in relatie met ander (aardkundige) gegevens en kennis aan te bieden in zogenaamde functionele datapakketten.

1 Inleiding

Dit rapport bevat het plan voor verzameling van bodemkundige gegevens van DLO-Staring Centrum (SC-DLO). Hiermee wordt vastgelegd, welke bodemkundige gegevensverzameling op landelijke schaal de komende jaren wordt nagestreefd en hoe de keuze van bodemvariabelen en bemonsteringsmethode tot stand is gekomen.

In dit rapport wordt verder onder bodemvariabele verstaan, die grootheid die een beschrijving geeft van de samenstelling van de bodem en de profielopbouw zoals textuur, organische-stofgehalte, pH, alsmede de aan die samenstelling gerelateerde eigenschappen zoals dichtheid, doorlatendheid en waterretentie. De genoemde eigenschappen zijn eigenlijk bodemkenmerken die de kwaliteit van een bodem aangeven. Om gecompliceerde zinsconstructies te voorkomen worden ze in dit rapport ook als bodemvariabele betiteld.

1.1 Algemeen kader

Als bronhouder van geografische databestanden, heeft SC-DLO een kerntaak met betrekking tot het verzamelen, opslaan, analyseren, interpreteren en presenteren van bodemkundige gegevens die volgens een vaste (en vastgelegde) methodiek worden gegenereerd, de 'Systematische Bodemkundige Informatie' (SBI). Informatie-uitwisseling staat centraal, dat wil zeggen SC-DLO verzamelt en levert kennis. Dit vereist een efficiënte informatie-verzameling, -opslag, -verwerking en -uitwisseling. Een essentieel onderdeel van het produkt SBI is dan ook het Bodemkundig Informatie Systeem (BIS). Het BIS bevat geografisch gedefinieerde, bodemkundige informatie over punten, vlakken en patronen.

Vanaf 1960 zijn bodemprofielen en de daarbij behorende analyseresultaten van chemische en fysische bodemvariabelen (punt informatie) digitaal opgeslagen. In de tweede helft van de jaren zeventig is een begin gemaakt met de digitale opslag van bodemgrenzen (patroon informatie). De opbouw van de huidige BIS-bestanden heeft voornamelijk in de periode 1983-1989 plaatsgevonden. In die periode is voor opslag van zowel punt- als vlakgegevens de relationele database (ORACLE) gebouwd, zijn de meeste gegevens ingevoerd en is de patrooninformatie digitaal opgeslagen in een GIS (ARC-INFO). In de tussentijd:

- zijn inzichten en mogelijkheden op het gebied van de informatica veranderd,
- is het gebruik van landsdekkende SBI toegenomen,
- is onder invloed van maatschappelijke ontwikkelingen de vraag naar bodemkundige informatie verschoven en
- dreigt een veroudering van een deel van de SBI.

Deze aspecten waren aanleiding tot een nieuwe oriëntatie op de ontwikkeling van het BIS en noopten tot een bezinning op de toekomstige inhoud van het produkt SBI. Vanuit de opstelling dat het BIS volgend is en niet sturend ten opzichte van SBI was

een van de belangrijkste constateringen dat er allereerst behoefte is aan een weloverwogen strategie voor gegevensverzameling, een zogenaamd 'dataverzamelingsplan' (Leeters et al., 1990). Ook vanuit het toekomstig beleid voor SBI wordt de ontwikkeling van een 'dataverzamelingsplan' als een algemene onderzoeksprioriteit gezien (Van der Pouw en Rosing, 1992).

1.2 Probleem- en doelstelling

Met name onder invloed van de maatschappelijke ontwikkelingen verandert de vraag naar bodemkundige gegevens. Om aan deze vraag te kunnen blijven voldoen zal uitbreiding van de in het BIS opgeslagen gegevens noodzakelijk zijn. Tot nu toe ontbreekt het aan een weloverwogen strategie voor gegevens verzameling.

Voordat tot gegevensverzameling kan worden overgegaan dient de verandering van de vraag naar bodemkundige gegevens in kaart gebracht te worden. Ook moet er eerst een strategie voor gegevensverzameling worden ontworpen, waarin zowel de inhoudelijke als de financiële aspecten aan de orde komen. Het doel van dit onderzoek is dan ook tweeledig:

1) Het in kaart brengen van de behoefte aan bodemkundige gegevens, bij SC-DLO zelf en bij (potentiële) afnemers van bodemkundige informatie.
2) Het maken van een concreet dataverzamelingsplan, waarmee inhoudelijke en financiële sturing kan worden gegeven aan gegevensverzameling nu en in de toekomst.

Dit rapport brengt niet alleen de behoefte aan bodemkundige informatie in kaart, maar kent aan de geformuleerde wensen ook een prioriteit toe. Deze prioriteitsstelling is uitgewerkt tot een strategie voor dataverzameling en een indicatieve schatting van de kosten. Om de verkoopwaarde van bodemkundige informatie te verhogen, wordt het concept van het 'functioneel datapakket' als eindprodukt geïntroduceerd. Tevens wordt aangegeven welke algemene strategie voor financiering gevolgd wordt.

1.3 Werkwijze

Bij het inventariseren van de behoefte aan bodemkundige informatie is voor een kwalitatieve methode gekozen. Eind 1992 en begin 1993 zijn er interviews afgenomen aan de hand van open vragen. Hierbij zijn, ingedeeld naar onderzoeksvelden, zowel onderzoekers als onderzoeksmanagers ondervraagd. Tevens is er onderscheid gemaakt tussen intern (SC-DLO) en extern. Omdat de interviews bestonden uit open vragen was het noodzakelijk de antwoorden te klassificeren voor dat ze (beperkt) kwantitatief verwerkt konden worden. Dit is gedaan met behulp van drie matrices, gebaseerd op de hoofdmenustructuur voor verwerking van dit soort gegevens, zoals die door Engel (1988, 1992) is ontwikkeld en door Kamermans (1992) geoperationaliseerd. Prioriteiten zijn toegekend op basis van het huidige gebruik en wensen ten aanzien van dit gebruik, waarbij wensen die betrekking hebben op veel gebruikte gegevens

een hogere prioriteit krijgen dan wensen die betrekking hebben op weinig of nog niet gebruikte gegevens. Het onderzoek tot hiertoe is tussentijds gerapporteerd in een interne mededeling van SC-DLO door Elie et al. (1993).

Op 25 februari 1994 is er een colloquium gehouden met directie, onderzoekers en onderzoeksmanagers van SC-DLO. Ter discussie stond bovengenoemde rapportage waarvan de aanbevelingen voor dataverzameling verder waren uitgewerkt tot concreet geformuleerde opties voor gegevensverzameling. Dit heeft geresulteerd in een keuze voor de te volgen algemene strategie, op basis waarvan definitieve gegevenspakketten evenals de methode van verzameling zijn vastgesteld. Deze pakketten vormen de kern van het bodemdataverzamelingsplan.

Omdat de gegevensverzameling middels de steekproeven gericht op grondwatertrappen van de LSK de snelste manier is om landsdekkend aan informatie over chemische variabelen te komen zijn deze steekproeven verder uitgewerkt. Voor alle gegevenspakketten is een schatting gemaakt van de kosten en is een algemene strategie voor financiering aangegeven.

1.4 Indeling

Methode en resultaten van de inventarisatie van de behoeften aan bodemkundige informatie zoals gerapporteerd in een interne mededeling van SC-DLO (Elie et al., 1993) worden beknopt weergegeven in hoofdstuk 2. Dit hoofdstuk geeft inzicht in de prioriteitsstelling van categorieën van bodemvariabelen. Deze prioriteitsstelling wordt verder uitgewerkt in een zestal aanbevelingen (par. 2.5) voor dataverzameling. In hoofdstuk 3 worden deze aanbevelingen verder uitgewerkt (par. 3.1) waarbij een indeling wordt gemaakt naar de onderdelen kwaliteit en presentatie (par. 3.1.1), grondwaterstandsverloop (par. 3.1.2), fysische gegevens (par. 3.1.3) en chemische gegevens (par. 3.1.4). De strategie voor dataverzameling verschilt per onderdeel (grondwaterstandsverloop, fysische- en chemische gegevens) en daarmee ook de kwaliteit en presentatie (par. 3.2). De gekozen strategie wordt verder uitgewerkt tot 4 concrete gegevenspakketten die de kern van het bodemdataverzamelingsplan vormen (par. 3.3). In hoofdstuk 4 wordt verder ingegaan op de methode voor dataverzameling die ook per onderdeel (grondwaterstandsverloop, fysische en chemische gegevens) verschillen. De dataverzameling van de chemische gegevens wordt met name verder uitgewerkt omdat deze aansluit bij de reeds in uitvoering zijnde steekproeven in grondwatertrappen van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK). In hoofdstuk 5 wordt voor de Gt-steekproeven de steekproefomvang (par. 5.1) zowel op de basis van ervaring als met behulp van een statistisch model bepaald. Beide steekproefomvangen worden vergeleken op kwaliteit en kosten in paragraaf 5.3. Tot slot wordt in hoofdstuk 6 ingegaan op de mogelijkheid van functionele datapakketten: een vorm waarin de verzamelde gegevens als produkt aangeboden kunnen worden (par. 6.1). Ook wordt weer per onderdeel (grondwaterstandsverloop, fysische- en chemische gegevens) ingegaan op de wijze waarop de dataverzameling gefinancierd (par. 6.2) zou kunnen worden.

2 Inventarisatie van de behoefte aan bodemkundige informatie

In dit hoofdstuk wordt een samenvatting gegeven van de inventarisatie van de behoefte aan bodemkundige informatie met daaraan gekoppeld een prioriteitsstelling. De inventarisatie is gedaan aan de hand van interviews, die eind 1992 en begin 1993 zijn afgenomen. Voor een gedetailleerd verslag zie Elie et al. (1993).

2.1 Interviews

Bij het inventariseren van de behoefte aan bodemkundige informatie is voor een kwalitatieve methode gekozen. Er zijn interviews afgenomen aan de hand van open vragen. Op deze manier kan een zo breed mogelijk beeld verkregen worden van de wensen ten aanzien van bodemkundige informatie.

Met betrekking tot de gestelde vragen is er onderscheid gemaakt bij de te interviewen personen tussen:
- onderzoekers die voor hun onderzoeksactiviteiten gebruik maken van bodemkundige informatie en daarbij de knelpunten in de praktijk ervaren en
- onderzoeksmanagers die een breder overzicht hebben op het onderzoek en de toekomstverwachtingen in hun vakgebied.

Tevens is er een tweedeling gemaakt in een intern en een extern onderzoek. Onderzoekers en managers zijn geselecteerd voor een aantal vooraf gedefinieerde onderzoeksvelden, binnen SC-DLO overeenkomstig de indeling in hoofdafdelingen. Uiteraard beslaat het onderzoek dat bij SC-DLO plaatsvindt niet het totale veld waarin bodemkundige informatie wordt gebruikt. Voor het externe onderzoek zijn daarom onderzoeksvelden gedefinieerd die intern niet of niet voldoende vertegenwoordigd waren.

De interne en externe interviews zijn afzonderlijk door twee verschillende personen afgenomen. De gesprekken zijn eind 1992 en begin 1993 gevoerd. Intern zijn 24 en extern 11 interviews afgenomen. De resultaten van het interne en het externe onderzoek zijn gescheiden gehouden. De aparte verwerking van de interne en externe interviews is ingegeven door het verschil in commercieel belang van interne en externe wensen met betrekking tot gegevensverzameling. Tevens zijn, door verschillen in het afnemen van de interviews, de wensen bij het externe onderzoek niet specifiek per onderzoeksveld geïnventariseerd. Deze geven daardoor een globaler beeld.

2.2 Ordening van de gegevens

De interviews bestonden uit open vragen. Hierdoor was het noodzakelijk de antwoorden te klassificeren alvorens ze (beperkt) kwantitatief verwerkt konden worden. De gegevens zijn geordend met behulp van drie matrices (tabellen 1, 2 en 3). Hiervoor zijn drie assen gedefinieerd:

1 *onderzoeksvelden* waarbinnen de bodemkundige informatie wordt gebruikt;
2 *wensen* ten aanzien van de bodemkundige gegevens;
3 *clusters* van bodemkundige gegevens.

De matrices geven overzichten van respectievelijk:

- het huidige gebruik van bodemkundige informatie (as 1 en 3);
- wensen per onderzoeksveld (as 1 en 2);
- wensen per gegevenscluster (as 2 en 3).

Voor alle interviews is elk antwoord per onderzoeksactiviteit in de drie matrices geturfd.

2.3 Prioriteitsstelling dataverzameling vanuit interviews

Een ranglijst van bodemkundige gegevens die belangrijk zijn voor het dataverzamelingsplan, is gemaakt door per cluster van bodemkundige gegevens (matrix 1) te kijken naar het gebruik in combinatie met de wensen (matrix 3). Gegevens waarvoor veel wensen zijn, zijn belangrijk voor de prioriteitsstelling. De belangrijkheid hangt echter ook af van de mate waarin deze gegevens reeds gebruikt worden. Gegevens die veel gebruikt worden en waarvoor veel wensen zijn zullen de hoogste prioriteit voor verzameling krijgen. Daarentegen zijn gegevens die weinig worden gebruikt en waarvoor vrijwel geen wensen bestaan minder belangrijk in de prioriteitsstelling.

In de onderste rij van matrix 1 (tabellen 1 en 4) staat het percentage activiteiten per cluster van bodemkundige gegevens aangegeven. In de velden van matrix 3 (tabel 3) staat het percentage van de activiteiten waarvoor per cluster van bodemkundige gegevens bepaalde wensen zijn geformuleerd. Ze geven beide het deel van het totaal aantal activiteiten weer. Door deze percentages te vermenigvuldigen en te delen door 100 kan voor elk veld van matrix 3 een score voor de prioriteitsstelling voor dataverzameling worden gegeven op een schaal van 0 tot 100. Figuur 1 geeft een overzicht van de 10 hoogst scorende prioriteiten.

Een aantal door de geïnterviewden geformuleerde wensen had geen betrekking op een specifieke cluster van bodemkundige gegevens, maar waren algemeen van aard. De frequentie is als maat genomen voor de belangrijkheid van deze wensen.

2.4 Resultaten

2.4.1 Interne interviews

De resultaten van de interviews met SC-DLO onderzoekers zijn hieronder weergegeven in de drie matrices zoals vermeld in paragraaf 2.2.

Tabel 1 Matrix 1: Het huidige gebruik van bodemkundige informatie door onderzoekers van SC-DLO aangegeven als aantal activiteiten per onderzoeksveld voor clusters van bodemkundige gegevens. Percentages binnen het tabelkader zijn gebaseerd op het aantal activiteiten per onderzoeksveld. Percentages daarbuiten (cursief en tussen haakjes) zijn gebaseerd op het totaal aantal activiteiten. De som van de percentages per onderzoeksveld hoeft niet gelijk te zijn aan 100 omdat er in een onderzoek verschillende bodemkundige gegevens gebruikt kunnen worden

			Basisgegevens									Afgeleide gegevens
Onderzoeksveld	Aantal interv.	Aantal activ.	Bodem-kaart 1:250.000	Bodem-kaart 1:50.000	Gedetail-leerde bodemkaart	Overige kaarten	Bodemgegevens		Grondwatergegevens		Overige gegevens	
							chemisch	fysisch	chemisch	niveau		
Proces-onderzoek	6	9 *(19%)*			1 11%		9 100%	9 100%	2 22%	1 11%	6 67%	
Model-ontwikkeling	7	12 *(26%)*					5 42%	7 58%	6 50%	11 92%	6 50%	
Model-toepassing	9	16 *(34%)*		1 6%	1 6%	3 19%	7 44%	15 94%		15 94%	4 25%	1 6%
Patroon en variabiliteits-onderzoek	3	5 *(11%)*	1 20%	3 60%	3 60%	2 40%	2 40%	2 40%		1 20%	3 60%	
Act t.a.v. functie en kwaliteit van het land	3	4 *(8%)*	3 75%	4 100%	4 100%	2 50%	4 100%	3 75%	2 50%	4 100%	1 25%	3 75%
Activiteit t.a.v. inrichting van het land	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Informatie-overdracht	1	1 *(2%)*						1 100%				
Totaal		47 *100%*	4 *(9%)*	8 *(17%)*	9 *(19%)*	7 *(15%)*	27 *(57%)*	37 *(79%)*	10 *(21%)*	32 *(68%)*	20 *(43%)*	4 *(9%)*

Bij procesonderzoek, modelontwikkeling en modeltoepassingen wordt voornamelijk gebruik gemaakt van fysische en chemische gegevens en grondwaterstanden als puntinformatie (tabel 1). Deze worden eveneens veel gebruikt bij onderzoek met betrekking tot de functie en kwaliteit van het land, maar hierbij ligt het accent met name op (zo gedetailleerd mogelijke) patroongegevens. De meest gebruikte bodemfysische karakteristieken zijn; waterretentie (h-θ- relatie; pF-curve), doorlatendheid (K-h-relatie) capillaire stijghoogte (Z-afstand), doorlatendheid van het watervoerende pakket (kD-waarde) en textuur- en structuurgegevens. De meest gebruikte chemische gegevens zijn: organische-stofgehalte, pH, kalkgehalte, nutriënten, C/N-quotiënt (met name voor humuslagen), CEC, Fe- en Al-oxalaat en mineralensamenstelling. Met grondwaterstandsgegevens wordt meestal bedoeld de grondwatertrap, GHG en GLG, of een gemeten grondwaterstand, op een bepaalde plaats en tijdstip, uit het TNO-GG databestand van grondwaterstandsbuizen. Overige gegevens betreffen voornamelijk de dikte van diverse lagen in de bodem en de dichtheid van sloten.

Tabel 2 Matrix 2: Wensen van onderzoekers van SC-DLO voor bodemkundige informatie aangegeven als aantal activiteiten per onderzoeksveld. Percentages binnen het tabelkader zijn gebaseerd op het aantal activiteiten per onderzoeksveld. Percentages daarbuiten (cursief en tussen haakjes) zijn gebaseerd op het totaal aantal activiteiten

			Wensen							
Onderzoeksveld	Antal interv.	Aantal activ.	Kwaliteit	Geografische intensiteit	Variatie in tijd	Actualiteit	Presentatie	Aanvullende gegevens	Vertaal-functies	Geen wensen
Proces-onderzoek	6	9 *(19%)*	3 33%	3 33%			3 33%	5 56%		4 44%%
Model-ontwikkeling	7	12 *(26%)*	4 33%	3 25%	1 8%	2 17%		5 42%		5 42%
Model-toepassing	9	16 *(34%)*	8 50%	4 25%	5 31%	2 12%	4 25%	7 56%	2 13%	1 6%
Patroon en variabiliteits-onderzoek	3	5 *(11%)*	1 20%	2 40%		1 20%	2 40%			1 20%
Activiteiten t.a.v. functie en kwaliteit van het land	3	4 *(8%)*		2 50%		4 100%	1 25%	1 25%		
Activiteiten t.a.v. inrichting van het land	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Informatie-overdracht	1	1 *(2%)*								1 100%
Totaal		47 *(100%)*	16 *(34%)*	14 *(30%)*	6 *(15%)*	9 *(19%)*	10 *(21%)*	18 *(38%)*	2 *(4%)*	12 *(26%)*

De meeste wensen zijn geuit met betrekking tot aanvullende gegevens, de kwaliteit en de geografische intensiteit (tabel 2). Deze wensen komen hoofdzakelijk voor bij modeltoepassingen, modelontwikkeling en procesonderzoek. Bij onderzoek m.b.t. de functie en kwaliteit van het land zijn er voornamelijk wensen ten aanzien van de actualiteit en geografische intensiteit van bodemkundige gegevens.

De meeste aanvullende gegevens zijn gewenst in de clusters overige gegevens en bodemfysische gegevens (tabel 3). De gewenste fysische gegevens betreffen: gegevens over zowel de uitdrogings- als bevochtigingscurve van de waterretentie (pF-curve), gegevens over de capillaire stijghoogte, effectieve porositeit, doorlatendheid van de bovenste 30 cm en fysische gegevens van de diepere ondergrond. In de cluster overige gegevens is vooral gevraagd naar gegevens over: maaiveldshoogte, bioactiviteit, dichtheid van de sloten, grondbewerking, dikte van de wortelzone en humusprofielen. Gewenste aanvullende gegevens m.b.t. patrooninformatie betreffen digitale topografische kaarten met waterlopen, voor het berekenen van drainage-weerstanden per gebied.

Tabel 3 Matrix 3: Wensen van onderzoekers binnen SC-DLO voor bodemkundige informatie aangegeven als aantal activiteiten per cluster van bodemkundige gegevens. Percentages (cursief en tussen haakjes) zijn gebaseerd op het totaal aantal activiteiten (47)

		Basisgegevens									Afgeleide gegevens	Alge-meen
Wensen	Aantal activ.	Bodem-kaart 1:250.000	Bodem-kaart 1:50.000	Gedetail-leerde bodemkaart	Overige kaarten	Bodemgegevens		Grondwatergegevens		Overige gegevens		
						chemisch	fysisch	chemisch	niveau			
Kwaliteit	16						12 *(26%)*					4 *(9%)*
Geografische intensiteit	14		8 *(17%)*									6 *(13%)*
Variatie in tijd	6				1 *(2%)*	2 *(4%)*			3 *(6%)*			
Actualiteit	9					1 *(2%)*			6 *(13%)*	2 *(4%)*		
Presentatie	10				1 *(2%)*	2 *(4%)*	1 *(2%)*					6 *(13%)*
Aanvullende gegevens	18				2 *(4%)*	2 *(4%)*	6 *(13%)*			8 *(17%)*		
Vertaal-functies	2											2 *(6%)*

Wensen met betrekking tot de kwaliteit (tabel 3) betreffen de statistische betrouwbaarheid van gegevens en informatie over de bepalingsmethode. Deze wensen komen vooral voor bij het gebruik van fysische karakteristieken in modellen. Naast deze kwaliteitswensen formuleerden onderzoeksmanagers ook nog kwaliteitswensen ten aanzien van de fysische karakteristieken *kD*- en *C*-waarden, die via vertaalfuncties uit grondwaterstandsgegevens kunnen worden afgeleid.

Wensen met betrekking tot de geografische intensiteit spelen voornamelijk een rol bij het patroon en variabiliteits onderzoek en het onderzoek naar de functie en kwaliteit van het land en betreft hoofdzakelijk het ontbreken of onvoldoende aanwezig zijn van bodemkundige informatie in bos- en natuurgebieden op de bodemkaart schaal 1 : 50 000. In verband met de verwachte schaalverkleining in het onderzoek bestaat een algemene wens m.b.t. een hogere geografische intensiteit van bodemkundige gegevens.

Algemene wensen op het gebied van de presentatie hebben voornamelijk betrekking op de standaardisatie van de bepalingsmethoden en digitale opslag zodat gegevens makkelijker uitwisselbaar zijn.

2.4.2 Externe interviews

Hieronder zijn de resultaten van de extern gevoerde interviews weergegeven in de drie matrices zoals vermeld in paragraaf 2.2.

Tabel 4 Matrix 1: Het huidige gebruik van bodemkundige informatie door externe onderzoekers aangegeven als aantal activiteiten per onderzoeksveld voor clusters van bodemkundige gegevens. Percentages binnen het tabelkader zijn gebaseerd op het aantal activiteiten per onderzoeksveld. Percentages daarbuiten (cursief en tussen haakjes) zijn gebaseerd op het totaal aantal activiteiten. De som van de percentages per onderzoeksveld hoeft niet gelijk te zijn aan 100 omdat er per onderzoek verschillende bodemkundige gegevens gebruikt kunnen worden

			Basisgegevens									Afgeleide gegevens
Onderzoeksveld	Aantal interv.	Aantal activ.	Bodem-kaart 1:250.000	Bodem-kaart 1:50.000	Gedetail-leerde bodemkaart	Overige kaarten	Bodemgegevens		Grondwatergegevens		Overige gegevens	
							chemisch	fysisch	chemisch	niveau		
Proces-onderzoek	4	6 (11%)		2 33%		1 17%	3 50%	2 33%	1 17%	3 50%	3 50%	2 33%
Model-ontwikkeling	5	8 (15%)	1 13%	3 38%			8 100%	4 50%	1 13%	6 75%	3 38%	3 38%
Model-toepassing	7	12 (32%)		3 25%		3 25%	6 50%	6 50%		6 50%	2 17%	1 8%
Patroon en variabiliteits-onderzoek	7	13 (24%)		6 46%	1 8%	5 38%	4 31%	2 15%		2 15%	1 8%	
Act t.a.v. functie en kwaliteit van het land	5	11 (20%)		4 36%	1 9%	4 36%	4 36%	3 27%	1 9%	5 45%	1 9%	4 36%
Activiteit t.a.v. inrichting van het land	3	3 (6%)	-	2 67%	-	3 100%	-	1 33%	-	1 33%	-	2 67%
Informatie-overdracht	1	1 (2%)		1 100%				1 100%				
Totaal		54 100%	1 (9%)	21 (38%)	2 (4%)	16 (30%)	25 (46%)	18 (33%)	3 (6%)	23 (43%)	10 (19%)	12 (22%)

Evenals bij het interne onderzoek (tabel 1) wordt er extern bij procesonderzoek, modelontwikkeling en modeltoepassingen ook voornamelijk gebruik gemaakt van fysische en chemische gegevens en grondwaterstanden als puntinformatie (tabel 4). Bij onderzoek naar de functie en kwaliteit van het land worden deze gegevens extern minder gebruikt dan intern. Intern ligt het accent meer op de fysische en extern meer op de chemische gegevens. De bodemkaart 1 : 50 000 wordt extern relatief meer en op een breder terrein gebruikt dan intern. De meest gebruikte fysische gegevens zijn: textuurgegevens, isotherm constanten, kinetiek constanten, dispersiviteit, pF-curven, *K-h*-relatie en *kD*-waarden. De meest gebruikte chemische gegevens zijn: organische-stofgehalte, kalkgehalte, pH, nutriënten, CEC, basebezetting en redoxpotentiaal. Met grondwaterstandsgegevens worden meestal bedoeld de grondwatertrap, GHG en GLG, of de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG).

Tabel 5 Matrix 2: Wensen van externe onderzoekers voor bodemkundige informatie aangegeven als aantal activiteiten per onderzoeksveld. Percentages binnen het tabelkader zijn gebaseerd op het aantal activiteiten per onderzoeksveld. Anders dan bij het interne onderzoek, zijn bij het externe onderzoek de vragen niet voor iedere afzonderlijke activiteit opnieuw gesteld. De wensen zijn daardoor niet specifiek per onderzoeksveld genoemd. Aangenomen is dat de door een onderzoeker genoemde wensen van toepassing zijn op al zijn activiteiten. Deze tabel geeft hierdoor een globaal beeld van de wensen per onderzoeksveld

			Wensen							
Onderzoeksveld	Aantal interv.	Aantal activ.	Kwaliteit	Geografische intensiteit	Variatie in tijd	Actualiteit	Presentatie	Aanvullende gegevens	Vertaal-functies	Geen
Proces-onderzoek	4	6	4 67%	4 67%	1 17%	3 50%		2 33%		
Model-ontwikkeling	3	8	3 38%	5 63%		5 63%	3 38%	3 38%	1 12%	
Model-toepassing	7	12	6 50%	4 33%	1 8%	4 33%	4 33%	5 42%	2 17%	
Patroon en variabiliteits-onderzoek	7	13	6 46%	6 46%	1 8%	4 31%	3 23%	4 31%	1 8%	
Activiteiten t.a.v. functie en kwaliteit van het land	5	11	4 36%	3 27%		4 36%	4 36%	4 36%	1 9%	
Activiteiten t.a.v. inrichting van het land	3	3	2 67%	2 67%		2 67%		2 67%		
Informatie-overdracht	1	1								1 100%

Voor alle onderzoeksvelden met uitzondering van 'informatie overdracht' zijn er wensen met betrekking tot de kwaliteit, geografische intensiteit, actualiteit en aanvullende gegevens (tabel 5). Niet over alle onderzoeksvelden verdeeld maar in totaal toch vaak geuite wensen betreffen de presentatie.

Wensen aangaande de kwaliteit betreffen in het algemeen (tabel 6) de statistische betrouwbaarheid, de variabiliteit en representativiteit van gegevens. Deze zijn met name van belang voor de onderbouwing van te nemen maatregelen tegen negatieve milieu-invloeden.

Wensen met betrekking tot de geografische intensiteit komen voornamelijk vanuit het milieubeheer en de natuurbescherming. Veel natuurgebieden zijn klein en meestal langgerekt, daarom is de bodemkaart 1 : 50 000 (tabel 6) eigenlijk te onnauwkeurig; heeft te weinig puntgegevens per oppervlakte-eenheid. Meer detail en differentiatie is gewenst over de bodemopbouw, de nutriënten en de grondwatertrappen.

Wensen over de actualiteit hebben met name betrekking op de grondwaterstanden (tabel 6). Door recente ingrepen is informatie over de grondwatertrappen veelal verouderd, bovendien zijn gegevens over de grondwatertrappen (1 : 50 000) van verschillende ouderdom.

Tabel 6 Matrix 3: Wensen van externe onderzoekers voor bodemkundige informatie aangegeven als aantal maal dat een bepaalde wens is geformuleerd per cluster van bodemkundige gegevens. Percentages (tussen haakjes) zijn gebaseerd op het totaal aantal interviews (11)

	Basisgegevens[1]									Afgeleide gegevens	Alge-meen
Wensen	Bodem-kaart 1:250.000	Bodem-kaart 1:50.000	Gedetail-leerde bodemkaart	Overige kaarten	Bodemgegevens		Grondwatergegevens		Overige gegevens		
					chemisch	fysisch	chemisch	niveau			
Kwaliteit					1 (9%)	1 (9%)					4 (36%)
Geografische intensiteit		3 (27%)						1 (9%)			2 (18%)
Variatie in tijd					2 (18%)			1 (9%)			
Actualiteit			1 (9%)		2 (18%)	1 (9%)		6 (55%)			
Presentatie					2 (18%)	1 (9%)		4 (36%)			5 (45%)
Aanvullende gegevens				2 (18%)	2 (18%)	2 (18%)	1 (9%)		4 (36%)		
Vertaalfuncties					2 (18%)	1 (9%)					

Wensen met betrekking tot de presentatie betreffen in het algemeen de standaardisatie van gegevens, zodat uitwisseling makkelijker wordt. Met betrekking tot de grondwaterstanden zijn er wensen voor een verfijning van de grondwatertrappen of het presenteren van GHG en GLG als getalswaarde.

Wensen voor aanvullende gegevens betroffen voornamelijk chemische en fysische gegevens, deels gegevens die nu ook al gebruikt worden en deels aanvullende gegevens op dit terrein (tabel 6). Als gewenste aanvullende chemische gegevens zijn genoemd: zware metalen in interstitieel water (met name de biologische beschikbaarheid daarvan), organische-stofgehalte in de diepere ondergrond, een bodemchemische karakterisering (met name in relatie tot milieubelasting) en bodemkwaliteitsklassen (in verband met normstellingen). Als aanvullende fysische gegevens zijn genoemd: gegevens met betrekking tot thermische eigenschappen, micromorfologische eigenschappen voor onderzoek naar hydrologische processen en gegevens over de diepere ondergrond (dieper dan 120 cm - mv.) om de waterstroming in de verzadigde zone te kunnen berekenen.

2.4.3 Prioriteiten

De prioriteitenlijst (tabel 7) voor de verzameling van bodemkundige gegevens is tot stand gekomen door het totale percentage van het huidige gebruik (tabellen 1 en 4) te vermenigvuldigen met het percentage per wens (tabellen 3 en 6) zoals aangegeven in paragraaf 2.3. Hierin komen alleen wensen van onderzoekers die in de clusters van gegevens ondergebracht kunnen worden tot uitdrukking. Om ook de algemene

wensen, de wensen die onder overige gegevens ingedeeld en de wensen van onderzoeksmanagers in beeld te brengen, is gekeken hoe vaak bepaalde wensen in de interviews ter sprake zijn gekomen. De belangrijkste zijn opgenomen in tabel 8.

Tabel 7 Prioriteitenlijst voor het verzamelen van bodemkundige gegevens gerangschikt naar hun score aan de hand van huidig gebruik en wensen zoals aangegeven in interviews met interne (SC-DLO) en externe onderzoekers

Intern			**Extern**		
kwaliteit	- fysische geg.	*21*	actualiteit	- grondwaterstanden	*24*
aanvullende	- fysische geg.	*10*	presentatie	- grondwaterstanden	*15*
actualiteit	- grondwaterstanden	*8,8*	intensiteit	- bodemkaart	*10*
variatie in tijd	- grondwaterstanden	*4,1*	aanvullende	- chemische geg.	*8,3*
intensiteit	- bodemkaart	*2,9*	actualiteit	- chemische geg.	*8,3*
variatie in tijd	- chemische geg.	*2,3*	variatie in tijd	- chemische geg.	*8,3*
presentatie	- chemische geg.	*2,3*	presentatie	- chemische geg.	*8,3*
aanvullende	- chemische geg.	*2,3*	vertaalfuncties	- chemische geg.	*8,3*
presentatie	- fysische geg.	*1,6*	aanvullende	- fysische geg.	*6,0*
actualiteit	- chemische geg.	*1,1*	kwaliteit	- chemische geg.	*4,1*

Tabel 8 Algemene wensen naar voren gebracht door onderzoekers en onderzoeksmanagers in percentages van het totaal aantal interne of externe interviews

		Intern	**Extern**
Presentatie	standaardisatie en documentatie van bepalingsmethoden	*25*	*43*
Kwaliteit	statistische betrouwbaarheid	*21*	*36*
Aanvullende gegevens	organische-stofgehalten in de diepere ondergrond (beneden 120 cm - mv.)	*4*	*29*
	zware metalen	*0*	*29*
	geografie bodemfauna en biologische activiteiten	*13*	*21*
	humusprofielen	*8*	*7*
	kD-waarden	*17*	*0*

Bij de interne en externe prioriteitenlijst liggen de zwaartepunten verschillend. Dit laat zich deels verklaren door het meer proces en model georiënteerde onderzoek intern, waarbij vaak fysische gegevens gebruikt worden (tabel 1) en het meer toepassingsgerichte onderzoek extern met het accent op chemische gegevens (tabel 4). Tevens is intern de afstand tussen gebruiker en de bron kleiner waardoor een grotere bekendheid met de gegevens en hun kwaliteit aanwezig is. Hierdoor ontstaan eerder wensen ten aanzien van de beschikbaarheid en kwaliteit, zoals bij de fysische gegevens het geval is

Uit de interne en externe interviews blijkt dat er duidelijk een algemene behoefte bestaat aan standaardisatie en documentatie van de bepalingsmethoden en informatie over de statistische betrouwbaarheid van gegevens (tabel 8).

Uit de interne interviews komt de kwaliteit van fysische gegevens als grootste bron van zorg naar voren (tabel 7). De wensen met betrekking tot deze kwaliteit bestaan

deels uit de bovengenoemde algemene wensen en deels uit de behoefte aan statistisch betrouwbare pF-curven en *K-h*-relaties. In deze laatste wens is door het uitkomen van een nieuwe versie van de Staringreeks (Wösten et al., 1994) nu reeds in belangrijke mate voorzien (zie par. 3.1.3). Ten aanzien van aanvullende fysische gegevens is er vooral behoefte aan gegevens over de uitdrogings- en bevochtigingscurve van de waterretentie (pF-curve).

Vanuit de externe interviews wordt de behoefte aan actualiteit en presentatie van grondwaterstandsgegevens meer benadrukt. Samen met de prioriteiten die voortkomen uit de interne interviews is de behoefte aan gegevens over het grondwaterstandsverloop te vertalen in de vraag naar:
- actuele Gt-kaarten;
- een verfijning in de Gt-indeling of het weergeven van GHG en GLG als getalswaarden;
- meer informatie over de dynamiek van het grondwaterstandsverloop;
- vergelijkingsmogelijkheden tussen oude en nieuwe situaties om verdrogingseffecten te onderzoeken.

Intern en extern is er zowel behoefte aan gedetailleerdere bodemkaarten als aan puntinformatie over de nutriëntentoestand in bos- en natuurgebieden.

Zowel intern als extern zijn prioriteiten naar voren gekomen met betrekking tot chemische gegevens. Echter zowel de wensen als de chemische gegevens waarop ze betrekking hebben zijn zeer divers. Een duidelijk behoeftepatroon is vooralsnog niet uit de interview naar voren gekomen.

2.5 Aanbevelingen

De hieronder geformuleerde aanbevelingen dienen als uitgangspunt bij het maken van strategische keuzen en het formuleren van concrete gegevenspakketten die moeten leiden tot een definitief bodemdataverzamelingsplan (hoofdstuk 3). De aanbevelingen zijn:
1 Actualisatie van Gt-kaarten door middel van het verzamelen van actuele GHG en GLG informatie.
2 Verhogen van de kwaliteit van de Staringreeks door bemonstering van de ontbrekende bouwstenen en bepalen van de uitdrogings- en bevochtigingscurve van de waterretentie (pF-curve).
3 Karteren en verzamelen puntgegevens in bos- en natuurgebieden.
4 Preciseren wensen ten aanzien van chemische gegevens.
5 Meten en documenteren van de variabiliteit, kwaliteit en meetmethoden van bodemkundige gegevens.
6 Strategische keuzen maken met betrekking tot de verzameling van 'nieuwe' parameters.

3 Dataverzameling

In dit hoofdstuk worden de aanbevelingen voortkomend uit de resultaten van de interviews (hoofdstuk 2) verder uitgewerkt (par. 3.1). Naast de algemene behoefte aan een betere kwaliteit en presentatie (par. 3.1.1) van de gegevens, spitst de behoefte aan bodemkundige gegevens zich voornamelijk toe op het grondwaterstandsverloop (par. 3.1.2), fysische (par. 3.1.3) en chemische gegevens (par. 3.1.4). Voor deze verschillende bodemkundige gegevens zijn concrete gegevenspakketten geformuleerd die de kern van dit bodemdataverzamelingsplan vormen (par. 3.3). Tevens wordt voor ieder gegevenspakket de methode van dataverzameling aangegeven. Deze worden verder uitgewerkt in hoofdstuk 4. Voorstellen hiervoor zijn besproken in een colloquium, waarbij met gebruikers van bodemkundige gegevens van SC-DLO consensus is bereikt over de te volgen strategie bij dataverzameling (par. 3.2).

3.1 Uitwerking van de aanbevelingen

De behoefte aan bodemkundige gegevens spitst zich voornamelijk toe op het grondwaterstandsverloop, fysische en chemische gegevens (aanbeveling 1, 2, 3 par. 2.5). Door de methode van inventarisatie en prioriteitsstelling is de behoefte aan deze gegevens steeds in het algemeen per categorie vermeld. In deze paragraaf worden zoveel mogelijk de afzonderlijke bodemvariabelen aangegeven. Sommige categorieën, zoals die van de chemische gegevens, kunnen zeer veel verschillende variabelen bevatten. Er wordt geen volledige opsomming gegeven, alleen de meest gebruikte en gevraagde variabelen zijn aangegeven (tabel 9).

3.1.1 Kwaliteit en presentatie

Uit zowel de interne als de externe interviews (tabel 8) kwam duidelijk de algemene behoefte aan een betere presentatie en kwaliteit van de bodemkundige gegevens naar voren (aanbeveling 5 par. 2.5). Hiermee wordt met name bedoeld:
- het gebruik van gestandaardiseerde, goed gedocumenteerde bepalingsmethoden en
- de kwantitatieve waarden van de variabelen met statistische onderbouwde uitspraken over gemiddelden, standaardafwijkingen, mediaanwaarden, percentielen, spreiding en betrouwbaarheid.

Aan deze wens kan worden tegemoet gekomen door de toekomstige gegevensverzameling volgens een weloverwogen steekproefopzet te laten plaatsvinden. Koppeling van dataverzameling aan de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK) ligt dan ook voor de hand.

De LSK is ontworpen om de aanwezige bodemkundige informatie te verbeteren, door de inhoud van de kaartvlakken van de bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 te onderbouwen met statistisch betrouwbare, kwantitatieve informatie. De steekproeven zijn toegespitst op die variabelen van de bodem en het grondwaterstandsverloop, die ook op de bodemkaart zijn weergegeven. Daarnaast worden, per steekproef verschillende 'nieuwe' bodemvariabelen meegenomen.

3.1.2 Grondwaterstandsverloop

De actualisering van gegevens over het grondwaterstandsverloop, gekarakteriseerd door de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste (GLG) grondwaterstand en de grondwatertrap (Gt), is extern de voornaamste en intern een belangrijke wens (aanbeveling 1 par. 2.5). Niet actuele Gt-kaarten zijn een bron van onzekerheid bij het beantwoorden van beleidsvragen, omdat het effect van beleidsopties niet nauwkeurig kan worden ingescht. Als bijvoorbeeld de huidige Gt droger is dan de kaart aangeeft, dan kan de droogteschade door een grondwateronttrekking worden overschat of als de huidige Gt natter is dan de kaart aangeeft, kan omdat de denitrificatie in een nattere situatie groter is, de nitraatuitspoeling naar het grondwater worden overschat. Bovendien vraagt men extern om een gedetailleerde presentatie van het grondwaterstandsverloop. Deze vragen spelen al geruime tijd (voor een overzicht zie Bierkens, 1995). Verschillende methodieken die rechtstreeks aansluiten op de behoefte aan Gt-actualisatie zijn dan ook reeds ontwikkeld. Deze methodieken zijn grotendeels operationeel, gedocumenteerd en ook al succesvol toegepast (par. 4.1). Figuur 1 geeft een overzicht van de kaartbladen waarvoor de actualisatiebehoefte is vastgesteld of een werkelijke Gt-actualisatie in uitvoering is, of is uitgevoerd.

3.1.3 Fysische gegevens

De kwaliteit van de bodemfysische gegevens wordt intern, breed verspreid over de onderzoeksvelden, als een probleem ervaren. Men ervaart de toepasbaarheid van de Staringreeks (Wösten et al., 1987) als te beperkt. Bovendien is er behoefte aan aanvullende fysische gegevens, met name de beschrijving van zowel de uitdrogings- als de bevochtigingscurve van de waterretentie (pF-curve: aanbeveling 2 par. 2.5). Aan de wensen ten aanzien van de gemeten bodemfysische karakteristieken, waterretentie (h-θ-relatie; pF-curve) en doorlatendheid (K-h-relatie) is met het uitkomen van de vernieuwde Staringreeks (Wösten et al., 1994) voor een deel tegemoet gekomen. De opzet en het indelingscriterium (36 bouwstenen; 18 voor boven- en 18 voor ondergronden, gerelateerd aan de textuurindeling zoals gebruikt bij de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000) van de Staringreeks is niet veranderd. Wel is het aantal bouwstenen waarvoor een gemiddelde karakteristiek wordt gegeven uitgebreid van 26 naar 30. Erbij gekomen zijn karakteristieken voor zware zavel (B9), siltige leem (B14) en venige klei (B17) in de bovengrond en zandige leem (O14) in de ondergrond.

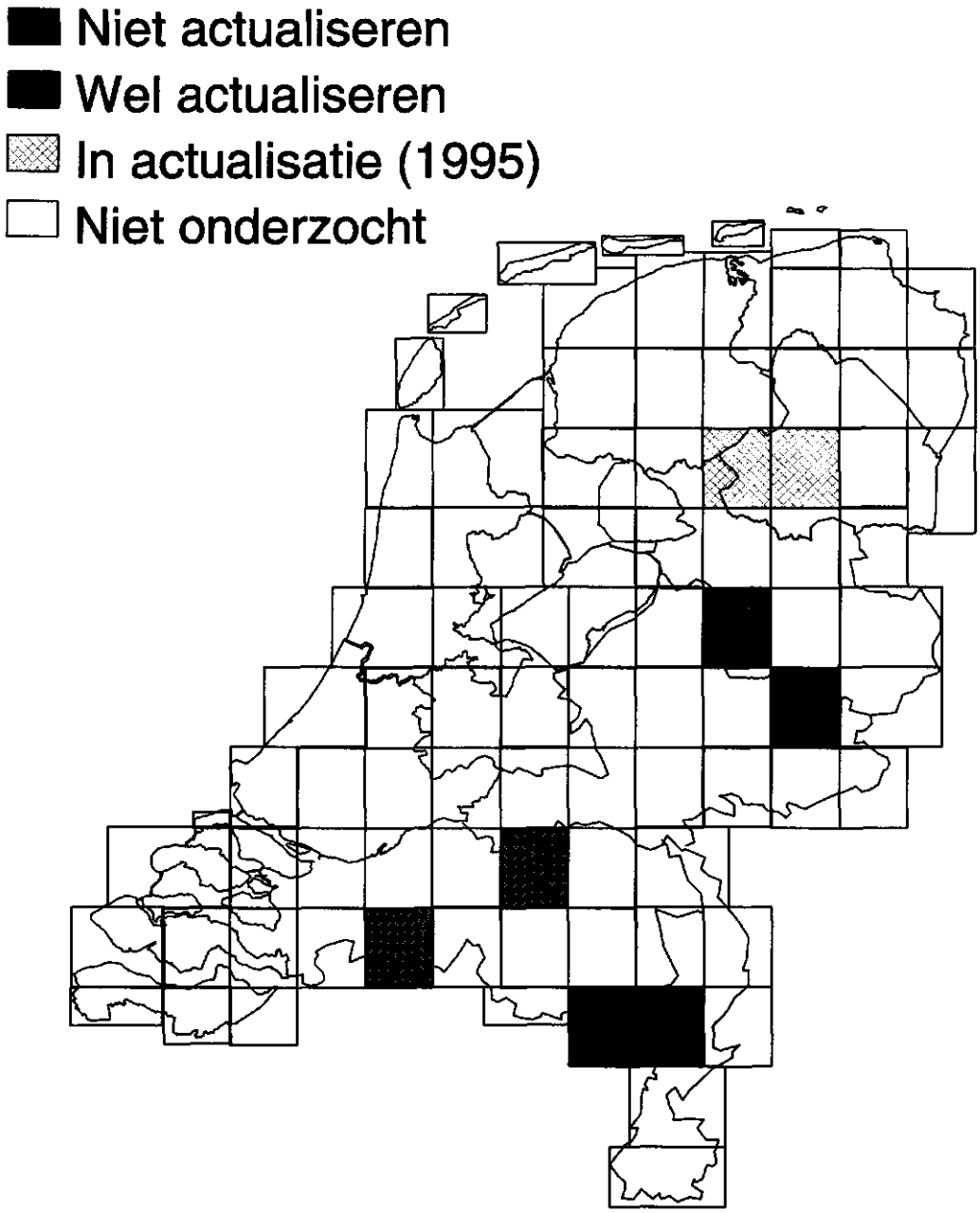


Fig. 1 Gt-actualisatie en bepaling actualisatiebehoefte situatie september 1995

Het belangrijkste verschil is echter dat de statistische onderbouwing en de kwaliteit zijn verbeterd. Waren de gemiddelden in 1987 gebaseerd op 237 nu zijn ze gebaseerd op 620 gemeten karakteristieken. De extra metingen zijn voornamelijk gedaan voor matig lichte zavel in boven- en ondergrond (B8, O9), zware zavel in de ondergrond (O10), kleiïg veen in de bovengrond (B18) en leemarm zeer fijn tot matig fijn zand (O1), matig zware klei (O12), siltige leem (O15) en veen (O16, O17) in de ondergrond. De kwaliteit is verbeterd door de invoering van genormaliseerde (NNI en ISO) methodieken.

Qua oppervlakte zijn voor verreweg het grootste gedeelte van de Nederlandse bodems K-h-θ-relaties beschikbaar voor boven- en ondergronden (figuur 2). De monsters, waar deze gegevens aan ontleend zijn, zijn echter niet regelmatig verspreid over Nederland genomen maar voornamelijk afkomstig van locaties van onderzoeksprojecten. Het aantal karakteristieken waarop de gemiddelden zijn gebaseerd verschilt sterk (van 4 tot 79). Terwijl er voor een zestal bouwstenen nog gemiddelden ontbreken. De ontbrekende bouwstenen zijn; grof zand (B5), keileem (B6), zandige leem (B13) en venig zand (B15) in de bovengrond en beekleem (O7) en moerige tussenlagen (O18) in de ondergrond. Ook de huidige Staringreeks zal in de toekomst nog moeten worden uitgebreid en aangepast met karakteristieken waarvoor nu geen of slechts weinig gegevens beschikbaar zijn.

Van de waterretentiekarakteristieken wordt bijna uitsluitend de uitdrogings- en niet de bevochtigingscurve bepaald. Bij het toepassen van modellen die het zwel- en krimpgedrag van de bodem of hysterese simuleren, is dit een probleem. Additionele informatie in de vorm van bevochtigingscurven is voor het werken met deze modellen noodzakelijk.

De Staringreeks is een klasse-vertaalfunctie waarmee gemiddelde bodemfysische karakteristieken worden toegekend aan een bepaalde textuurklasse. Door de indeling van de bouwstenen naar textuurklassen komen verschillen in geologische afzetting en dichtheid, die beiden tot afwijkend bodemfysisch gedrag kunnen leiden, niet tot uitdrukking. Hetzelfde bestand aan gemeten bodemfysische karakteristieken kan ook gebruikt worden om continue-vertaalfuncties op te stellen waarmee bodemfysische karakteristieken worden voorspeld aan de hand van de bodemvariabelen: dichtheid, mediaan van de zandfractie en de percentages leem, klei en organische stof.

Uit vergelijkend onderzoek blijkt, dat bij het toepassen van bodemfysische karakteristieken in modelsimulaties, verschillen tussen klasse- en continue-vertaalfunctie samenhangen met het bodemaspect dat gesimuleerd wordt. Voor fysische aspecten bleek het verschil tussen klasse- en continue-vertaalfuncties significant, waarbij de continue-vertaalfuncties meer differentiëren dan de klasse-vertaalfuncties. Verschillen tussen klasse- en continue-vertaalfuncties waren niet significant voor chemische aspecten zoals de uitspoeling van cadmium en isoproturon (Wösten et al., 1995). Eenzelfde tweedeling in fysische en chemische aspecten werd ook gevonden in een onderzoek waarin gemeten waarden werden vergeleken met waarden afgeleid uit vertaalfuncties. Voor de fysische aspecten blijkt de onzekerheid



Fig. 2a Beschikbaarheid van gemeten bodemfysische karakteristieken voor bovengronden onderscheiden op de bodemkaart van Nederland 1 : 250 000 die qua textuur ondergebracht kunnen worden in een bouwsteen van de Staringreeks (uit: Wosten et al., 1994)



Fig. 2b Beschikbaarheid van gemeten bodemfysische karakteristieken voor ondergronden onderscheiden op de bodemkaart van Nederland 1 : 250 000 die qua textuur ondergebracht kunnen worden in een bouwsteen van de Staringreeks (uit: Wosten et al., 1994)

in de vertaalfunctie een belangrijke rol te spelen in de onzekerheid van de voorspelling, terwijl de voorspellingen van de chemische aspecten gevoeliger zijn voor de spreiding in bodemsamenstelling en grondwaterstand dan voor de onzekerheid van de vertaalfunctie (Finke et al., 1996).

3.1.4 Chemische gegevens

Er waren een groot aantal verschillende wensen ten aanzien van uiteenlopende chemische variabelen. Voor het preciseren hiervan (aanbeveling 4 par. 2.5), voor zover mogelijk, is weer naar het basismateriaal van de interviews gekeken. Tevens is daarbij gelet op het terrein (cultuur, natuur) waarop deze wensen betrekking hadden (tabel 9).

De meeste wensen ten aanzien van chemische gegevens hebben te maken met de fosfaatverzadiging. Genoemde variabelen (tabel 9) geven informatie over het fosfaatgehalte (P-ox), of het fosfaatbindend vermogen (Al-ox en Fe-ox) van een grond. Het fosfaatbindend vermogen is grotendeels afhankelijk van het moedermateriaal, dit gegeven zal dan ook niet sterk veranderen in de tijd. Daaruit leiden we af dat van de parameters Al-ox en Fe-ox voornamelijk aanvullende gegevens van voornamelijk de klei- en veengronden gewenst zijn. Het fosfaatgehalte (P-ox) hangt direct samen met het grondgebruik. Van deze parameter zal men dan ook voornamelijk de actuele toestand en de variatie in de tijd willen weten, met name in de mestoverschotgebieden.

Zuurgraad, basenbezetting, basenuitwisselingscapaciteit en stikstof geven voornamelijk informatie over het zuurbufferend vermogen en de voedingstoestand (eutrofiëring) van een grond. Deze problematiek speelt voornamelijk in natuurgebieden, zodat dan ook voornamelijk voor deze gebieden meer en recente gegevens van deze variabelen gewenst zijn. Van de basenbezetting zijn ook gegevens over de variatie in de tijd gewenst.

Over zware metalen wil men voornamelijk meer informatie. Deze variabelen werden tot nu toe vrijwel niet verzameld. Uit de interviews blijkt niet voor welke gebieden deze informatie gevraagd wordt. Recente onderzoeksvragen richten zich voornamelijk op natuurgebieden, met name bossen waar de zware metalen accumuleren in de strooisellaag en op gebieden die aan de landbouw worden onttrokken voor natuur- en bosbouw. (Of dit laatste ook op de pesticiden van toepassing is, is onzeker.)

Tabel 9 Specificatie wensen ten aanzien van chemische gegevens (? betekent niet gespecificeerd door interviewde)

Informatie over	Variabelen	Met name van toepassing op	Aantal wensen intern en extern	Aantal wensen met betrekking tot	
Fosfaat	P-ox Al-ox Fe-ox	mestoverschotgebieden, klei- en veengronden	6	variatie in tijd actualiteit aanvulling	4 1 1
Zuurgraad	pH(KCl) pH(H_2O)	natuurgebieden	3	actualiteit aanvulling	1 2
Basenbezetting	uitwisselbaar H, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na en NH_4	natuurgebieden	3	variatie in tijd actualiteit aanvulling	1 1 1
Uitwisselings-capaciteit	CEC	natuurgebieden en cultuurgebieden	2	aanvulling presentatie	1 1
Stikstof	N-totaal C-elementair	natuurgebieden	2	actualiteit	2
Zware metalen	Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Cr	?	1	aanvulling	1
Pesticiden	?	?	1	aanvulling	1
Sulfiden	Pyriet (FeS_2)	?	1	aanvulling	1
Geo-chemische gegevens	Achtergrond gehalten	?	1	aanvulling	1

De behoefte aan gedetailleerdere bodemkaarten en meer puntinformatie in bos- en natuurgebieden (aanbeveling 3 par. 2.5) hangt grotendeels samen met de behoefte aan chemische gegevens (i.v.m. verzuring en eutrofiëring). Sinds de behoefte-inventarisatie is door SC-DLO:

- in 1990, in het kader van AVP III, de chemische samenstelling van bodem en bodemvocht bepaald van 150 bosopstanden verspreid over Nederland (De Vries en Leeters, 1995).
- in 1995, in het kader van het vitaliteitsonderzoek van het Nederlandse bos, voor 124 van bovengenoemde 150, plus voor 80 nieuwe opstanden de chemische samenstelling van bodem en bodemvocht (opnieuw) bepaald.
- in de periode 1992-1993 vrijwel dezelfde set aan chemische variabelen bepaald voor 40 boslocaties op lössgronden, 30 op kleigronden en 30 op veengronden.

Hoewel de bemonsteringspunten niet zijn geloot (steekproef-methode) maar geselecteerd (proportioneel naar oppervlakte van de boomsoorten), kunnen ze als redelijk representatief voor het Nederlandse bos worden beschouwd. Figuur 3 geeft een overzicht van de ligging van de sinds 1990 bemonsterde punten in bos en natuurgebieden (tabel 10).

Daarnaast worden er in het kader van een gezamenlijk onderzoek van SC-DLO en IBN-DLO naar de samenstelling van verschillende Nederlandse bosecosystemen per ecosysteem gegevens over chemische variabelen verzameld.

Verder beschrijft SC-DLO, in het kader van het LNV-programma bosreservaten, de 'bodemgesteldheid van bossen in Nederland'. Tot nu toe zijn 21 van de 60 beoogde

bosreservaten beschreven en gekarteerd op schaal 1 : 5000. Figuur 4 geeft een overzicht van de per september 1995 geselecteerde bosreservaten. De bosreservaten variëren in grootte van 5-40 ha, per reservaat worden 50-70 aselect gekozen punten beschreven. De bosreservaten zijn geselecteerd op hun representatieve weergave voor het gehele Nederlandse bosareaal en de daarbinnen onderscheiden groeiplaatsen en bostypen (Broekmeyer en Hilgen, 1991). In het kader van SC-DLO-project 'ecologische bodemtypologie' zijn voor enkele bosreservaten chemische variabelen bepaald. Tabel 10 geeft een overzicht van de gegevens verzameld in bovenvermelde onderzoeken.

Sinds 1990 is veel informatie over chemische variabelen is verzameld (tabel 10). Dit betreft echter voornamelijk bosgebieden, overige natuurgebieden zijn hierin niet meegenomen. Omdat de locatiekeuze in deze projecten in eerste instantie op basis van depositieniveau en of begroeiingstype is gebaseerd, zijn er vaak niet genoeg en in ieder geval niet aselect verkregen gegevens per bodemeenheid of Gt. Verzameling van gegevens over natuurgebieden in het kader van de LSK (par. 4.4.1) is hiermee niet overbodig geworden.

3.2 Strategie voor dataverzameling

Tijdens een colloquium (25 februari 1994) hebben directie, onderzoekers en onderzoeksmanagers van SC-DLO de resultaten van de behoefte-inventarisatie (Elie et al., 1993) waarvan de aanbevelingen voor dataverzameling verder waren uitgewerkt tot concreet geformuleerde opties, besproken. Hieruit is een algemene strategie naar voren gekomen, op basis waarvan definitieve gegevenspakketten zijn samengesteld (par. 3.3). Hieronder worden de achterliggende gedachten kort weergegeven.

In het algemeen moet de dataverzameling zich richten op statistisch betrouwbare en kwalitatief goede gegevens die te gebruiken zijn voor zowel landsdekkende als regionale onderzoeksvragen. Er wordt onderscheid gemaakt in het verzamelen van gegevens over het grondwaterstandsverloop, fysische gegevens en chemische gegevens.

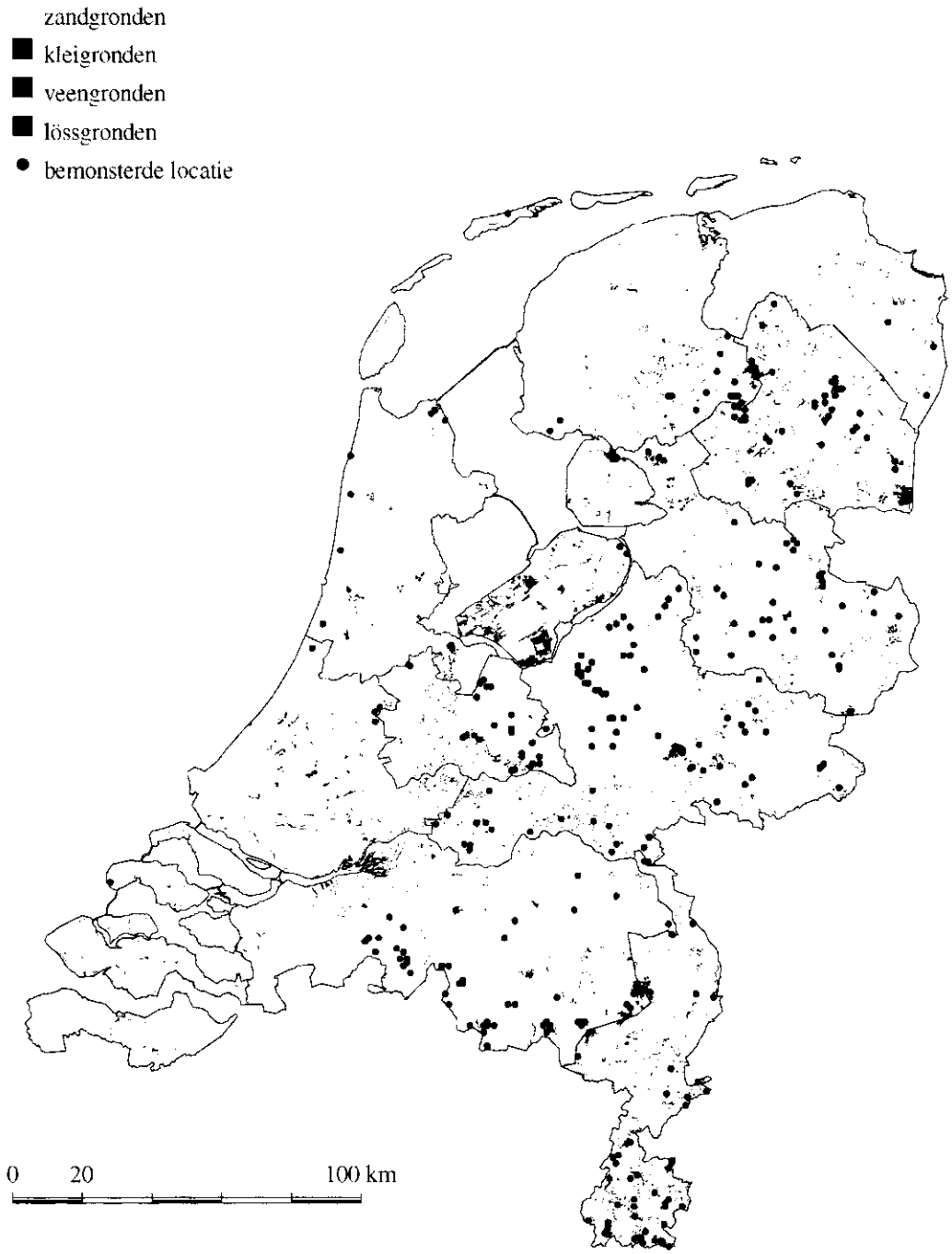


Fig. 3 Overzicht van de sinds 1990 bemonsterde locaties in de Nederlandse bossen

Aangewezen reservaten (1 t/m 27) en overeengekomen reservaten (28 t/m 35).

1. Starnumansbos
2. Lheebroek
3. Galgenberg
4. Tussen de Goren
5. Vijlnerbos
6. Vechtlanden
7. Zeesserveld
8. Meerdijk
9. Pijpebrandje
10. Nieuw-Milligen
11. Drieduin 1
12. Drieduin 2
13. Drieduin 3
14. Het Leesten
15. 't Quin
16. 't Sang
17. Grootvenbos
18. Schoonloerveld
19. Oosteresch
20. Roodaam
21. Riemstruiken
22. Zwarte Bulten
23. Leenderbos
24. De Schone Grub
25. Dieverzand
26. Keizersdijk
27. Kloosterkooi
28. Wilgenreservaat
29. Molenven
30. Beerenplaat
31. Tongerense Hei
32. Houtribbos
33. Hollandse Hout
34. Kijfhoek
35. Geelders

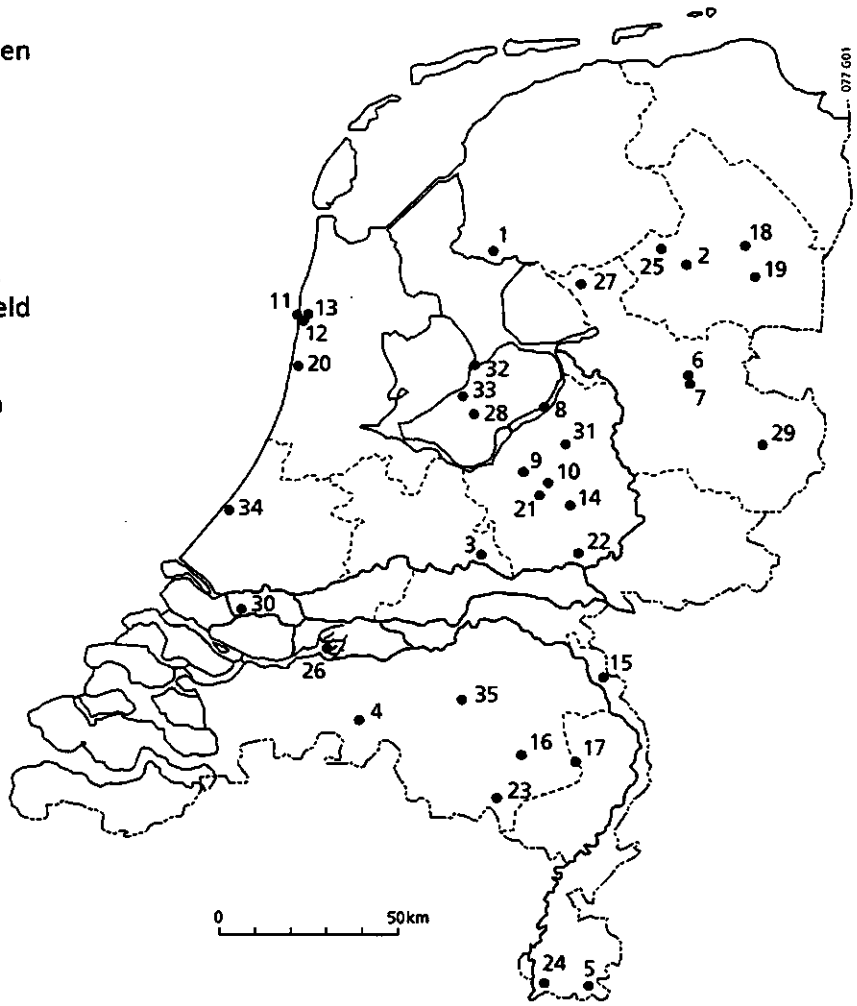


Fig. 4 Overzicht geselecteerde bosreservaten anno 1995, uit Broekmeyer 1995

Tabel 10 Overzicht chemische variabelen verzameld in recent en lopend SC-DLO onderzoek op een landelijke schaal in bosgebieden.

Project	Onderdeel	Chemische variabelen	
Project nr. 7175 150 bosopstanden op zandgronden 1990	naalden	N, P, Ca, Mg, K totaal	
	strooisel	pH en C, N, P, S, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na totaal Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Mn CEC en H, Al, Fe, Mn, NH_4, Ca, Mg, K, Na uitwisselbaar	
	mineraal	pH, organische-stof, C-elementair, $CaCO_3$ Al-ox, Fe-ox, P-ox CEC en H, Al, Fe, Mn, NH_4, Ca, Mg, K, Na uitwisselbaar	
	bodemvocht	H, Al, Fe, Mn, Ca, Mg, K, Na, NH_4, NO_3, SO_4, Cl, RCOO	
	grondwater	Al, Ca, Mg, K, Na, HN_4, NO_3, SO_4, Cl, DOC	
Project nr. 7160 40 bosopstanden op lössgronden 30 bosopstanden op veengronden 1992	strooisel	pH en C, N, P, S, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na totaal Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Mn CEC en H, Al, Fe, Mn, NH_4, Ca, Mg, K, Na uitwisselbaar	
	mineraal	pH, organische-stof, C-elementair, N, P totaal Al-ox, Fe-ox, P-ox CEC en H, Al, Fe, Mn, NH_4, Ca, Mg, K, Na uitwisselbaar	
	bodemvocht	H, Al, Fe, Mn, Ca, Mg, K, Na, NH_4, NO_3, SO_4, Cl, RCOO	
Project nr. 7160 30 bosopstanden op kleigronden 1993	mineraal	pH, textuur, organische-stof, C-elementair, $CaCO_3$, C, N, P totaal Al-ox, Fe-ox, P-ox CEC en H, Al, Fe, Mn, NH_4, Ca, Mg, K, Na uitwisselbaar	
	bodemvocht	H, Al, Fe, Mn, Ca, Mg, K, Na, NH_4, NO_3, SO_4, Cl, RCOO	
Project nr. 7433 200 bosopstanden op voornamelijk zandgronden 1995	strooisel	pH en C, N, P, S, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na totaal Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Mn CEC en H, Al, Fe, Mn, NH_4, Ca, Mg, K, Na uitwisselbaar	
	mineraal	pH, organische-stof, C, N, P totaal CEC en H, Al, Fe, Mn, NH_4, Ca, Mg, K, Na uitwisselbaar	
	bodemvocht	H, Al, Fe, Mn, Ca, Mg, K, Na, NH_4, NO_3, SO_4, Cl, RCOO	
Project nr. 443 bosecosystemen vanaf 1991	ooibossen	mineraal	pH, organische-stof, C-elementair, $CaCO_3$, Pw, N, P totaal
		grondwater	H, Ca, SO_4, Cl en EGV
	rijke bossen	strooisel	pH, organische-stof, C-elementair, N, P totaal
		mineraal	pH, textuur, $CaCO_3$, N, P, Ca totaal CEC en H, Ca uitwisselbaar
	broekbossen	mineraal	pH, organische-stof, C-elementair, N, P totaal
		grondwater	H, Ca, SO_4, Cl en EGV

Uit zowel interne als externe wensen blijkt de behoefte aan afgeleide gegevens. Het aanbieden van zogenaamde functionele-datapakketten is een strategische keuze om de verkooppotentie van bodemkundige informatie te verhogen. Functionele-datapakketten kunnen naast bodemkundige gegevens ook afgeleide of niet bodemkundige gegevens bevatten, toegespitst op een bepaalde toepassing (par. 6.1).

3.2.1 Grondwaterstandsverloop

Het grondwaterstandsverloop gekarakteriseerd door GHG, GLG en de Gt is meer dan de meeste bodemkenmerken gevoelig voor veranderingen, door voornamelijk menselijk ingrijpen. Deze veranderingen zijn veelal regionaal. Bovendien zijn de kaartbladen van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 van verschillende ouderdom, zodat een landelijke aanpak niet zinvol is. Recent ontwikkelde methoden (Finke et al., 1995) zijn hiervoor beter geschikt en worden ook reeds toegepast. Het actualiseren van Gt-kaarten door actuele GHG en GLG puntinformatie te verzamelen komt aan de actualiteitswens tegemoet, en levert bovendien naast geactualiseerde Gt-kaarten ook GHG en GLG-kaarten op. Dit speelt in op de wens naar een gedetailleerde presentatie van het grondwaterstandsverloop. Naast het actualiseren van de inhoud per kaartvlak kan op landelijke schaal kwantitatieve informatie over de GHG en GLG per Gt worden verzameld met behulp van de landelijke steekproef kaarteenheden (LSK).

3.2.2 Fysische gegevens

Met het uitkomen van de nieuwe Staringreeks (Wösten et al., 1994) zijn de meeste bouwstenen bodemfysische goed gekarakteriseerd (par. 3.1.3). Voor een volledige karakterisering op landelijke schaal en voor de verdere ontwikkeling van de continuevertaalfuncties, moeten voor de nog ontbrekende bouwstenen en die waarvoor de gemiddelde karakteristieken op minder dan 15 waarnemingen zijn gebaseerd nog aanvullende gegevens worden verzameld. Het verzamelen van gegevens voor de nog ontbrekende bouwstenen heeft hierbij de eerste prioriteit. Omdat de aanvulling betrekking^Zheeft op specifieke textuurklassen zullen deze gegevens selectief verzameld moeten worden.

3.2.3 Chemische gegevens

De methodiek van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK) is gericht op het verzamelen van statistisch betrouwbare, landsdekkende bodemkundige informatie over de bodemvariabelen waarop de indeling van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is gebaseerd. Hierdoor is de LSK ook uitstekend geschikt voor de bemonstering en verzameling van chemische gegevens. Aansluiting bij de LSK geeft een koppeling met de kaarteenheden van de bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Daarnaast kan de methode gebruikt worden voor regionale toepassingen, of zich richten op gebieden met een bepaalde functie b.v. natuur. De steekproefopzet van de LSK is flexibel. Er kan gekozen worden voor een bepaalde stratificatie als bijvoorbeeld een functioneel onderscheid nodig is. Bovendien kan de steekproefomvang worden bepaald aan de hand van een kwaliteitscriterium voor de nauwkeurigheid van het steekproefgemiddelde (par. 5.1.2).

In het kader van de LSK zijn reeds enkele steekproeven uitgevoerd met als populatie de grondwatertrappen (par. 4.4.1). Hiermee wordt op de snelste manier een landsdekkende onderbouwing van de meeste kaartvlakken verkregen. Bij deze Gt-steekproeven is naast de zogenaamde basisvariabelen ook informatie over de meest gevraagde (tabel 9 en 16) chemische variabelen verzameld. Het streven is om dezelfde chemische variabelen bij alle Gt-steekproeven mee te nemen. Daarnaast kunnen ook andere chemische variabelen meebemonsterd worden mits daar extra financiering tegenover staat.

3.3 Gegevenspakketten

Als uitwerking van de gekozen strategieën zijn 4 concrete gegevenspakketten samengesteld die de kern van het bodemdataverzamelingsplan vormen. De kernactiviteiten voor de betreffende variabelen worden aangegeven door de afbakening van het terrein waarvoor de gegevens verzameld worden. De gegevenspakketten bevatten:

1 Grondwaterstandsgegevens voor de actualisatie van Gt-kaarten. Het betreft het aselect verzamelen van GHG en GLG gegevens voor een regionale actualisatie van Gt-kaarten (tabel 11).
2 Fysische gegevens voor een uitbreiding van de Staringreeks. Het betreft het select verzamelen van bodemfysische karakteristieken voor de ontbrekende en onvoldoende onderbouwde bouwstenen (tabel 12).
3 Basisgegevens zoals die in het kader van de LSK worden verzameld. Het betreft het aselect verzamelen van bodemvariabelen waarmee de kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 worden gekarakteriseerd (tabel 13).
4 Chemische gegevens die in de Gt-steekproeven van de LSK worden meegenomen. Het betreft het aselect verzamelen van de meest gevraagde chemische variabelen (tabel 14).

In de tabellen 11 t/m 14 wordt een overzicht gegeven van de variabelen die binnen de verschillende pakketten worden verzameld.

Tabel 11 Gegevenspakket 1: grondwaterstandsgegevens voor actualisatie kaarten

GT-ACTUALISATIE-PAKKET

INFORMATIE:
over de actuele inhoud van de Gt-vlakken zoals die op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 zijn onderscheiden. Statistisch onderbouwde gemiddelden en spreiding van GHG en GLG waarden binnen een Gt, en de zuiverheid van de Gt-vlakken.

VARIABELEN:		GEGEVENS PER:
X, Y coördinaten		
bodemtype (volgens De Bakker en Schelling, 1989)		I
GHG (cm-mv.)	* en **	I per steekproefpunt
GLG (cm-mv.)	* en **	I
		I
horizontcode (volgens De Bakker en Schelling 1989)		
organische-stofgehalte (%)	*	I
lutum (% < 2 μm)	*	I per horizont
leem (% < 50 μm)	*	I
M50 (mediaan zandfractie: 50 μm - 2000 μm	*	I
* = schatting, ** = bepaling		

TE VERZAMELEN VOOR:
een te actualiseren regio
TOE TE PASSEN BIJ:
regionale studies

Tabel 12 Gegevenspakket: bodemfysische gegevens voor een uitbreiding van de Staringreeks

BODEMFYSISCH-PAKKET

INFORMATIE:
over het vochtgehalte van de onverzadigde zone, de voor planten beschikbare hoeveelheid vocht (h-θ-relatie c.q. pF-curve) en de doorlatendheid (K-h-relatie) en een analytische vergelijking van beide. Ten behoeve van de ontwikkeling van continue-vertaalfuncties worden de textuur, bulkdichtheid en het organische-stofgehalte ook bepaald.

VARIABELEN:		GEGEVENS PER:
vochtgehalte θ ($cm^3.cm^{-3}$) en doorlatendheid K (cm^{-dag}) bij		kolom ongestoorde grond
verschillende drukhoogten (h)	**	van boven- en ondergronden
bulkdichtheid (kg m^{-3})	**	
organische-stofgehalte (%)	**	
lutum (% < 2 μm)	**	
leem (% < 50 μm)	**	
M50 (mediaan zandfractie: 50 μm - 2000 μm	**	
* = schatting, ** = bepaling		

TE VERZAMELEN VOOR:
a) de ontbrekende bouwstenen van de Staringreeks:
   in de bovengrond B5 grof zand, B6 keileem, B13 lemig zand en B15 venig zand
   in de ondergrond O7 beekleem en O18 moerige tussenlaag
b) de bouwstenen van de Staringreeks waarvoor de gemiddelde karakteristiek op minder dan 15 bepalingen is gebaseerd:
   in de bovengrond B1, B3 en B4 zandgronden, B7 zeer lichte zavel, B10 t/m B12 alle kleigronden en B16 zandig veen en veen
   in de ondergrond O2, O4 en O5 zandgronden, O6 keileem, O8 zeer lichte zavel, O11 lichte klei en O14 zandige leem

TOE TE PASSEN BIJ:
modeltoepassingen, vertaalfuncties en procesonderzoek

Tabel 13 Gegevenspakket 3: Basisgegevens zoals die in het kader van de LSK worden verzameld

BASISPAKKET			
INFORMATIE: over de bodemvariabelen waarop de indeling van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is gebaseerd c.q. een statistisch betrouwbare onderbouwing van de inhoud van de kaartvlakken.			
VARIABELEN:			**GEGEVENS PER:**
X,Y coördinaten			|
bodemtype (volgens De Bakker en Schelling, 1989)			|
GHG (cm-mv.)	*	en **	|
GLG (cm-mv.)	*	en **	| per steekproefpunt
bewortelbare diepte (cm-mv.)		*	|
bodemgebruik (klassen)			|
horizontcode (volgens De Bakker en Schelling 1989)			|
organische-stofgehalte (%)		*	|
lutum (% < 2 μm)		*	| horizont
leem (% < 50 μm)		*	|
M50 (mediaan zandfractie: 50 μm - 2000 μm		*	|
* = schatting, ** = bepaling			
TE VERZAMELEN VOOR: alle kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 **TOE TE PASSEN BIJ:** modelberekeningen en ruimtelijke weergaven van de resultaten, vertaalfuncties, procesonderzoek			

De gegevenspakketten 1 en 3 bevatten vrijwel dezelfde bodemvariabelen. Het doel waarvoor ze verzameld worden is echter verschillend. De gegevens van pakket 1 worden verzameld voor het actualiseren van Gt-kaarten op regionale schaal. Op basis van de gemeten GHG en GLG kan de inhoud van een kaartvlak veranderd worden. De gegevens van pakket 3 worden verzameld om op een landelijke schaal een statistisch betrouwbaar gemiddelde van de GHG en GLG voor de verschillende Gt's te kunnen geven. De gemeten GHG en GLG dient voornamelijk voor de calibratie van de geschatte waarden (par. 4.4). Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de Gt-kaart actueel is. In de praktijk zal dit echter niet altijd het geval zijn waardoor de gemiddelden van de GHG en GLG van een Gt-steekproef beïnvloed zullen worden.

Voor de gegevens uit pakket 2 kan een onderscheid gemaakt worden in prioriteit. De hoogste prioriteit wordt gegeven aan het aanvullen van de ontbrekende bouwstenen. Vervolgens moeten voor de bouwstenen waarvan het gemiddelde gebaseerd is op minder dan 15 monsters, extra monsters worden genomen. Verder worden voor de waterretentiekarakteristieken alleen de uitdrogings- en niet de bevochtigingscurve bepaald.

De gegevensverzameling zoals weergegeven in de pakketten 1 t/m 4 (tabellen 11 t/m 14) vormt de kern van het bodemdataverzamelingsplan. Gegevenspakket 4, de chemische variabelen zoals die in de Gt-steekproeven van de LSK worden meegenomen, heeft met name tot doel een minimum te waarborgen. Bij de reeds uitgevoerde of in uitvoering zijnde Gt-steekproeven (II, III en VI) is het aantal en de samenstelling van de meegenomen chemische variabelen niet eenduidig, doch in grote lijnen in overeenkomst met pakket 4 (tabel 16). De flexibiliteit van het

dataverzamelingsplan zit in de mogelijkheid om additionele chemische variabelen mee te nemen. In de praktijk is het meenemen van extra chemische variabelen relatief goedkoop (par. 5.2).

Tabel 14 Gegevenspakket 4: chemische gegevens die in de Gt-steekproeven van de LSK worden meegenomen

BODEMCHEMISCH PAKKET		
INFORMATIE: over de zuurgraad, het kalkgehalte en het organische-stofgehalte in cultuur- en natuurgebieden, over het actuele fosfaatgehalte, het fosfaatbindend vermogen, de fosfaatverzadigingsgraad en de voor het gewas beschikbare hoeveelheden fosfaat in cultuurgebieden, en over het zuurbufferend vermogen van de gronden in natuurgebieden		
VARIABELEN:		**GEGEVENS PER:**
pH(KCl) (-)	**	van alle lagen in cultuur-
$CaCO_3$ (%)	**	en natuurgebieden
organische-stofgehalte (%)	**	
Pw getal	**	van de bovengronden
Pal	**	in cultuurgebieden
P-ox (mmol kg^{-1})	**	van alle lagen
AL-ox (mmol kg^{-1})	**	in cultuurgebieden
Fe-ox (mmol kg^{-1})	**	
CEC ($mmol_c$ kg^{-1})	**	van de bovengronden
uitwisselbaar Al, Ca, Mg, K en Na ($mmol_c$ kg^{-1})	**	in natuurgebieden
* = schatting, ** = bepaling		
TE VERZAMELEN VOOR: Gt-steekproeven van de LSK **TOE TE PASSEN BIJ:** modeltoepassingen, met name bij milieustudies naar fosfaatverzadiging en de ruimtelijke verspreiding van fosfaatverzadiging en eutrofiëring. En bij studies naar het zuurbufferend vermogen van natuurgebieden.		

De lijst voorbeelden van extra mee te verzamelen chemische variabelen (tabel 15) is geen volledige opsomming. Het is altijd mogelijk andere variabelen als aanvulling van de kernactiviteiten mee te nemen, mits hiervoor aanvullende financiering is.

Alle monsters die in het kader van de LSK of het dataverzamelingsplan zijn verzameld, worden opgeslagen in een grondmonsterarchief. Dit maakt het mogelijk om eventueel achteraf chemische analyses uit te voeren om ontbrekende informatie aan te vullen.

Tabel 15 Voorbeelden van extra te verzamelen chemische gegevens

VOORBEELDEN VAN EXTRA CHEMISCHE GEGEVENS		
INFORMATIE: over de voedingstoestand van de vaste fase, de organisch gebonden hoeveelheden fosfaat, de verontreiniging met zware metalen of de mate van verzuring		
VARIABELEN:		**GEGEVENS PER:**
N-mineraal (??)	**	van bovengronden
N-totaal (%)	**	in natuur- en
C-elementair (%)	**	cultuurgebieden
CEC ($mmol_c\ kg^{-1}$)	**	in cultuurgebieden
P_2O_5 met en zonder oxydatie	**	
totaal loodgehalte ($mg\ kg^{-1}$)	**	van alle lagen
totaal cadmiumgehalte ($mg\ kg^{-1}$)	**	in natuurgebieden
totaal kopergehalte ($mg\ kg^{-1}$)	**	of cultuurgebieden waarvan
totaal zinkgehalte ($mg\ kg^{-1}$)	**	het grondgebruik verandert
totaal nikkelgehalte ($mg\ kg^{-1}$)	**	in met name bosbouw
totaal chroomgehalte ($mg\ kg^{-1}$)	**	
totaal molybdeengehalte ($mg\ kg^{-1}$)	**	
totaal cobaltgehalte ($mg\ kg^{-1}$)	**	
concentraties H, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na en NH_4 ($mmol_c\ l^{-1}$)	**	van alle lagen (bodemvocht)
* = schatting, ** = bepaling		in natuurgebieden
TE VERZAMELEN VOOR: Gt-steekproeven of steekproeven in legenda-eenheden van de LSK		

4 Methoden voor dataverzameling

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de verzamelingsmethoden voor de verschillende gegevenspakketten. Een regionale aselecte bemonstering voor het grondwaterstandsverloop (par. 4.1), een selecte bemonstering voor de fysische gegevens (par. 4.2) en een aselecte bemonstering aansluitend bij de LSK voor de chemische gegevens (par. 4.3). Bij de verzameling van chemische variabelen wordt nader ingegaan op de strategie en opzet van de LSK (par. 4.4).

4.1 Grondwaterstandsverloop: een regionale aselecte bemonstering

Veranderingen in het grondwaterstandsverloop worden voornamelijk veroorzaakt door plaatselijke ingrepen. Bovendien zijn de kaartbladen van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 van verschillende ouderdom, zodat een landelijke aanpak niet zinvol is. Het bepalen van de behoefte aan en de uitvoering van een Gt-actualisatie kan beter per regio plaatsvinden.

Voor de actualisatie van de Gt-kaarten zijn specifieke methodieken ontwikkeld die evenals de LSK operationeel zijn en van toepassing op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Anders dan bij de LSK, waar de inhoud van de kaartvlakken alleen wordt onderbouwd met statistisch betrouwbare gegevens (upgrading), kan bij actualisatie de inhoud van een kaartvlak wel veranderen. De grenzen van de kaartvlakken blijven bij beiden onveranderd.

De actualisatie van Gt-kaarten is op te splitsen in drie onderdelen, waarvoor onderstaande methodieken zijn ontwikkeld:

- Het definiëren van een statistische kwaliteitsmaat waarmee de mate van veroudering c.q. de actualisatiebehoefte van bestaande Gt-kaarten kan worden vastgesteld (Finke et al., 1994). Het belang hiervan is, dat een Gt-actualisatie zich richt op gebieden waar het nodig is.
- Het wegfilteren van het effect van weersinvloeden op de bepaling van de Gt en de daaraan gerelateerde parameters (Knotters en Van Walsum, 1994). Het belang hiervan is, dat een gereviseerde Gt-kaart het grondwaterstandsverloop bij het huidige klimaat weergeeft, en niet beïnvloed is door het toevallige weer in de veldwerkperiode. Hierdoor behoudt de geactualiseerde Gt-kaart zijn actualiteit langer.
- Het actualiseren van Gt-kaarten met een minimaal aantal waarnemingen, door efficiënt gebruik te maken van andere reeds aanwezige informatie (Stolp et al., 1994) en statistisch hulpmiddelen (Finke et al., 1995; Te Riele en Brus, 1991). De keuze voor een actualisatiemethode kan worden gemaakt op basis van een na te streven kosten/kwaliteitsverhouding en de in het gebied aanwezige voorinformatie. Van belang is een grote flexibiliteit bij Gt-actualisaties.

4.2 Fysische gegevens: een selecte bemonstering

Bij het verzamelen van fysische gegevens gaat het om een aanvulling van een bestaande verzameling, de Staringreeks (Wösten et al., 1994). De Staringreeks is gebaseerd op textuurklassen, gerelateerd aan de textuurindeling zoals gebruikt bij de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Aangezien de bemonstering specifieke bouwstenen c.q. textuurklassen betreft (par. 3.1.3) is een selecte bemonstering het meest efficiënt.

4.3 Chemische gegevens: een aselecte bemonstering in kader van de LSK

Voor het nemen van beslissingen over bestemming, inrichting en beheer van landelijke gebieden wordt steeds vaker de bodemkaart gebruikt om een ruimtelijk beeld te geven van het gedrag van de bodem in relatie tot een bepaald aspect (Breeuwsma et al., 1986; Bregt en Beemster, 1989). Daarvoor wordt het gedrag van een zogenaamd representatief profiel met behulp van vertaalfuncties en modellen doorgerekend en de resultaten weer gekoppeld aan de betreffende kaarteenheid (Van Lanen et al., 1992). Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het representatieve profiel, zich typisch voor die kaarteenheid gedraagt. Onder een representatief profiel wordt verstaan:

- een profielschets; een door de karteerder samengesteld gemiddeld profiel van geschatte waarden, representatief voor een bepaalde kaarteenheid (meestal samengesteld per kaartblad) of
- een profielbeschrijving; een profiel met gemeten waarden dat bemonsterd is op een plek die als representatief voor een bepaalde kaarteenheid wordt beschouwd.

Probleem hierbij is dat de karakterisering van kaarteenheden nooit systematisch is gebeurd en een statistische basis geheel ontbreekt. Bovendien zijn kaarteenheden nooit homogeen van opbouw en over de zuiverheid van kaarteenheden zijn ook geen statistische onderbouwde uitspraken te doen. Daarnaast kan het bodemprofiel in de loop van de tijd veranderd zijn door o.a. diepe grondbewerkingen (Ebbers en Visschers, 1983) en oxydatie van het veen (Visschers en Bannink, 1986). Vanuit deze problematiek is in de periode 1988-1990 door SC-DLO een steekproefstrategie ontwikkeld voor de statistische onderbouwing ('upgrading') van de kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000; de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK).

De LSK volgt een design-based benadering waarin de klassieke steekproeftheorie wordt gebruikt (De Gruijter, 1991). Het centrale begrip in deze theorie is de populatie. Alle locaties binnen de kaartvlakken van de gekozen kaarteenheid of de gekozen combinatie van kaarteenheden vormen de te bemonsteren populatie. Een kaarteenheid bestaat uit:

1 De bodem-eenheid die in navolging van De Bakker en Schelling verder als legenda-eenheid zal worden aangeduid, die is ingedeeld in de zogenaamde hoofdklassen die bestaan uit een subgroep van het Systeem voor Bodemclassi-

ficatie (De Bakker en Schelling, 1989) onderverdeeld naar textuur, profielopbouw, kalkgehalte e.d. Elke kaarteenheid heeft een legenda-eenheid.

2 Toevoegingen, die een 'plaatselijk' verschijnsel (b.v. kleidek, zanddek, keileemondergrond) aangegeven door middel van een letter vóór en/of achter de legenda-eenheid. Slechts een deel van de kaarteenheden heeft een toevoeging.

3 De grondwatertrap, die geclassificeerde informatie geeft over het grondwaterstandsverloop. Een klein aantal kaarteenheden in b.v. de uiterwaarden en Zuid Limburg heeft geen grondwatertrap.

Figuur 5 geeft een overzicht van de verschillende combinatiemogelijkheden binnen een kaarteenheid.

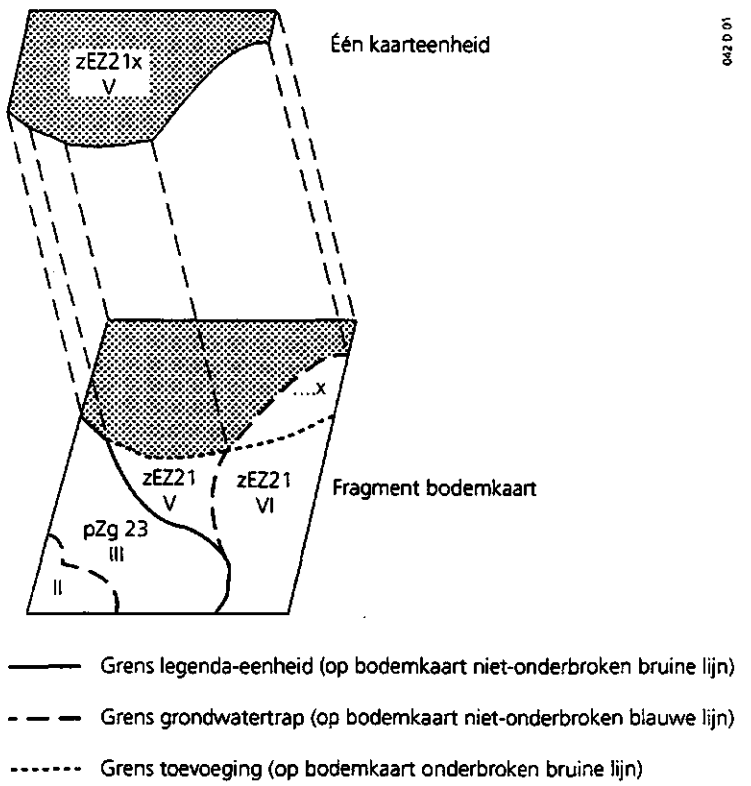


Fig. 5 Fragment van een bodemkaart met zes kaarteenheden, bestaande uit twee legenda-eenheden (zEZ21; pZg23), één toevoeging (...x) en vier grondwatertrappen (II, III, V, VI) met hun verschillende grenzen (uit: Visschers, 1993)

Bij de uitgevoerde LSK steekproeven zijn naast de bodemvariabelen waarop de indeling van de bodemkaart is gebaseerd (pakket 3: basisgegevens, par. 3.3) ook gegevens van chemische variabelen verzameld (tabel 16). Met behulp van de eerste resultaten van deze steekproeven, is een vergelijkend onderzoek gedaan, waarbij zowel met een representatief profiel als met steekproefprofielen voor dezelfde kaarteenheid, vijf bodemkarakteristieken, gerelateerd aan grondwaterstand en -transport, zijn doorgerekend (Finke et al., 1996). Omdat modellen meestal niet lineair zijn in hun respons ten opzichte van fysische karakteristieken en chemische variabelen, hoeft een gemiddeld profiel niet zonder meer de gemiddelde waarden van deze karakteristieken en variabelen op te leveren. Uit dit onderzoek bleek dat het gebruik van een referentieprofiel inderdaad een onzuiver gemiddelde van de

voorspelde variabelen opleverde. Bovendien bleken juist in de onzuiverheid van de kaarteenheid extreme waarden voor de variabelen voor te komen. Deze komen niet tot uitdrukking bij het gebruik van een referentieprofiel, terwijl bij de uitspoeling van verontreinigende stoffen deze extreme waarden vaak relevanter zijn dan de gemiddelde waarden. Beide conclusies ondersteunen de noodzaak tot upgrading van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 door middel van de LSK. Tevens bleek het mogelijk om uit de 88 steekproefprofielen, zeven profielen te selecteren, die de verdeling voor de vijf variabelen konden karakteriseren voor deze kaarteenheid. Voor verdere studies kan de benodigde rekentijd voor simulaties gereduceerd worden door deze kaarteenheid met de zeven geselecteerde profielen te karakteriseren. Voor andere kaarteenheden zouden evenzo steekproefprofielen geselecteerd kunnen worden. Aansluiten bij de LSK voor een landsdekkende verzameling van chemische gegevens ligt dan ook voor de hand.

Tabel 16 Overzicht van de chemische variabelen die zijn verzameld in de steekproeven Gt II, Gt III en Gt VI

Chemische variabelen	Gt II		Gt III	Gt VI	
	cultuur 8 strata 180 punten	natuur 1 stratum 20 punten	cultuur 6 strata 180 punten	cultuur 16 strata 180 punten	natuur 1 stratum 30 punten
in de vaste fase					
pH(KCl)	alle lagen	alle lagen	alle lagen	alle lagen	alle lagen
$CaCO_3$	alle lagen	alle lagen	alle lagen	alle lagen	alle lagen
organische-stof	alle lagen	alle lagen	alle lagen	alle lagen	alle lagen
Pw-getal	bovengrond	bovengrond	bovengrond	bovengrond	
Pal	bovengrond	bovengrond	bovengrond	bovengrond	
P-ox			alle lagen	alle lagen	
Al-ox			alle lagen	alle lagen	
Fe-ox			alle lagen	alle lagen	
CEC					bovengrond
uitwisselbaar Al, Ca, Mg en Na					bovengrond
N mineraal	bovengrond		bovengrond		
N totaal	bovengrond		bovengrond		
C elementair			bovengrond		
P_2O_5 zonder oxydatie	bovengrond	bovengrond	bovengrond		
P_2O_5 met oxydatie	bovengrond	bovengrond	bovengrond		
in het bodemvocht					
P totaal			op GHG nivo		
P ortho			op GHG nivo		
in het grondwater					
H, Ca, Mg, K, Na, Cl, SO_4 en HCO			op GHG nivo		
EC			op GHG nivo		

Tabel 16 geeft een overzicht van de chemische variabelen die in de eerste Gt-steekproeven zijn verzameld. De variabelen in het grijze vlak komen overeen met die van pakket 4 (par. 3.3). Indien wordt aangegeven dat alle lagen zijn bemonsterd wordt daarmee bedoeld dat per 30-40 cm een monster is genomen (tot 120-180 cm-mv.). Dit kunnen dus een of meerdere monsters per horizont zijn. Steekproef Gt III is een voorbeeld waarbij extra variabelen zijn meegenomen naar aanleiding van specifieke vragen. Verder is te zien dat de variabelen van pakket 4 nog niet consequent zijn meegenomen. Voornaamste oorzaak hiervan is het ontbreken van een duidelijk beleid voor dataverzameling in een breder geheel en daarmee samenhangend een onzekere financiering.

4.4 Strategie en macrostructuur LSK steekproeven

In eerste instantie zijn de LSK-steekproeven opgezet en uitgevoerd per kaarteenheid, of combinaties van kaarteenheden die nauw aan elkaar verwant zijn (b.v. één legenda-eenheid plus Gt met verschillende toevoegingen). Als eerste zijn de steekproeven uitgevoerd voor de kaarteenheden met het grootste aandeel in de Nederlandse bodem. De zes steekproeven in de veldpodzol- en beekeerdgronden beslaan respectievelijk 6% (173192 ha) en 3% (76356 ha) van de totale oppervlakte van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 en 15 kaarteenheden.

Het bemonsteren van deze populaties is gebeurd door het nemen van een aselecte, gestratificeerde tweetrapssteekproef. De stratificatie is gedaan op grond van te verwachten regionale bodemkundige verschillen binnen een kaarteenheid. Per regio zijn meerdere strata onderscheiden, waarvoor de bladindeling van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is aangehouden. De eerste trap van de tweetrapssteek-proeven bestond uit het aselect loten van de kaartvlakken per stratum. Deze loting is met teruglegging uitgevoerd. Hierdoor is de trekkingskans van een kaartvlak evenredig aan zijn oppervlakte en kan eenzelfde kaartvlak meerder keren getrokken worden. In de uitgevoerde tweetrapssteekproeven zijn twee kaartvlakken per stratum getrokken. De tweede trap bestond uit het aselect loten van vier steekproefpunten binnen een geloot kaartvlak.

Om de waarden van de geschatte variabelen te kunnen corrigeren op systematische schattingsfouten, zijn bij bovengenoemde steekproeven van elke variabele een aantal (25-35) geschatte waarden vergeleken met gemeten waarden. Met behulp van regressie-analyse is de relatie bepaald, waarna de schattingen gecorrigeerd zijn: de calibratie. Met hetzelfde doel zijn geschatte GHG en GLG waarden gerelateerd aan in buizen gemeten standen.

In totaal bevat de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 ruim 3000 kaarteenheden. Zelfs indien in iedere steekproef combinaties van kaarteenheden zouden worden bemonsterd, zou dit 500-1000 steekproeven betekenen. Uitvoering hiervan, binnen een redelijke termijn, is om capacitaire en financiële redenen niet haalbaar. Om de te besteden tijd en financiële middelen op een acceptabel niveau te brengen, is voor toekomstige steekproeven een opzet gekozen, gericht op onderdelen van de

kaarteenheden. De macrostructuur (onderlinge samenhang) van de landelijke steekproeven is nu als volgt:

- er worden steekproeven gericht op grondwatertrappen (b.v. V; LSK-A in figuur 6);
- er worden steekproeven gericht op enkelvoudige legenda-eenheid (b.v. Hn21; LSK-B in figuur 6) of een cluster van legenda-eenheden die onderling geringe verschillen in bodemeigenschappen aangeven;
- er worden steekproeven gericht op speciale verschijnselen bij een legenda-eenheid b.v. een zanddek (z...) of klei in de ondergrond (...t; LSK-C in figuur 6).

Een statistische beschrijving van een kaarteenheid (b.v. zHn21t-V) wordt verkregen door van alle in het profiel voorkomende lagen, gegevens over de bodemvariabelen en het grondwaterstandsverloop, evenals hun variabiliteit, te genereren uit de verschillende steekproeven gericht op onderdelen. Figuur 6 geeft hiervan een schematisch overzicht.

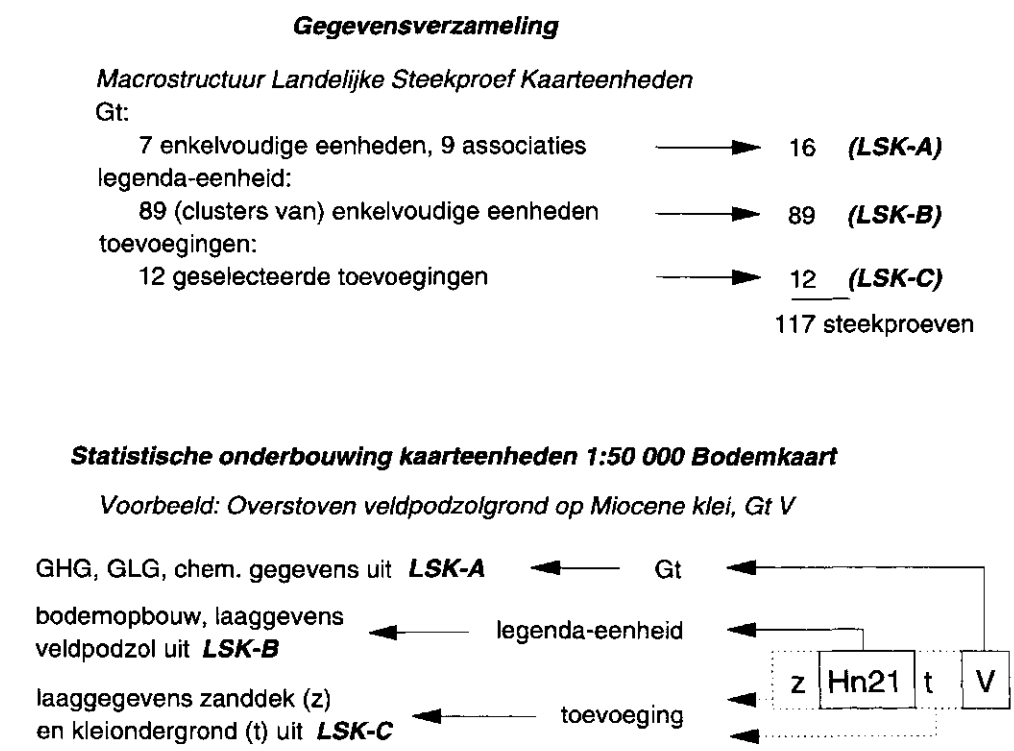


Fig. 6 Gegevensverzameling in en statistische onderbouwing van kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 in het kader van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (uit: Finke, 1995)

Bij de uitvoering van de recente steekproeven in het kader van de nieuwe macrostructuur (Gt II, III en VI) is de opzet enigszins verandert. Er is geen regioindeling gemaakt en de strata bestaan uit kaarteenheden met eenzelfde Gt, die qua moedermateriaal, bodemvorming en landschappelijke ligging (kwel, inspoeling e.d.) een zo homogeen mogelijke groep vormen. De steekproef is vereenvoudigd, alleen de eerste trap wordt uitgevoerd. Eerst worden de vlakken proportioneel en met teruglegging geloot, en vervolgens slechts één steekproefpunt per vlak. Hierdoor ontstaat in feite

een gewone aselecte gestratificeerde steekproef. Wel kan een kaartvlak meerdere malen worden geloot, waardoor er dus meerdere steekproefpunten binnen een kaartvlak kunnen voorkomen.

Bij de eerste steekproeven is gekozen voor vier steekproefpunten per kaartvlak om de reisafstanden zo kort mogelijk te houden. Als het totaal aantal steekproefpunten gelijk blijft betekent dit dat er minder kaartvlakken worden bezocht. In de praktijk bleek het verkorten van de reisafstand minder relevant en is gekozen voor het bemonsteren van meerdere kaartvlakken. Een bijkomend voordeel hiervan is dat hierdoor de standaardfout van de steekproef afneemt.

In elke steekproef kan een stratificatie worden aangebracht, bijvoorbeeld op basis van:
- te verwachten regionale verschillen van een bodemvariabele binnen eenzelfde legenda-eenheid, of
- te verwachten verschillen in landschappelijke ligging, bodemvorming en/of moedermateriaal binnen eenzelfde Gt of toevoeging.

Bij de stratificatie kan ook worden ingespeeld op wensen vanuit verschillende onderzoeksgebieden (b.v. extra aandacht voor natuurgebieden). Op deze wijze kunnen met relatief weinig middelen toch landsdekkend de eenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 worden onderbouwd.

Als eerste zullen de steekproeven in de grondwatertrappen worden uitgevoerd, omdat hiermee op de snelst mogelijke manier een landsdekkende dataverzameling kan worden verkregen. Aangezien in deze steekproeven ook een aantal chemische variabelen worden meegenomen komen deze gegevens ook relatief snel ter beschikking. Voor de Gt-steekproeven is de indeling van de strata uitgewerkt en is de steekproefomvang bepaald, zodat de financiële aspecten nader bepaald kunnen worden (par. 5.3). De steekproeven in legenda-eenheden en toevoegingen zijn nog niet zover uitgewerkt. Dit zal in een later stadium plaatsvinden.

Hieronder wordt de macrostructuur van de LSK voor de afzonderlijke onderdelen verder uitgewerkt.

4.4.1 Steekproeven in grondwatertrappen

De legenda van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 kent een indeling van het grondwaterstandsverloop in 7 grondwatertrappen (I, II, III, IV, V, VI, VII) met een viertal zogenaamd drogere varianten, die worden onderscheiden door de toevoeging '*' (II^*, III^*, V^*, VII^*). Verder komen er op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 gebieden voor waaraan geen enkelvoudige grondwatertrap is toe te kennen. Deze gebieden worden gekarakteriseerd door een associatie van grondwatertrappen.

De populatie van een steekproef gericht op grondwatertrappen wordt gevormd door alle kaarteenheden met eenzelfde grondwatertrap of eenzelfde associatie van

grondwatertrappen. In totaal zijn er 16 steekproeven onderscheiden waarvan 7 voor de enkelvoudige grondwatertrappen en 9 voor die associaties, die ieder een redelijke oppervlakte vertegenwoordigen. Tabel 17 geeft hiervan een overzicht. 99% van de kaarteenheden met een grondwatertrap zijn op deze manier in een steekproef opgenomen. De resterende kaarteenheden betreft associaties die weinig voorkomen. Overigens vallen ook de gebieden in de uiterwaarden en Zuid Limburg waarvan de kaarteenheid geen Gt bevat, op deze wijze buiten de steekproeven.

Voor alle Gt-steekproeven is een stratificatie gemaakt op basis van de te verwachten verschillen in het grondwaterregime, die samenhangen met verschillen in de bodemopbouw of de landschappelijke ligging. De steekproefpunten zijn proportioneel naar oppervlakte over de strata verdeeld. Uitzonderingen hierop worden gemaakt voor het stratum natuur, dat bij proportionele verdeling te weinig steekproefpunten zou bevatten om een redelijk gemiddelde te berekenen, en om dezelfde reden bij enkele strata in de steekproef Gt V (tabel 19). De invulling van de strata kan per steekproef verschillen, niet zozeer omdat de criteria veranderen maar wel omdat niet alle legenda-eenheden in combinatie met alle grondwatertrappen voorkomen. Zo komen bij de steekproeven in de Gt's I, II en III veel veengronden voor, terwijl deze bij de gt's VI en VII nagenoeg ontbreken. Bij de steekproef Gt VII is geen apart stratum natuur onderscheiden omdat de kaartvlakken met Gt VII en VII* veelal in bos- en natuurterreinen zijn gelegen. De noodzaak om hiervoor een apart stratum te definiëren vervalt hiermee. Aanhangsel 1 geeft een overzicht van de invulling van de strata in de verschillende steekproeven.

Met de uitvoering van de Gt-steekproeven is begonnen. Die voor Gt II en III zijn al afgesloten, die voor Gt VI is in uitvoering. In deze steekproeven zijn naast de bodemvariabelen van pakket 3: de basisgegevens ook de chemische variabelen meegenomen (tabel 16). Voor de nog uit te voeren steekproeven is het streven om minimaal informatie te verzamelen voor de chemische variabelen zoals beschreven in gegevenspakket 4 (par. 3.3).

Tabel 17 Steekproeven in grondwatertrappen

Steekproef	Nummer	Populatie	Oppervlakte (ha)	Steekproef omvang	Strata	
					cultuur	natuur
Gt I	15	..I	19787	105	4	1
Gt II	16	..II ..II*	340415	200	8	1
Gt III	17	..III ..III*	464702	180	6	0
Gt IV	18	..IV	151311	130	6	1
Gt V	19	..V ..V*	502608	142	20	1
Gt VI	20	..VI	765266	210	16	1
Gt VII	21	..VII ..VII* ..VIII	535012	155	17	-
Gt I/II	22	..I/..II(*)	4440	20		
Gt II/III	23	..II(*)/..III(*)	19149	20	1	-
Gt III/IV	24	..III(*)/..IV	6091	20		
Gt III/V	25	..III(*)/..V(*)	17179	20	1	-
Gt III/VI	26	..III(*)/..VI	16115	20	1	-
Gt IV/VI	27	..IV/..VI	14189	20	1	-
Gt V/VI	28	..V(*)/..VI	18133	20	1	-
Gt V/VII	29	..V(*)/..VII(*)	6246	20		
Gt VI/VII	30	..VI/..VII(*)	15651	20	1	-

4.4.2 Steekproeven in legenda-eenheden

De legenda van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 onderscheidt 14 hoofdklassen. Elke hoofdklasse omvat een aantal legenda-eenheden. Per hoofdklasse worden een aantal populaties voor steekproeven gedefinieerd. Een populatie bestaat uit een of enkele (2-5) nauw verwante legenda-eenheden. Legenda-eenheden met een toevoeging die een klein verschil in de bodemopbouw aangeven zijn aan de populaties toegevoegd. Enkele populaties bestaan uit legenda-eenheid plus toevoeging omdat deze combinatie een hoofdbestanddeel van de legenda-eenheid vormt. De tabellen in aanhangsel 2 geven hiervan een overzicht.

De populaties zijn zo gekozen dat van alle classificerenden bodemvariabelen zoals textuur, veensoort, profielverloop en kalkgehalte gegevens ter beschikking komen.

Uit dit bestand kunnen gegevens gegenereerd worden voor de legenda-eenheden die niet in een populatie zijn opgenomen. Voor sterk afwijkende legenda-eenheden met een geringe oppervlakte kunnen geen gegevens worden gegenereerd.

Tabel 18 geeft een overzicht van de hoofdklassen, welke oppervlakte ze op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 innemen, het percentage van deze oppervlakte waarvoor een steekproef is geformuleerd, het percentage van deze oppervlakte waarvoor gegevens te genereren zijn uit andere steekproeven en het percentage van deze oppervlakte waarvoor geen gegevens verzameld worden. Gemiddeld wordt 72% van de oppervlakte per hoofdklasse in steekproeven opgenomen, en voor 24% zijn de gegevens te genereren. Slechts 4% van de oppervlakte blijft zonder gegevens. Voor associaties van legenda-eenheden zijn gegevens te genereren uit de steekproeven van de enkelvoudige legenda-eenheden. De verdeling van de afzonderlijke legenda-eenheden in dergelijke associaties blijft echter onbekend. Elke associatie van legenda-eenheden komt slecht in geringe oppervlakte voor. Het is niet relevant hier extra steekproeven voor te formuleren.

Evenals bij de Gt-steekproeven kan binnen een steekproef in legenda-eenheden een stratificatie gemaakt worden. Bijvoorbeeld naar geografische ligging. Met deze stratificatie wordt dan beoogd om regionale verschillen van een bodemvariable binnen de populatie tot uitdrukking te brengen. Stratificaties kunnen per steekproef verschillen.

Voor de steekproeven in de legenda-eenheden wordt de indeling in strata en het bepalen van de steekproefomvang pas in een later stadium uitgewerkt. De tabellen in aanhangsel 2 geven een overzicht van de verschillende steekproeven in legenda-eenheden.

Of er naast de bodemvariabelen van het dataverzamelingspakket 3 (par. 3.3) nog andere variabelen verzameld worden en zo ja welke, is afhankelijk van de beschikbare financiële middelen, en zal ook per steekproef verschillen.

Tabel 18 Overzicht steekproeven in legenda-eenheden

Legenda hoofdklasse	Aantal steek-proeven	Oppervlakte			
		totaal	door steek-proef gedekt (%)	gegevens te genereren (%)	zonder gegevens (%)
Veengronden (V)	10	221.000	38	56	6
Moerige gronden (M)	3	115.000	28	63	9
Podzolgronden (Y en H)	8	564.000	80	18	2
Brikgronden (B)	3	145.000	84	13	3
Dikke eerdgronden (EZ, EL en EK)	5	180.500	85	14	1
Kalkloze zandgronden (Z)	9	289.000	65	32	3
Kalkhoudende zandgronden (Z...A)	5	36.500	82	8	10
Kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden (S...A)	1	4.500	35	56	9
Niet gerijpte minerale gronden (MO en RO)	2	11.500	98	0	2
Zeekleigronden (M)	20	414.365	72	22	6
Rivierkleigronden (R)	16	241.000	73	25	2
Oude rivierkleigronden (KR)	3	25.200	87	11	2
Oude keileem, potklei en overige oude kleigronden (KX en KT)	1	3.600	94	2	4
Leemgronden (L)	3	11.000	74	24	2
Associaties van legenda-eenheden	-	125.000	-	95	5

4.4.3 Steekproeven in toevoegingen

De legenda van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 onderscheidt 23 toevoegingen. Toevoegingen worden aangegeven met een cursieve letter voor of achter de code van de legenda-eenheid. Ze kunnen zeer uiteenlopende eigenschappen van de bodemopbouw weergeven. Toevoegingen voor hebben betrekking op speciale verschijnselen in de bovengrond en toevoegingen achter op speciale verschijnselen onder de bouwvoor, meestal dieper dan 40 cm-mv. Er zijn alleen steekproeven geformuleerd voor toevoegingen die duidelijk een andere bodemopbouw aangeven, deze zijn:

p... plaatselijk verdrogende lagen in de bovengrond,
g... grind ondieper dan 40 cm beginnend,

k... zavel- of kleidek van 15 tot 40 cm dik,
s... zanddek van 5 tot 15 cm dik,
z... zanddek van 15 tot 40 cm dik,
...c spalterveen, ten minste 5 cm dik,
...g grof zand en/of grind beginnend tussen 40 en 80 cm en ten minste 40 cm dik, of beginnend dieper dan 80 cm en doorgaand tot dieper dan 120 cm,
...p pleistoceen zand beginnend tussen 40 en 120 cm,
...t gerijpte oude klei, anders dan keileem of potklei beginnend tussen 40 en 120 cm en ten minste 20 cm dik,
...v moerig materiaal beginnend dieper dan 80 cm en doorgaand tot dieper dan 120 cm,
...w moerig materiaal, 15 tot 40 cm dik en beginnend tussen 40 en 80 cm,
...x keileem of potklei beginnend tussen 40 en 120 cm en ten minste 20 cm dik.

De populatie van een steekproef gericht op toevoegingen wordt gevormd door alle kaarteenheden met dezelfde toevoeging, die niet reeds tot de populatie van een van de steekproeven in legenda-eenheden behoort. Binnen een steekproef in een toevoeging worden geen strata meer onderscheiden.

5 Uitwerking van de steekproeven in grondwatertrappen

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de bepaling van de steekproefomvang zoals die voor de reeds uitgevoerde steekproeven is gedaan (par. 5.1.1) en op basis van een berekende steekproefvariantie (par. 5.1.2). De vaste kosten en de kosten voor chemische bepalingen geven inzicht in de opbouw van de kosten per steekproefpunt (par. 5.2). Samen met de berekende steekproefomvang levert dit een overzicht van de kosten per steekproef (par. 5.3).

5.1 Bepaling van de steekproefomvang

Aan iedere bodeminventarisatie, gericht op het verzamelen van betrouwbare kwantitatieve bodemkundige informatie dient een bodeminventarisatieplan vooraf te gaan. In dit bodeminventarisatieplan wordt bepaald hoeveel steekproefpunten nodig zijn, welke locaties bezocht worden, welke gegevens verzameld worden en de wijze waarop de gegevens geanalyseerd gaan worden. Het gebruik van statistische modellen kan bijdragen aan de ontwikkeling van een efficiënte planning van de bodeminventarisatie. Efficiënt wordt hierin gedefinieerd door nauwkeurigheid van de resultaten en kosten van de inventarisatie. Deze aspecten worden met name bepaald door een steekproefomvang op maat.

Ter illustratie van bovenstaande wordt hieronder een vergelijking gemaakt tussen de kwaliteit en kosten van de reeds uitgevoerde steekproeven waarvan de omvang is bepaald op basis van ervaringskennis en die van de nog uit te voeren steekproeven waarbij het bepalen van de steekproefomvang met behulp van statistische modellen is gebeurd.

5.1.1 Steekproefomvang van de reeds uitgevoerde steekproeven

De steekproefomvangen van de reeds uitgevoerde (Gt II en Gt III) en in uitvoering zijnde (Gt VI) steekproeven zijn tot stand gekomen op basis van ervaringskennis. Deze steekproefomvangen zijn bepaald in onderling overleg tussen een statisticus en een bodemkundig onderzoeker. Het aantal steekproefpunten is in eerste instantie gebaseerd op een inschatting van het minimale (om de kosten te beperken) aantal, nodig voor het berekenen van 'redelijke' gemiddelde waarden voor de meest algemene bodemkenmerken per stratum.

Bij bovengenoemde steekproeven is op deze wijze gekozen voor een steekproefomvang van 180 punten en een aselect gestratificeerde opzet. Bij de steekproeven Gt II, III en VI zijn respectievelijk 8, 6, en 16 strata onderscheiden op basis van verwachte verschillen in bodemkenmerken tussen en binnen (andere landschappelijke ligging) de legenda-eenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. De 180

steekproefpunten zijn proportioneel naar oppervlakte over de verschillende strata verdeeld. Naast de bodemvariabelen uit pakket 3: de basisgegevens is in deze steekproeven ook informatie over chemische variabelen meegenomen (tabel 16).

5.1.2 Bepaling steekproefomvang op basis van de steekproefvariantie

Een methode voor een gestructureerde benadering bij het maken van bodeminventarisatieplannen is ontwikkeld door de afdeling landinventarisatiemethoden van SC-DLO (Domburg, 1994). Deze ontwikkeling gaat uit van de klassieke steekproef benadering en gebruikt het semi-variogram uit de geostatistiek om een bepaalde steekproefopzet te simuleren en de bijbehorende steekproefvariantie te berekenen. Hiermee wordt dan vooraf een kwaliteitsmaat van de steekproef verkregen. De keuze voor een bepaalde steekproefomvang kan hiermee gebaseerd worden op de gewenste nauwkeurigheid van de voorspelling van een gemiddelde waarde voor een bepaalde bodemvariabele, de 'standaardfout' van de steekproef. Voorwaarde is echter wel dat er al voldoende gegevens van de betreffende bodemvariabele zijn om een semi-variogram mee te maken. Deze gestructureerde benadering is door de afdeling SBI van SC-DLO uitgewerkt en geoperationaliseerd door middel van het programma STANAL (Verstraate en Finke, 1996). Hiermee is het mogelijk om voor toekomstige steekproeven de steekproefomvang te optimaliseren aan de hand van kwaliteits- en kostenaspecten.

Ter illustratie van bovenstaande zijn de steekproefomvangen van alle nog niet uitgevoerde of in uitvoering zijnde enkelvoudige steekproeven in grondwatertrappen bepaald, uitgaande van een gewenste betrouwbaarheid bij informatie over het fosfaatbindend vermogen van gronden. Er is gekozen voor het fosfaatbindend vermogen omdat de bepaling van Al-ox en Fe-ox tot de duurdere behoort. De werkwijze hierbij was als volgt:

- Per Gt zijn er selecties uit het BIS gemaakt. Geselecteerd zijn alleen die profielen waarbij van alle opeenvolgende lagen tot aan GHG, Al-ox en Fe-ox waarden bekend zijn. Voor zover aanwezig zijn ook dichtheden, en textuurgegevens meegeselecteerd.
- Voor zover er geen gemeten waarden aanwezig waren, zijn de dichtheden per laag berekent met behulp van textuurgegevens en continue-vertaalfuncties.
- Vervolgens is per profiel het fosfaatbindend vermogen uitgerekend. Voor het aantal profielen, gemiddelde en spreiding van het fosfaatbindend vermogen zie aanhangsel 3
- Met behulp van de programma's SPATANAL (Staritsky en Stein, 1992) en WLSFIT (Heuvelink, 1991) is per Gt een semi-variogram gefit.
- Het model en de parameters van het semi-variogram (de nugget, sill en range , zie aanhangsel 3) evenals de omgrenzingen van de kaartvlakken uit de te analyseren steekproef dienen als invoer voor het programma STANAL (Verstraate en Finke, 1996). Door met dit programma eenzelfde steekproefopzet te simuleren als waarmee de steekproef wordt uitgevoerd namelijk een gestratificeerde aselecte steekproef, wordt een overzicht verkregen van de steekproefvariantie (fout) bij

een wisselend aantal steekproefpunten. Hiermee kan een afweging tussen de kwaliteits- en kostenaspecten voor het fosfaatbindend vermogen gemaakt worden.

Als kwaliteitscriterium voor het schatten van het gemiddelde van het fosfaatbindend vermogen per Gt steekproef is de in de reeds uitgevoerde steekproef Gt III behaalde kwaliteit aangehouden. De in Gt III, met 180 steekproefpunten behaalde standaardfout was 1333 kg.ha^{-1} P_2O_5. Deze standaardfout is gecorrigeerd voor het niveau van het fosfaatbindend vermogen, door te delen door het gemiddelde fosfaatbindend vermogen (19799 kg.ha^{-1} P_2O_5). Het hieruit resulterende kwaliteitscriterium noemen we de variatiecoëfficiënt. De correctie voor het niveau van het fosfaatbindend vermogen is nodig, omdat deze niveaus per Gt sterk verschillen. De variatiecoëfficiënt bedroeg voor de Gt III steekproef 7%. Dit is een duidelijk hogere kwaliteit dan op basis van andere onderzoeksgegevens wordt gehaald, waarbij de variatiecoëfficiënt circa 30% bedraagt (mondelinge mededeling O. Schoumans). Figuur 7 laat de benodigde steekproefomvangen voor de nog uit te voeren Gt steekproeven zien bij een gewenste variatiecoëfficiënt van 7% voor het schatten van het gemiddelde van het fosfaatbindend vermogen voor de gehele steekproef.

De wijze van selectie van gegevens uit het BIS heeft ertoe geleid dat alleen zuivere Gt profielen zijn meegenomen. In werkelijkheid komen binnen een kaartvlak van een bepaalde Gt ook onzuiverheden voor (en dus profielen die als punt eigenlijk tot een andere Gt behoren). Hierdoor zal de variantie van de GHG en daarmee samenhangend het fosfaatbindend vermogen in werkelijk mogelijk groter zijn. Voor de in figuur 7 aangegeven steekproefomvangen betekent dit dat de kwaliteit wellicht iets wordt overschat. Maar zelfs een iets mindere kwaliteit voldoet nog steeds. De simulatie van de steekproef met STANAL is gedaan op basis van een semi-variogram voor alle strata, omdat er onvoldoende gegevens van de afzonderlijke strata waren om een semi-variogram van af te leiden.

Tabel 19 geeft een overzicht van het aantal steekproefpunten per stratum. Er is onderscheid gemaakt in het aantal steekproefpunten zoals vastgesteld op basis van ervaringskennis (A) en het aantal berekend met behulp van STANAL (B). In eerste instantie is een proportionele verdeling over de strata gemaakt. Door de lage totalen betekende dit voor verschillende strata slechts enkele tot geen steekproefpunten. Van deze strata is nagegaan in hoeverre ze zijn onderscheiden als stratum waarvoor informatie over gemiddelde waarden gewenst is, of als stratum dat nauw verwant is met een ander en slechts dient om enkele gronden af te scheiden indien informatie over dat andere stratum in zuivere vorm gewenst is. In dat laatste geval is het geen probleem als er slechts enkele steekproefpunten binnen dit stratum vallen. In de overige gevallen moet rekening worden gehouden met een minimum aantal (ervaringkennis) om een 'redelijk' gemiddelde te kunnen schatten. De aantallen zijn dan ook aangepast, mede omdat de steekproefomvang alleen op basis van een goede schatting voor het fosfaatbindend vermogen is gebaseerd, terwijl er natuurlijk meerdere bodemvariabelen meegenomen worden.

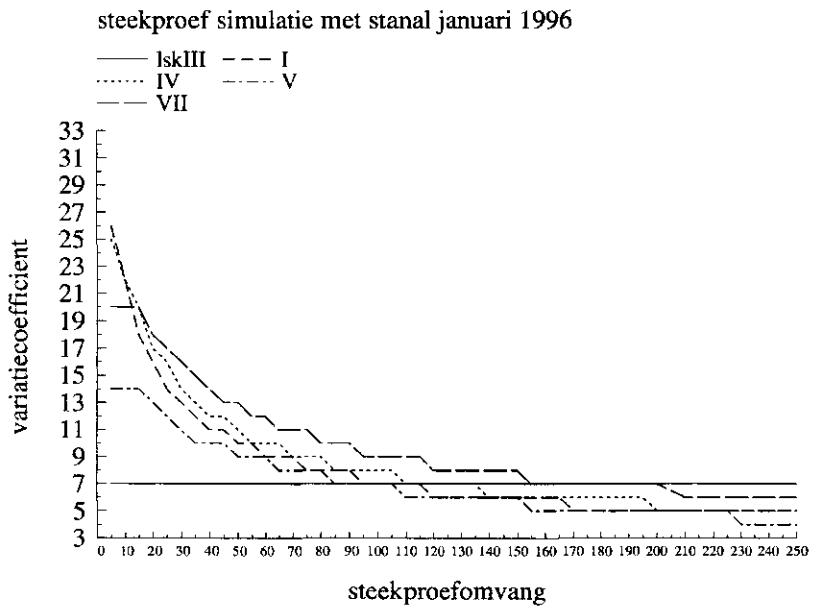


Fig. 7 Relatie tussen steekproefomvang en variatiecoëfficiënt voor de nog uit te voeren steekproeven in Gt I, IV, V en VII.

5.2 Opbouw van de kosten

Binnen de totale kosten van een steekproef kunnen de volgende onderdelen worden onderscheiden:

1 Algemene kosten voor onder andere:
   - het ontwerp en de voorbereiding van de steekproef,
   - materialen zoals metaaldetector en stambuisgegevens,
   - de administratie en opslag van de monsters,
   - de verwerking en presentatie van de resultaten.
2 Kosten voor het verzamelen van de gegevens uit basispakket (tabel 13):
   - bezoek locatie, beschrijven van het profiel, het plaatsen van grondwaterstandsbuizen en het nemen van monsters voor de chemische variabelen;
   - bezoek locatie voor een gerichte opname van de grondwaterstand.
3 Kosten voor het verzamelen van de chemische gegevens uit pakket 4 (tabel 14):
   - algemene voorbewerking monsters,
   - verschillende chemische analyses.

Tabel 19 Totale steekproefomvang en verdeling over de strata bepaald op basis van ervaringskennis (A) en totale steekproefomvang bepaald met behulp van statistische modellen en een kwaliteitscriterium van vc=7% voor het fosfaatbindend vermogen van gronden, waarbij voor de verdeling over de strata is gecorrigeerd tot een bepaald minimum op basis van ervaring (B: oude aantal tussen haakjes)

Strata in	Gt I		Gt IV		Gt V		Gt VII	
cultuur	A	B	A	B	A	B	A	B
1	97	51	18	11	21	(10) 20	17	15
2	34	18	30	18	7	3	1	1
3	26	14	24	15	5	2	4	3
4	22	12	62	38	4	2	5	4
5			15	9	29	(14) 20	9	8
6			32	19	9	4	15	13
7					5	2	12	10
8					18	(8) 20	1	1
9					3	1	29	25
10					21	(10) 20	20	18
11					6	3	15	13
12					6	3	13	11
13					5	2	2	2
14					1	1	2	2
15					1	0	6	5
16					8	4	7	6
17					6	3	23	19
18					8	4		
19					6	3		
20					10	5		
Natuur	20	20	20	20	20	20	-	-
Totaal	200	115	200	130	200	142	180	155

Het bemonsteren van een profiel ten behoeve van de chemische variabelen kost weinig extra moeite als de locatie toch bezocht wordt om het profiel te beschrijven. De kosten voor de chemische variabelen worden dan ook voornamelijk bepaald door de kosten van de bepalingen; de algemene voorbewerking van het monster en de analyse. Ten opzichte van de algemene kosten en de kosten voor het verzamelen van de informatie voor pakket 3 zijn deze kosten laag. Figuur 8 geeft de onderlinge verhouding tussen deze kosten weer. Deze kosten zijn berekend per steekproefpunt, aan de hand van het prijsniveau eind 1995. Voor de kosten van de chemische bepalingen is een gemiddelde bemonstering van 4 tot 5 lagen per profiel aangehouden

bij die variabelen die voor alle lagen worden gemeten (tabel 14) en 1 (voor Pw en Pal) tot 2 (voor CEC en uitwisselbare kationen) lagen voor die variabelen die alleen voor de bovengrond worden gemeten.

Aan de hand van de in figuur 8 aangegeven kosten en tabel 14, waarin wordt aangegeven welke chemische variabelen voor cultuur- en welke voor natuurgebieden worden verzameld, kunnen de totale kosten per steekproefpunt voor de verschillende vormen van bodemgebruik worden bepaald. Deze zijn als volgt:

- kosten steekproefpunt in cultuurgebied (370 + 510 + 731) *fl* 1611
- kosten steekproefpunt in natuurgebied (370 + 510 + 637) *fl* 1517

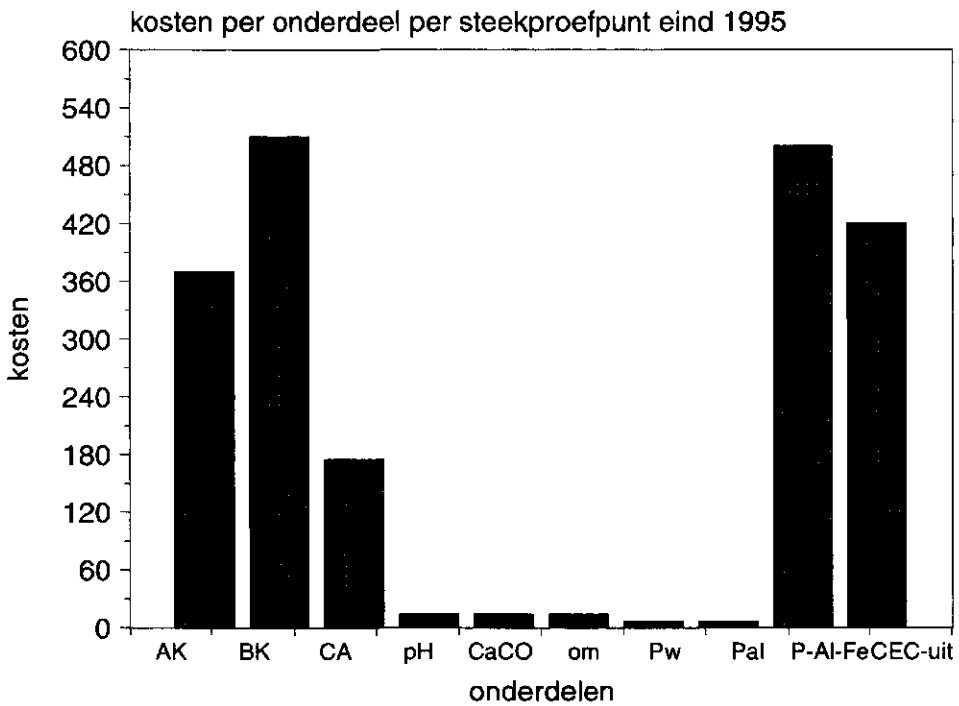


Fig. 8 Onderlinge verhouding van de kosten per onderdeel per steekproefpunt eind 1995 waarbij AK: de algemene kosten, BK: de kosten voor het verzamelen van de gegevens voor het basispakket (3), CA: de algemene voorbereidingskosten van monsters voor chemische bepalingen en CEC-uit: de kosten voor het bepalen van CEC plus uitwisselbare kationen

5.3 Kosten per steekproef

De kwaliteit van de reeds uitgevoerde steekproef Gt III voor het voorspellen van het gemiddelde fosfaatbindend vermogen is bekend. Deze kwaliteit is als criterium aangehouden voor het bepalen van de steekproefomvang voor de nog uit te voeren Gt-steekproeven. Voor de Gt-steekproeven II, III en VI staat de steekproefomvang vast op 180 in de cultuurgebieden plus respectievelijk 20, 0 en 30 extra voor het stratum natuur. De kosten liggen hiermee ook al vast. Voor de steekproeven Gt I, IV, V en VII is hieronder een vergelijking gemaakt tussen de kosten bij een bepaling van de steekproefomvang alleen op ervaringskennis en op een combinatie van statistische modellen en ervaring zoals hierboven beschreven.

De bepaling van de steekproefomvang heeft alleen betrekking op cultuurgebieden. Voor het stratum natuur worden extra steekproefpunten (20) toegekend (zie par 4.3.1.1).

Combinatie van tabel 19, tabel 16 en de kosten per steekproefpunt zoals aangegeven in paragraaf 5.2 levert het volgende overzicht (tabel 20) van de totale kosten per steekproef.

Uitvoering van de resterende enkelvoudige Gt-steekproeven met een steekproef-omvang gedefinieerd volgens het statistische model levert op alle Gt-steekproeven samen een besparing op van *fl* 382.268. Dat is bijna 20% van de totale op basis van ervarings-kennis begrote kosten (*fl* 2.090.330) voor de enkelvoudige Gt-steekproeven.

Voor de steekproeven in Gt-associaties wordt uitgegaan van 20 steekproefpunten per steekproef. Omdat hierbij geen chemische gegevens worden verzameld bestaan de kosten per steekproefpunt alleen uit de algemene kosten en de kosten voor het verzamelen van de gegevens uit het basispakket (tabel 13). Dit komt neer op (20 x 860) *fl* 17.200 per steekproef in een Gt-associatie.

Tabel 20 Overzicht van de kosten (fl) per enkelvoudige Gt-steekproef voor verschillende steekproefomvangen

Steekproef		Steekproefomvang bepaald op basis van ervaring		Steekproefomvang bepaald met behulp van statistisch model en kwaliteitscriterium	
Gt I	cultuur	180 x 1611	289.980	95 x 1611	153.045
	natuur	20 x 1517	30.340	20 x 1517	30.340
	totaal		320.320		183.385
Gt II	cultuur	180 x 1111	199.980		
	natuur	20 x 1111	22.220		
	totaal		222.200		
Gt III	totaal	180 x 1611	289.980		
Gt IV	cultuur	180 x 1611	289.980	110 x 1611	177.210
	natuur	20 x 1517	30.340	20 x 1517	30.340
	totaal		320.320		207.550
Gt V	cultuur	180 x 1611	289.980	122 x 1611	196.542
	natuur	20 x 1517	30.340	20 x 1517	30.340
	totaal		320.320		226.882
Gt VI	cultuur	180 x 1611	289.980		
	natuur	30 x 1517	45.510		
	totaal		335.490		
Gt VII	totaal	180 x 1565	281.700	155 x 1565	242.575

6 Produktontwikkeling en financiering

6.1 Functionele datapakketten

Bodemkundige informatie kent een grote verscheidenheid aan toepassingen. Uit interviews met gebruikers van bodemkundige informatie (hoofdstuk 2) blijkt, dat deze toepassingen liggen op het gebied van procesonderzoek, ontwikkeling en toepassing van modellen, patroon- en variabiliteitsonderzoek, onderzoek naar functies en kwaliteiten van het land en landinrichting. In relatie tot deze toepassingen bestaat er een gevarieerd wensenpakket ten aanzien van bodemkundige informatie. Naast de algemene wensen met betrekking tot kwaliteit en actualiteit bestaat er ook behoefte aan nieuwe soorten bodemkundige gegevens, en aan gegevens op een hoger aggregatie-niveau zoals afgeleide gegevens en functionele clusters van gegevens nodig voor bepaalde toepassingen.

De taakstelling van SC-DLO omvat o.a. het systematisch verzamelen en beheren van bodemkundige informatie. Dit heeft in de loop der jaren een aantal unieke (digitale) produkten met bodemkundige basisinformatie opgeleverd zoals:

- de Bodemkaart van Nederland 1 : 250 000, landsdekkende vlakinformatie over de bodem opgeslagen in het Bodemkundig informatiesysteem (BIS) met behulp van het GIS-pakket ARC-INFO;
- de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000, landsdekkende vlakinformatie over de bodem en de grondwatertrappen eveneens opgeslagen in het BIS met behulp van het GIS-pakket ARC-INFO;
- bodem- en grondwatertrappenkaarten schaal 1 : 25 000 en 1 : 10 000, niet landsdekkende vlakinformatie veelal verzameld in het kader van landinrichtingsprojecten, opgeslagen in BIS met behulp van het GIS-pakket ARC-INFO en te bewerken met het door SC-DLO ontwikkelde pakket BOPAK;
- puntinformatie, niet aselect verzameld, in de vorm van 4500 profielbeschrijvingen, waarvan zowel geschatte als gemeten waarden per laag bekend zijn, veelal verzameld in het kader van de kartering van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 en opgeslagen in het BIS met behulp van het relationele databasesysteem ORACLE;
- puntinformatie, niet aselect verzameld, in de vorm van 100 000 boorbeschrijvingen, die alleen geschatte gegevens bevatten verzameld in het kader van de karteringen schaal 1 : 25 000 en 1 : 10 000 en opgeslagen in het BIS met behulp van het relationele databasesysteem ORACLE;
- puntinformatie, wel aselect verzameld, in de vorm van 1300 steekproefpuntbeschrijvingen, met geschatte gegevens en deels gemeten gegevens (vnl. chemische, zie tabel 16), verzameld in het kader van de LSK.

Tegemoet komend aan de algemene wensen is een structuur uitgewerkt voor het uitvoeren van de actualisatie van Gt-kaarten en het verzamelen van zowel 'klassieke' (b.v. organische-stofgehalte) als 'nieuwe' (b.v. fosfaatgehalte) bodemvariabelen (hoofdstuk 3). Dit betreft uitsluitend het verzamelen van bodemkundige basisgegevens. Deze ondersteunen en verbeteren de kwaliteit van bovengenoemde pro-

dukten. Zo kan b.v. gebruikmakend van deze statistisch onderbouwde basisgegevens in de toekomst rekening worden gehouden met de ruimtelijke variabiliteit van rechtstreeks aan deze basisgegevens gekoppelde bodemkundige informatie.

Verschillende vragen die door gebruikers van bodemkundige informatie worden gesteld, hebben echter betrekking op processen die niet rechtstreeks meetbaar zijn in de bodem. Een voorbeeld hiervan is de uitspoeling van nitraat. Dit soort vragen wordt vaak met behulp van simulatiemodellen beantwoord. Deze modellen hebben veelal invoergegevens nodig die niet eenvoudig te meten zijn, waardoor ze te duur worden om systematisch te verzamelen. Deze gegevens worden dan afgeleid met behulp van vertaalfuncties. Dit zijn functies die de relatie tussen eenvoudig te verzamelen bodemkundige gegevens en moeilijk meetbare of dure gegevens beschrijven. Er wordt een onderscheid gemaakt tussen klasse- en continue vertaalfuncties. Veel gebruikte vertaalfuncties zijn die voor bodemfysische karakteristieken zoals de waterretentie (pF-curve) en doorlatendheid (K-h-relatie) SC-DLO heeft hiervoor zowel klasse- (de Staringreeks) als een continue vertaalfuncties afgeleid.

Een combinatie van gegevensbestanden levert vaak de basisinformatie op welke nodig is om een onderzoek goed op te zetten. Door bijvoorbeeld GIS bestanden met Gt-informatie (SC-DLO), met informatie over ecologische districten (Braat et al., 1989) en met informatie over hydrologische ingrepen te combineren, kunnen zo homogeen mogelijke gebieden worden onderscheiden. Deze gebieden omvatten dan de kleinste hydrologisch eenheden, die met de beschikbare landsdekkende informatie te genereren zijn. Deze hydrologische eenheden vormen het onderzoeksobject bij Gt-actualisatie (Finke et al., 1994).

Naast het gebruik van verschillende gegevensbestanden, kan er ook ervaringskennis ingebracht worden om een bepaalde vraagstelling te beantwoorden. Door middel van deze kennismontage kan veelsoortige kennis worden gecombineerd en al dan niet worden geïmplementeerd in een GIS-applicatie. Een voorbeeld hiervan is de GIS-applicatie ALBOS die door SC-DLO is gemaakt ten behoeve van en in samenwerking met de opdrachtgever IKC-natuurbeheer (De Vries en Al, 1992). De Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is samen met ervaringskennis gebruikt om bodemeenheden te clusteren in groepen die onderling verschillen in voedingstoestand. Tevens is van deze clusters de gevoeligheid voor verzuring vastgesteld. Deze clusters vormen samen met gegevens over het bodemgebruik de basis waarop weer met behulp van ervaringskennis, aan iedere unieke combinatie een bosdoeltype groep kan worden toegekend. De GIS-applicatie ALBOS bevat hierdoor landsdekkend per kaartvlak gegevens over bodem, grondwatertrap, grondgebruik, gevoeligheid voor verzuring en bosdoeltypegroep (vertaalsleutel). Presentaties van zowel bosdoeltypenkaarten, welke de mogelijkheden voor bosontwikkeling in een gebied weergeven, als allerlei ander thematische kaarten is hiermee mogelijk.

Bovenstaande illustreert dat bodemkundige basis-informatie niet zozeer als losstaand gegeven, maar veelal in relatie met andere (aardkundige) gegevens en kennis wordt gebruikt. In de toekomst wil SC-DLO zogenaamde 'functionele datapakketten' gaan verstrekken. Deze bevatten dan zowel de bodemkundige basis-informatie als

bewerkingen met behulp van vertaalfuncties, combinaties van gegevensbestanden en kennismontages, toegespitst op het aanleveren van specifieke informatie voor een bepaalde toepassing. Hiertoe zal samenwerking met andere bronhouders worden gezocht en worden voortgezet, zoals in het SAG (Samenwerkende Aardkundige Gegevensverstrekkende instituten; RIVM, RGD, TNO-GG en SC-DLO)

Voor bijvoorbeeld een regionale hydrologische studie zou een gebiedsschematisatie gemaakt kunnen worden op voor de hydrologische studie relevante bodemkenmerken Voor iedere unieke eenheid zouden dan de voor deze studie specifiek benodigde gegevens gegenereerd kunnen worden. Tabel 21 geeft hiervan een voorbeeld, waarbij naast de gegevens ook wordt aangegeven wat de bron en bronhouder is, of welke vertaalfuncties, modellen en ervaringskennis gebruikt wordt om ze af te leiden.

Tabel 21 Voorbeeld functioneel datapakket voor regionale hydrologische studie

Eenheid	Gegeven	Bron	Bronhouder
Onverzadigde zone			
	- laagindeling	BIS-Bodemkaart	SC-DLO
per laag:	- pF-θ-*h*-tabel	Staringreeks	SC-DLO
	- Qw(*h*)-relatie (onderrand)	BIS-Bodemkaart/ SWACROP-model	SC-DLO
	- Qd(*h*)-relatie (lateraal)	Waterstaatskaart	MD
Verzadigde zone			
	- geohydrologische laagindeling	REGIS	TNO-GG
per laag:	- K-said	Staringreeks	SC-DLO
	- c-waarde	REGIS	TNO-GG

Voor een regionale stoftransportstudie zouden bovenstaande gegevens nog weer uitgebreid kunnen worden met dichtheden, gehalten (tabel 22) en een landgebruikskaart (bron LGN; bronhouder SC-DLO).

Dit zijn slechts voorbeelden; functionele datapakketten zullen altijd in overleg met de gebruikers worden samengesteld.

Tabel 22 Voorbeeld uitbreiding functioneel datapakket voor regionale stoftransportstudie

Eenheid	Gegeven	Bron	Bronhouder
Onverzadigde zone			
per laag:	- bulkdichtheid	BIS/vertaalfunctie	SC-DLO
	- pH	BIS	SC-DLO
	- organische-stofgehalte	BIS	SC-DLO
	- pyrietgehalte	BIS	SC-DLO
	- initiële toestand	?	?
	- omzettings/ adsorbtieconstanten	literatuur	-
Verzadigde zone			
per laag:	- bulkdichtheid	BIS/vertaalfunctie	SC-DLO
	- organische-stofgehalte	BIS	SC-DLO
	- pyrietgehalte	BIS	SC-DLO
	- initiële toestand	REGIS	TNO-GG

6.2 Financiering van het bodemdataverzamelingsplan

In deze paragraaf wordt verder ingegaan op de financiering van het bodemdataverzamelingsplan waarbij onderscheid wordt gemaakt in algemene randvoorwaarden voor financiering (par. 6.2.1) en de financieringsmogelijkheden voor de onderdelen Gt-actualisatie (par. 6.2.2), fysische gegevens (par. 6.2.3) het basispakket en de bodemchemische gegevens (par. 6.2.4).

6.2.1 Algemene randvoorwaarden

Voor de formulering van concrete uitgangspunten voor de financiering van het bodemdataverzamelingsplan zijn de volgende meer algemene randvoorwaarden belangrijk:

- In de nota LNV-kennisbeleid 'Eenheid in verscheidenheid' gaat LNV uit van het profijtbeginsel bij de financiering van het onderzoek. Dit houdt in dat de gebruikers van een onderzoeksresultaat meebetalen aan het desbetreffende onderzoek.
- De onderzoeksmiddelen van LNV-DWK worden ingezet voor strategische expertise-ontwikkeling, en DLO-onderzoeksprogramma's. Middelen voor DLO-onderzoeksprogramma's dienen voor:
  . onderzoek aan maatschappelijk relevante vragen, en
  . expertise- en methodiekontwikkeling daarvoor.
  De output van deze programma's wordt vooraf door DLO en DWK overeengekomen. De instituten ontwikkelen de conceptprogramma's.
- In het 'Besluit met betrekking tot de totstandkoming en de organisatie van het Staring Centrum' van december 1988, wordt onder de instituutstaken expliciet melding gemaakt van de rol van het SC als bronhouder van bodemkundige informatie over Nederland. Deze rol is uniek en kan door geen enkele andere instelling worden vervuld. Tal van instanties, binnen en buiten LNV, hebben bij hun werkzaamheden behoefte aan deze informatie.

Om tot concrete uitgangspunten voor de financiering van het bodemdataverzamelingsplan te komen is inzicht nodig in de aard van de deelactiviteiten en die te toetsen aan de algemene randvoorwaarden. De belangrijkste deelactiviteiten zijn:

1 Marktverkenningen (vaststellen maatschappelijke behoefte),
2 Ontwerpen van een onderzoeksplan
3 Uitvoeren van het onderzoeksplan, op te splitsen in:
  . uitvoeren van methodisch onderzoek,
  . ontwikkeling van expertise,
  . uitvoeren van de gegevensverzameling.
4 Beheren van de verzamelde gegevens.
5 Bewerken en verstrekken van de verzamelde gegevens.

Confrontatie van algemene randvoorwaarden en bovengenoemde deelactiviteiten leidt tot de volgende conclusies voor de financiering van het bodemdataverzamelingsplan:

1 Marktverkenning van de behoefte aan bodemgegevens geeft inzicht in een brede

maatschappelijke behoefte en wordt daarom gefinancierd met DWK-middelen.

2 . Ontwerpen van een onderzoeksplan,
. uitvoeren van methodisch onderzoek en
. expertise-ontwikkeling geeft inzicht in de vereiste onderzoeksplanning en geeft aan hoe op de maatschappelijke behoefte kan worden ingespeeld. Deze doelstelling houdt in dat financiering hiervan met DWK-middelen kan plaatsvinden.

3 Met het uitvoeren van de gegevensverzameling, het beheren, bewerken en verstrekken ervan kan direct in de behoefte van gebruikers van bodemkundige informatie worden voorzien. Hierop is het profijtbeginsel van toepassing. Dit houdt dus in dat deze deelactiviteiten gefinancierd dienen te worden door de gebruikers van bodemgegevens.

In de volgende paragrafen worden deze conclusies toegepast op de vier gegevenspakketen die de kern van het bodemdataverzamelingsplan vormen (zie par. 3.3).

6.2.2 Financiering voor het Gt-actualisatiepakket

Het Gt-actualisatiepakket (tabel 11) levert gebiedsdekkende informatie over de actuele GHG en GLG en de daarvan afgeleide Gt. Het pakket levert statistisch onderbouwde gemiddelden en spreiding van de GHG- en GLG-waarden binnen een Gt en geeft de zuiverheid van de Gt-vlakken.

De samenstelling van een Gt-actualisatiepakket is de slotactiviteit in een reeks van deelactiviteiten:
- methodiekontwikkeling,
- expertise-ontwikkeling in proefgebieden,
- landsdekkende inventarisatie van de behoefte aan Gt-actualisatie (optioneel),
- gebiedsdekkende Gt-actualisatiepakketen.

Methodiek- en expertise-ontwikkeling zijn inmiddels voltooid en werden gefinancierd met LNV-DWK-middelen. De resultaten van het methodisch onderzoek zijn:
- Een methode om GHG's, GLG's en Gt's in stambuizen te bepalen die het klimaat weerspiegelen. Dit geschiedt onafhankelijk van de lengte van de meetreeks in die stambuizen (Knotters en Van Walsum, 1994).
- Nieuwe statistische methodieken om gebiedsdekkend actuele GHG's, GLG's en Gt's te schatten (Finke et al., 1994 en 1995).

Overeenkomstig eerder bereikte conclusies (par. 6.2.1) dient de samenstelling van gebiedsdekkende Gt-actualisatiepakketten gefinancierd te worden door de gebruiker(s) van deze informatie. het Gt-actualisatiepakket kan voor uiteenlopende gebruikers op uiteenlopende schaal samengesteld worden, b.v. 1 : 10 000 voor lokale informatiebehoefte en 1 : 50 000 voor regionale, provinciale en landelijke informatiebehoeften. De kosten zullen dus vooral bepaald worden door de gewenste schaal en de gebiedsgrootte.

Voor een landelijke Gt-actualisatie geeft tabel 23 de deelactiviteiten en schattingen voor de benodigde capaciteit, doorlooptijd en kosten. Hierbij is aangenomen dat 800.000 ha actualisatiebehoeftig is.

Tabel 23 Indicatie van de geschatte kosten (fl) voor de verschillende activiteiten van de Gt-actualisatie

Deelactiviteit	Kosten
Landelijk overzicht	100.000
Uitvoeren	4.000.000-4.500.000
Totaal	4.100.000-4.600.000

Bij de Gt-actualisatie zal uiteraard een flexibele aanpak gevolgd worden. Het Gt-actualisatiepakket kan desgewenst aangepast worden aan specifieke behoeften. Gebiedsgrootte en schaal zullen ook in overleg met de gebruiker(s)/opdrachtgever(s) vastgesteld worden. Per actualisatieproject zullen de kosten worden berekend en zal een kostenverdeelsleutel voor de gebruikers worden gezocht.

6.2.3 Financiering van het bodemfysisch pakket

Het bodemfysisch pakket betreft bodemfysische gegevens voor de nog ontbrekende bouwstenen van de Staringreeks en voor die bouwstenen waarvoor gemiddelde karakteristieken berusten op minder dan 15 bepalingen. Tabel 12 geeft hierover gedetailleerde informatie. De ontbrekende informatie zal stapsgewijs en projectgewijs worden gefinancierd. Dat wil zeggen als bij een nieuw onderzoek de nog ontbrekende informatie geheel of gedeeltelijk noodzakelijk is, zal ad hoc met de opdrachtgever van het onderzoek gezocht worden naar een financiering van de noodzakelijke bodemfysische bepalingen. Tabel 24 geeft een indicatie van de benodigde capaciteit en kosten voor de aanvulling van de Staringreeks.

Tabel 24 Indicatie van de geschatte kosten (fl) voor aanvulling van de Staringreeks

Deelactiviteit	Kosten
Ontbrekende bouwstenen aanvullen met minimaal 4 monsters	47.500
Weinig bemonsterde bouwstenen aanvullen tot minimaal 15 monsters	420.000
Totaal	467.500

6.2.4 Financiering van het basispakket en bodemchemisch pakket

Het basispakket bestaat uit statistisch betrouwbare informatie over de bodemkundige inhoud van kaartvlakken. Het geeft dus informatie over de variabiliteit van bodems binnen de kaarteenheden van de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000. Het betreft uiteraard de variabiliteit van die bodemvariabelen die ten grondslag liggen aan de

indeling van deze bodemkaart (tabel 13). Hiervoor is inmiddels een methodiek ontwikkeld en beproefd: de Landelijke Steekproef Kaarteenheden (LSK). Deze methodiek is ook zeer geschikt voor de verzameling van gegevens die behoren tot het bodemchemisch pakket (tabel 14). Ook additionele bodemchemische gegevens (tabel 15) kunnen met dezelfde methodiek verzameld worden.

De inventarisatie van de behoefte aan bodemkundige informatie (hoofdstuk 2) heeft geleid tot de samenstelling van het basispakket en het bodemchemisch pakket. Met deze combinatie, te verzamelen via de LSK, kan in een groot deel van de informatiebehoefte worden voorzien. Voor de financiering van de LSK geldt het profijtbeginsel.

Een indicatie van de te financieren kosten is af te leiden uit hoofdstuk 5. Hierin worden de volgende totale kosten (tabel 25) voor de steekproeven in de grondwatertrappen vermeld. De totale kosten zijn een combinatie van benodigde tijd (mensjaar) en materiële kosten (b.v. analysekosten).

Tabel 25 Indicatie van de totale kosten (fl) voor de steekproeven in grondwatertrappen

Gt-steekproef	Kosten
I	183.385
II	222.200
III	289.980
IV	207.550
V	226.882
VI	335.490
VII	242.575
Associaties (9)	154.800
Totaal	1.862.862

In beginsel zijn meerdere gebruikers gebaat bij de te verzamelen gegevens. De financiering zal via twee sporen gezocht worden:
- met individuele gebruikers of consortia (groepen samenwerkende gebruikers) de definitieve gegevensbehoefte vaststellen en een financieringsplan opstellen,
- via de inkomsten uit de verkoop van gegevens uit het bestaande Bodemkundig Informatie Systeem (BIS).

De combinatie van deze twee sporen legt de financiële basis voor de uitvoering van dit deel van het bodemdataverzamelingsplan. De precieze manier van de financiering zal dan ook vastgesteld moeten worden. Opties zijn o.a. een projectgewijze benadering en een 'revolving fund'. Bij een projectgewijze benadering wordt per groep van activiteiten (het project) vastgesteld wat de gegevensverzameling precies inhoudt, wat de kosten zijn en hoe die over de projectpartners verdeeld worden. Bij een 'revolving fund' storten deelnemers jaarlijks of éénmalig een bepaald bedrag voor vooraf gedefinieerde nog te verzamelen informatie. Dit bedrag verschaft de deelnemers trekkingsrechten op informatie. Zodra de waarde van de geleverde informatie uitkomt boven het niveau van de oorspronkelijke bijdrage, worden de additionele kosten in rekening gebracht en weer in het 'revolving fund' gestort voor vervolgactiviteiten. Naast deze vormen van financiering zijn ook andere denkbaar.

De feitelijke uitvoering van dit plan voor de verzameling van bodemkundige gegevens zal afhangen van de snelheid waarmee financiering beschikbaar komt.

Literatuur

Bakker, H. de en J. Schelling, 1989. *Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus, 2e gewijzigde druk, bewerkt door D.J. Brus en C. van Wallenburg.* Wageningen, PUDOC.

Braat, L.C., A.R. van Amstel, A.C. Garritsen, C.R. van Gool, N.Gremmen, C.L.G. Groen, H.L.M. Rolf, J. Runhaar en J. Wiertz, 1989. *Verdroging van natuur en landschap in Nederland - beschrijving en analyse.* 's-Gravenhage. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Breeuwsma, A., J.H.M. Wösten, J.J. Vleeshouwer, A.M. Van Slobbe and J. Bouma, 1986. 'Derivation of land qualities to assess environmental problems from soil surveys'. *Soil Soc. Am. Journal* 50: 186-190

Bregt, A.K. and J.G.R. Beemster, 1989. 'Accuracy in predicting moisture deficits and changes in yield from soil maps'. *Geoderma* 43: 301-310

Broekmeyer, M.E.A. en P. Hilgen, 1991. *Basisrapport bosreservaten.* Utrecht, Directie Bos- en Landschapsbouw; Wageningen, De Dorschkamp, Rapport nr. 1991-03.

Broekmeyer, M.E.A., 1995. *Bosreservaten in Nederland.* Wageningen, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Rapport nr. 133.

Domburg, P., J.J. De Gruijter and D.J. Brus, 1994. 'A structured approach to designing soil survey schemes with prediction of sampling error from variograms'. *Geoderma* 62(1-3): 151-164

Engel, P.G.H., 1988. *Case studies kennismanagment in de veehouderij in Nederland.* Wageningen, Landbouwuniversiteit, Vakgroep Voorlichtingskunde. Voortgangsrapportage 1.2.

Finke, P.A., D.J. Groot Obbink en A.F. van Holst, 1994. *Methode voor de bepaling van de prioriteitsvolgorde van Gt-actualisatie.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 322.

Finke, P.A., A.F. van Holst en D.J. Groot Obbink, 1995. *Methoden van Gt-actualisatie schaal 1 : 50 000; Een kwantitatieve vergelijking van kwaliteit en kosten.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 396.

Finke, P.A., 1995. *In: Buurman, P en J. Sevink (eds) Van bodemkaart tot informatiesysteem.* 'Bodeminventarisatie - van gegevensverzameling tot informatieverstrekking'. Wageningen, Wageningen pers.

Finke, P.A., J.H.M. Wösten and M.J.W. Jansen, 1996. 'Effects of the uncertainty in major input variables on simulated functional soil behaviour'. *Hydrological processes. vol. 10*: in press.

Finke, P.A., J.H.M. Wösten and J.G. Kroes, 1996. 'Comparing two approaches of charactering soil map unit behavior in solute transport'. *Soil Science Society of America Journal.* 60: 200-205

Gruijter, J.J. de, 1991. *'Klassieke steekproeftheorie in de ruimtelijke statistiek'*. In: *Ruimtelijke statistiek van bodem en water.* Rapporten en nota's, commissie voor Hydrologisch onderzoek TNO 24 (1991), CHO-TNO, Delft, p 17-30

Knotters, M. en P.E.V. van Walsum, 1994. *Uitschakeling van weersinvloeden bij de karakterisering van het grondwaterstandsverloop.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 350.

Lanen, H.A.J. van, C.A. van Diepen, G.J. Reinds, G.H.J. De Koning, J.D. Bulens and A.K. Bregt, 1992. 'Physical land evaluation methods and GIS to explore the crop growth potential and its effects within the European Communities'. *Agricultural Systems* 39: 307-328

Reijerink, J.G.A., A. Breeuwsma, H.H. Luesink en H. Kleijer, 1993. *Rekenmodel voor de fosfaatverzadigingstoestand van mestoverschotgebieden.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 241.

Visschers, R., 1993. *Upgrading van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000, door steekproeven in kaarteenheden van veldpodzolengronden Hn21-V en Hn21-VI.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 186.

Vries, F. de en E.J. Al, 1992. *De groeiplaatsgeschiktheid voor bosdoeltypen in beeld met ALBOS.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Rapport 234.

Vries, W. de and E.E.J.M. Leeters, 1995. *Effect of acid deposition on 150 forest stands in the Netherlands. 1. Chemical composition of the humus layer, mineral soil and soil solution.* Wageningen, the Netherlands, DLO Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, Report 69.3.

Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuvink, 1987. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks.* Wageningen, ICW-Rapport 18, Stiboka-Rapport 1932.

Wösten, J.H.M., G.J. Veerman en J. Stolte, 1994. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Vernieuwde uitgave 1994.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Technisch document 18.

Wösten, J.H.M., P.A. Finke and M.J.W. Jansen, 1995. 'Comparison of class and continuous pedotransfer functions to generate soil hydraulic characteristics'. *Geoderma* 66: 227-237

Niet-gepubliceerde bronnen

Bierkens, M.P.F., 1995. *Huidig en toekomstig onderzoek naar de ruimtelijke en temporele variabiliteit van het freatisch grondwaterniveau; inventarisatie van het verrichte onderzoek 1991-1994 en voorstellen voor toekomstig onderzoek tot en met het jaar 2000.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Interne Mededeling 342.

Elie, A.W., P.A. Finke, E.E.J.M. Leeters en I. Straathof, 1993. *Een kwalitatieve inventarisatie van de gegevensbehoefte voor toegepast bodemkundig onderzoek in Nederland. Aanzet tot een dataverzamelingsplan.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Interne Mededeling 293.

Engel, P.G.M., 1992. *Syllabus Informatieve Voorlichtingskunde.* Wageningen, Landbouwuniversiteit, Vakgroep Voorlichtingskunde.

Heuvelink, 1992. Programma WLSFIT.

Kamermans, H., 1992. *Wie, wat, waar van bodemonderzoek.* Wageningen, DLO-Staring Centrum en Landbouwuniversiteit, Vakgroep Voorlichtingskunde: Afstudeerverslag.

Leeters, E.E.J.M., A.K. Bregt, O.F. Schoumans en J.Stolp, 1990. *Verder met het bodemkundig informatiesysteem.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Interne Mededeling 88.

Pouw, B.J.A. van der en H. Rosing, 1992. *Systematische Bodemkundige Informatie (SBI) in perspectief.* Wageningen, DLO-Staring Centrum, Interne Mededeling 208.

Staritsky, I.G. and A. Stein, 1992. programma STANAL.

Straathof, I., 1993. *Een inventarisatie van het gebruik van bodemkundige informatie buiten DLO-Staring Centrum.* Wageningen, DLO-Staring Centrum en Landbouwuniversiteit, Vakgroep Voorlichtingskunde: Afstudeerverslag.

Aanhangsel 1 Invulling van de strata voor de verschillende Gt-steekproeven

STRATIFICATIE GT I

Oppervlakte op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is 19787 ha.
(89,7% bodemgebruik cultuur, 10.3% bodemgebruik natuur).

CULTUUR

1501 Veengronden met veen >120 cm;
Veengronden met klei in de ondergrond.

1502 Veengronden met zand in de ondergrond;
Moerige gronden.

1503 Kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden;
Kalkhoudende- en kalkloze zandgronden vlakvaaggronden (zeezanden).

1504 Zeekleigronden;
Rivierkleigronden (kleine oppervlakte).

NATUUR

1505 Alle gronden met bodemgebruik 'natuur' volgens ALBOS-bestand

STRATIFICATIE GT II

Oppervlakte op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is 340.415 ha.
(97,7% bodemgebruik cultuur; 2,3% bodemgebruik natuur)

CULTUUR

1601 Veengronden met veenmosveen tot >120 cm of zand met een humuspodzol in de ondergrond.

1602 Veengronden met veen tot >120 cm dat bestaat uit:
- rietzeggeveen en mesotroof broekveen;
- bagger verslagen veen, gyttja en andere veensoorten;
- rietveen, rietzeggeveen.

Veengronden met in de ondergrond:
- zavel of klei;
- zand zonder humuspodzol.

1603 Veengronden met veen tot >120 cm dat bestaat uit bosveen en/of eutroof broekveen.

1604 Veengronden met in de ondrgrond zand zonder humuspodzol.

1605 Humuspodzolgronden.
Kalkloze zandgronden:
- gooreerdgronden met een kleidek;
- vlakvaaggronden met een kleidek.

Moerige podzolgronden.
Keileemgronden.

1606 Oude rivierkleigronden.
Riverkleigronden.
Kalkloze zandgronden:
- met een kleidek;

- beekeerdgronden met uitzondering van de beekeerdgronden (zeezanden) op de kaartbladen 24O25W, 30W30O, 19W;

Leemgronden.
Lage enkeerdgronden met uitzondering van de lage enkeerdgronden (zeezanden) op de kaartbladen 30W30O, 19W.
Vechtdalgronden.
Moerige eerdgronden.

1607 Afgegraven kleigronden.
Geëgaliseerde en verwerkte kleigronden.
Kreekbeddingen.
Tuineerdgronden.
Gorsvaaggronden.
Zeekleigronden.
Kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden.
Moerige gronden:
- plaseerdgronden;
- broekeerdgronden.

1608 Kalkhoudende zandgronden.
Kalkhoudende enkeerdgronden.
Lage enkeerdgronden op de kaartbladen 30W30O, 19W (zeezanden).
Beekeerdgronden op de kaartbladen 24O25W, 30W30O, 19W (zeezanden).

NATUUR

1609 Alle gronden met bodemgebruik 'natuur' volgens ALBOS-bestand.

STRATIFICATIE GT III

Oppervlakte op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is 464702 ha.
(95,1% bodemgebruik cultuur; 4,9% bodemgebruik natuur).

CULTUUR + NATUUR

1701 Madeveengronden met veenmosveen tot >120 cm.
Meerveengronden met veenmosveen tot >120 cm.
Vlierveengronden met veenmosveen tot >120 cm.
Veengronden met in de ondergrond zand met een humuspodzol.
Moerige podzolgronden.

1702 Venige beekdalgronden.
Veengronden met tot >120 cm zeggeveen, rietzeggeveen, mesotroof broekveen.
Weideveen- waardveen- en koopveengronden met tot >120 cm veenmosveen.
Veengronden met zavel of klei in de ondergrond.
Veengronden met in de ondergrond zand zonder humus-podzol.
Moerige eerdgronden.

1703 Veldpodzolgronden.
Laarpodzolgronden.
Gooreerdgronden
Keileemgronden.

1704 Kleiige beekdalgronden.
Zandige beekdalgronden.

Vechtdalgronden.
Lage enkeerdgronden.
Leemgronden.
Rivierkleigronden:
- poldervaaggronden, zavel en lichte klei op zand, kalkloos op de kaartbladen 34W, 34O35W;
- poldervaaggronden, zware zavel en lichte klei, homogeen of aflopend (profielverloop 5), kalkloos op de kaartbladen 34W, 34O35W;
- Leek-/woudeerdgronden, zavel op zand en aflopend op de kaartbladen 28O29W, 34W, 34O35W;
- Leek-/woudeerdgronden, klei met zware laag of ondergrond op de kaartbladen 28O29W, 34W, 34O35W.

Kalkloze zandgronden:
- beekeerdgronden met een kleidek;
- vlakvaaggronden met een kleidek.

Leemgronden.

1705 Geëgaliseerde en verwerkte zeekleigronden.
Kreekbeddingen.
Overslaggronden.
Zeekleigronden Wieringermeer.
Tuineerdgronden, zavel en klei.
Kalkhoudende zandgronden.
kalkhoudende enkeerdgronden.
Lage enkeerdgronden op de kaartbladen 24O25W, 26O, Terschelling.
Zeekleigronden.
Kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden.
Plaseerdgronden.
Broekeerdgronden.
Kalkloze zandgronden:
- vlakvaaggronden op de kaartbladen 06W02O, 06O02O, 11W, 14W, 15W15O,19W, 27W, 36O, 42W42O, 47O48W, 43O, Waddeneilanden.

1706 Rivierkleigronden (met uitzondering van de rivierkleigronden in beekdalen zoals omschreven in stratum 1704).
Oude rivierkleigronden.

STRATIFICATIE GT IV

Oppervlakte op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is 151311 ha.
(97,5% bodemgebruik cultuur; 2,5% bodemgebruik natuur).

CULTUUR

1801 Humuspodzolgronden (met uitzondering van de IJsselmeerpolders).
Kalkloze zandgronden:
- gooreerdgronden (met uitzondering van de zeezanden van stratum 1806).

Enkeerdgronden (met uitzondering van de zeezanden op de kaartbladen 14W, 15W15O, 16W, 19W, 24O25W, 30W30O.

1802 Kalkloze zandgronden:
- beekeerdgronden (met uitzondering van de zeezanden van stratum

1806);
- vlakvaaggronden (met uitzondering van de zeezanden van stratum 1806).

Rivierkleigronden in beekdalen (kaartbladen 22O, 28O29W).
Kleiige- venige- en zandige beekdalgronden.

1803 Veengronden.
Moerige gronden.

1804 Zeekleigronden.
Tuineerdgronden.

1805 Overslaggronden.
Rivierkleigronden (met uitzonderring van de rivierkleigronden in beekdalen op de kaartbladen 22O, 28O29W).
Oude rivierkleigronden.

1806 Zeekleigronden Wieringermeer.
Kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden.
Kalkhoudende zandgronden.
Veldpodzolgronden in de IJsselmeerpolders.
Enkeerdgronden (in de zeezanden op de kaartbladen 14W, 15W15O, 16W, 19W, 24O25W, 30W30O).
Kalkloze zandgronden (in de zeezanden; overwegend beekeerd- en vlakvaaggronden op de kaartbladen 14W, 15W15O, 16W, 19W, 24O25W, 30W30O).

NATUUR

1807 Alle gronden met bodemgebruik 'natuur' volgens ALBOS-bestand.

STRATIFICATIE GT V

Oppervlakte op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is 502608 ha.
(93,9% bodemgebruik cultuur; 6,1% bodemgebruik natuur).

CULTUUR

1901 Veldpodzolgronden, leemarm en zwaklemig fijn zand (incl. afgegraven, opgehoogd en verwerkt).

1902 Veldpodzolgronden, lemig fijn zand (incl. afgegraven, opgehoogd en verwerkt).

1903 Laarpodzolgronden:
- leemarm en zwaklemig fijn zand (incl. verwerkt);
- lemig fijn zand (incl. opgehoogd en verwerkt).

1904 Veldpodzolgronden met:
- grind in de ondergrond;
- een kleidek;
- rodoornige bovengrond.

1905 Keileemgronden.
Oude kleigronden.
Veldpodzolgronden met in de ondergrond:
- keileem;
- oude klei.

Moderpodzolgronden met in de ondergrond keileem.
Laarpodzolgronden met in de ondergrond:
- keileem;
- oude klei.

1906 Venige beekdalgronden.
Zandige beekdalgronden.
Kleiige rodoornige Vechtdalgronden.
Kalkloze zandgronden:
- beekeerdgronden;
- vlakvaaggronden, rodoornig en/of met een kleidek.

Rivierkleigronden, kalkloze rodoornige zavel en lichte klei op zand.

1907 Hoge enkeerdgronden.

1908 Veengronden.
Moerige gronden.

1909 Tuineerdgronden op zand of aflopend.
Zeekleigronden:
- poldervaaggronden, lichte zavel op zand;
- poldervaaggronden, zware zavel op zand;
- poldervaaggronden, zavel op zand.

1910 Zeekleigronden:
- poldervaaggronden, lichte zavel, homogeen of aflopend (profielverloop 5);
- podervaaggronden, zware zavel, homogeen of aflopend (profielverloop 5);
- poldervaaggronden, zavel, homogeen of aflopend (pofielverloop 5).

1911 Zeekleigronden:
- poldervaaggronden, lichte klei, homogeen of aflopend (profielverloop 5).

1912 Zeekleigronden die niet onder stratum 1909, 1910, 1911, 1916, 1917 vallen.

1913 Rivierkleigronden (met uitzondering van de poldervaaggronden: zavel en lichte klei op zand, kalkloos, rodoornig; zware klei bovengrond).

1914 Oude rivierkleigronden.

1915 Kalkhoudende zandgronden.
Kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden.

1916 Zeekleigronden met een kleibovengrond en een zware klei tussenlaag of zware klei ondergrond.

1917 Zeekleigronden met een zware klei bovengrond.

1918 Zeekleigronden met een klei bovengrond en homogeen of aflopend (profielverloop 5).

1919 Rivierkleigronden:
- poldervaaggronden met een zware klei bovengrond.

1920 Kalkloze zandgronden:
- vlakvaagronden (met uitzondering van de rodoornige en/of met een kleidek.

NATUUR

1921 Alle gronden met bodemgebruik 'natuur' volgens ALBOS-bestand.

STRATIFICATIE GT VI

Oppervlakte op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is 765266 ha.
(93,3% bodemgebruik cultuur; 6,7% bodemgebruik natuur).

CULTUUR

2001 Veldpodzolgronden, leemarm en zwaklemig fijn zand (incl. afgegraven, opgehoogd en verwerkt).

2002 Podzolgronden die niet aan de omschrijving van strata 2001, 2003, 2015, 2016 voldoen.
Kalkloze zandgronden met ijzerhuidjes.

2003 Gronden met keileem of oude klei in de ondergrond.
Keileemgronden.
Oude kleigronden.

2004 Kleiige beekeerdgronden.
Rivierkleigronden: poldervaaggronden, zavel en lichte klei op zand, kalkloos.
Zandige Vechtdalgronden.
Kalkloze zandgronden.

2005 Hoge enkeerdgronden.

2006 Veengronden (met uitzondering van de veengronden met een zavel of kleidek).
Moerige gronden (met uitzondering van de moerige gronden met een zavel of kleidek).

2007 Veengronden met een zavel of kleidek.
Moerige gronden met een zavel of kleidek.

2008 Zeekleigronden Wieringermeer, zand en lichte zavel.
Tuineerdgronden in het zeekleigebied op de kaartbladen 14O15W, 14W, 19O20W, 19W, 27W, 26O, Texel.
Zeekleigronden:
- lichte zavel op zand;
- zware zavel op zand;
- zavel op zand.

2009 Zeekleigronden Wieringermeer, zand en zavel.
Geëgaliseerde en verwerkte zeekleigronden zonder veen, zware zavel en lichte klei.
Zeekleigronden:
- lichte klei, homogeen of aflopend (profielverloop 5);
- zware zavel, homogeen of aflopend (profielverloop 5);
- zavel, homogeen of aflopend (profielverloop 5).

2010 Zeekleigronden: poldervaaggronden, lichte klei, kalkrijk, homogeen of aflopend (profielverloop 5).

2011 Zeekleigronden die niet bij de strata 2008, 2009, 2010 ingedeeld o.a:
- drechtvaaggronden;
- poldervaaggronden met en klei of zware klei bovengrond;
- poldervaaggronden met een tussenlaag en/of ondergrond van zware klei.

2012 Overslaggronden.
Mengelgronden.
Rivierkleigronden (met uitzondering van poldervaaggronden, zavel en lichte klei op zand, kalkloos).

2013 Oude kleibrikgronden.

Oude rivierkleigronden.

2014 Zeekleigronden Wieringermeer zand al dan niet met een zavel of kleidek.
Kalkhoudende zandgronden.
Kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden.

2015 Velpodzolgronden, lemig fijn zand (incl. afgegraven, opgehoogd, en verwerkt).

2016 Laarpodzolgronden, leemarm en zwaklemig fijn zand (incl. afgraven, opgehoogd en vewerkt).
Laarpodzolgronden, lemig fijn zand (incl. afgegraven, opgehoogd en verwerkt).

NATUUR

2017 Alle kaarteenheden met bodemgebruik 'natuur' volgens ALBOS-bestand.

STRATIFICATIE GT VII

Oppervlakte op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is 535012 ha.
(59,1% bodemgebruik cultuur; 40,9% bodemgebruik natuur).

CULTUUR + NATUUR

2101 Veldpodzolgronden, leemarm en zwaklemig fijn zand (incl. afgegraven, opgehoogd en verwerkt).

2102 Veldpodzolgronden, lemig fijn zand (incl. afgegraven, opgehoogd en verwerkt).

2103 Laarpodzolgronden.
Veldpodzolgronden (die niet tot stratum 2101, 2102, 2103 behoren) nl.:
- veldpodzolgronden, grof zand;
- veldpodzogronden met een kleidek;
- veldpodzolgronden met een zanddek;
- veldpodzolgronden met grind in de bovengrond;
- veldpodzolgronden met grof zand en/of grind in de ondergrond;
- veldpodzolgronden met keileem of oude klei in de ondergrond.

Beekeerdgronden.
Veengronden.
Moerige gronden.
Gooreerdgronden.

2105 Hoge bruine enkeerdgronden.

2106 Hoge zwarte enkeerdgronden, leemarm en zwaklemig.

2107 Hoge zwarte enkeerdgronden, lemig fijn zand.

2108 Enkeerdgronden, grof zand.

2109 Haarpodzolgronden, leemarm, zwaklemig fijn zand en lemig zand.

2110 Moderpodzolgronden, leemarm, zwaklemig fijn zand en lemig zand.

2111 Zeekleigronden.

2112 Rivierkleigronden.
Oude rivierkleigronden.

2113 Oude kleibrikgronden
Leemgronden.
Zandbrikgronden.

2114 Kalkhoudende zandgronden:
- beekeerdgronden;
- vlakvaaggronden;
- vorstvaaggronden.

Kalkhoudende bijzonder lutumarme gronden.

2115 Kalkloze zandgronden:
- vorstvaaggronden.

2116 Kalkhoudende zandgronden:
- duinvaaggronden.

2117 Kalkloze zandgronden:
- duinvaaggronden;
- akkereerdgronden.

2118 Moderpodzolgronden, grof zand.
Haarpodzolgronden, grof zand.
Kampodzolgronden, grof zand.

Associaties van Gt's

Oppervlakte op de Bodemkaart van Nederland 1 : 50 000 is 140000 ha.
(83,7% is in een populatie opgenomen en 16,3% maakt geen deel uit van een populatie).

CULTUUR + NATUUR

22 Gronden met Gt associatie I/II
Oppervlakte op de bodemkaart is 4440 ha.

23 Gronden met Gt associatie II/III
Oppervlakte op de bodemkaart is 19149 ha.

24 Gronden met Gt associatie III/IV
Oppervlakte op de bodemkaart is 6091 ha.

25 Gronden met Gt associatie III/V
Oppervlakte op de bodemkaart is 17179 ha.

26 Gronden met Gt associatie III/VI
Oppervlakte op de bodemkaart is 16115 ha.

27 Gronden met Gt associatie IV/VI
Oppervlakte op de bodemkaart is 14189 ha.

28 Gronden met Gt associatie V/VI
Oppervlakte op de bodemkaart is 18133 ha

29 Gronden met Gt associatie V/VII en V/VI/VII
Oppervlakte op de bodemkaart is 6246 ha.

30 Gronden met Gt associatie VI/VII
Oppervlakte op de bodemkaart is 15651 ha.

Aanhangsel 2 Steekproeven in legenda-eenheden

Hoofdklasse Veengronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
V1	*o*hVc	1180	45		6
V2	hVc	10909	94		6
V3	aVz	6354	61		6
V4	pVb	16105	81		6
V5	kVs	14308	100		6
V6	kVr	1580	99		3
V7	kVk	2434	100		3
V8	*d*Vd	862	73		3
V9	iVz	12268	91		6
V10	iVp	6865	91		6

Hoofdklasse Moerige gronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
W1	zWp	10317	67		6
W2	vWz	13076	60		6
W3	Wo *d*Wo *d*Wo*l* Wo*l*	9017	99		6

Hoofdklasse Podzolgronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
Y1	Y21 Y23	8198	60		6
H1	Hn21	191339	71		6
H2	Hn23 Hn23*x*	52690	81		6
H3	cHn21 cHn23	63787	74		6
H4	Hd21 Hd23	23379	63		6
H5	Y30 *g*Y30 Hd30 *g*Hd30 Hn30 *g*Hn30	50706	61		6
H6	Y21F *g*Y30F Hd21F *g*Hd30F	37031			6
H7	Hn21F Hn23F *g*Hn30F	24016			6

Hoofdklasse Brikgronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
B1	BLh5 Blh6 BLd5 BLd6 BLd6*d*	7206	87		2
B2	BLb6	1225	100		1
B3	BKh25 BKh26 BKd25 BKd26	3637	82		2

Hoofdklasse Dikke eerdgronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha.)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
E1	bEZ21 bEZ23	20283	96		6
E2	nEZ30 zEZ30*g*	5676	63		6
E3	zEZ21 zEZ23	118876	90		6
E4	EZ50A	4941	99		3
E5	EK19	2841	85		3

Hoofdklasse Kalkloze zandgronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
pZ1	pZg21	17446	67		6
pZ2	pZg23	53051	55		6
pZ3	pZn21 pZn23	961	65		6
pZ4	tZd21 tZd21*g* tZd23*g* cZd21 cZd21*g* cZd23	9782	94		3
pZ5	Zn21 *fk*Zn23	6333	77		3
pZ6	Zd21	51368	39		6
pZ7	Zb21 Zb23	12732	89		6
pZ8	pZn30	1087	92		3
pZ9			47		3

Hoofdklasse Kalkhoudende zandgronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
ZA1	*u*Zn10A*w* Zn10A Zn10A*w* Zn10a*v*	2036	83		3
ZA2	Zn40A *n*Zn40A	4144	68		3
ZA3	Zn50A Zn50Ab *n*Zn50A *n*Zn50Ab	8694	72		6
ZA4	Zd20A Zd20Ab Zb20A	12528	100		6
ZA5	Zn30A Zn30Ab	2416	88		3

Hoofdklasse Bijzonder lutumarme gronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
SA1	Sn13A *n*Sn13A	1566	38		3

Hoofdklasse Niet-gerijpte minerale gronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
MO1	MOo2 MOo5	6312	100		3
MO2	MOb12 MOb15 MOb72 MOb75	4980	100		3

Hoofdklasse Zeekleigronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
pM1	pMo50 pMo50*l* pMo80 pMo80*l*	7526	96		6
pM2	pMn85A	6051	93		6
pM3	pMn85C	6187	99		6
pM4	pMn86C	3331	68		6
pM5	pMn55C	1327	82		6
M1	Mo80A *e*Mo80A Mo80C	2374	59		6
M2	Mv41C *e*Mv41C	21402	86		6
M3	Mn12A Mn12*p*A Mn22A Mn22*p*A	9628	96		6
M4	*g*Mn83C	15817	89		6
M5	kMn48C	7411	70		6
M6	Mn86C	1991	33		6

M7	Mn15A *b*Mn15A	44082	93		6
M8	Mn25A *e*Mn25A *b*Mn25A	52916	92		6
M9	Mn35A *e*Mn35A *b*Mn35A	54991	87		6
M10	Mn45A *e*Mn45A *b*Mn45A	22750	89		6
M11	Mn15C *b*Mn15C	12031	94		6
M12	Mn25C *b*Mn25C	5494	81		6
M13	Mn85C *b*Mn85C	8668	69		6
M14	gMn85C	9354	97		6
M15	Mo10A Mo20A	1761	56		6

Hoofdklasse Rivierkleigronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
R1	pRv81	3605	100		6
R2	pRn86G *e*pRn86G	910	62		6
R3	pRn59	652	35		6
R4	Rv01C *e*Rn01C	24256	99		6
R5	Ro60A	308	100		6
R6	Rn52AG	5310	76		6
R7	*e*Rn66A Rn66A	5696	86		6
R8	*e*Rn95A Rn95A	20326	91		6
R9	Rn62C Rn62C*p*	8213	75		6
R10	Rn67C	17595	88		6
R11	*e*Rn47C Rn47C	22656	82		6
R12	Rn44C	18786	63		6
R13	Rd10A	12107	97		6
R14	Rd90A	23858	99		6
R15	Rd90C	11308	97		6
R16	Rn95C	12643	90		6

Hoofdklasse Oude rivierkleigronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
KR1	pKRn1 pKRn1*g* KRn1 KRn1*g*	8149	89		6
KR2	pKRn2 pKRn2*g* pKRn8 KRn2 KRn2*g* KRn8 KRn8*g*	8996	92		6
KR3	KRd1 KRd7	4769	76		6

Hoofdklasse Ondiepe keileem en overige Oude kleigronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
KX1	KX *m*KX	3322	98		6

Hoofdklasse Leemgronden

Steekproef	Populatie	Oppervlakte (ha)	Oppervlakte (% v.d. legenda-eenheid)	Steekproef-omvang	Strata
L1	pLn5 pLn5*d* pLn6*d*	2912	76		6
L2	Ln5	2049	81		6
L3	Lh5 Lh6*d* Ld5 Ld6 Ld6*d*	2965	68		6

Aanhangsel 3 Gemiddelde, spreiding van fosfaatbindend vermogen en parameters van het semi-variogram voor de verschillende Gt's

	Gt II	Gt III	Gt IV	Gt V	Gt VI	Gt VII
FBV	in kg P_2O_5 per ha					
n-profielen	99	219	59	189	279	223
gemiddelde	10 124	13 028	16 496	10 003	20 914	58 765
mediaan	8 544	9 504	14 265	9 337	20 214	48 292
minimum	838	604	2 212	560	4 677	6 422
maximum	46 651	84 842	53 971	70 754	58 778	225 281
sd	7 893	11 652	1 056	6 659	7 999	39 068
sem	793	787	1 376	484	479	2 616
vc	78%	89%	64%	67%	38%	66%
Semi-variogram						
model	exponential	exponential	spherical	exponential	spherical	spherical
nugget	26.5 10^6	96.6 10^6	77 10^6	15.4 10^6	36.9 10^6	94.7 10^7
sill	71.5 10^6	209.6 10^6	87.2 10^6	55.9 10^6	45.7 10^6	206.7 10^7
range	42.5 10^3	25.6 10^3	4.25 10^3	33.3 10^3	4.28 10^3	7.12 10^3
ssd/sst	0.548	0.322	0.630	0.526	0.420	0.305
klassen	8 x 10 km	20 x 3 km	4 x 2 km	20 x3 km	6 x2 km	8x1.5km