

Vooronderzoek Gelders meetnet bodemkwaliteit

Advies

P. del Castillo & J. Bril

ab-dlo

Het DLO-Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) is onderdeel van de Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij.

DLO heeft tot taak het genereren van kennis en het ontwikkelen van expertise ten behoeve van de beleidsvoorbereiding en -uitvoering van het Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, het bevorderen van de primaire landbouw en de agrarische industrie, het inrichten en beheren van het landelijk gebied, en het beschermen van natuur en milieu.

AB-DLO heeft tot taak het verrichten van zowel fundamenteel-strategisch als toepassingsgericht onderzoek en is gepositioneerd tussen het fundamentele basisonderzoek van de universiteiten en het praktijkgerichte onderzoek op proefstations.

Het onderzoek van AB-DLO is gericht op:

- het bevorderen van de duurzaamheid en kwaliteit van de plantaardige productie;
- het duurzaam gebruik van land, water en energie;
- het ontwikkelen van landbouwsystemen binnen kaders van multifunctioneel landgebruik.

Met deze activiteiten draagt het instituut bij aan de oplossing van vraagstukken rond een efficiënt beheer van stof- en energiestromen in agroproductieketens, de ecologisering van de primaire productie, de regionale en mondiale voedselvoorziening en het multifunctioneel gebruik van de groene ruimte.

Het onderzoek is ondergebracht in drie thema's:

- Kwaliteit: kwaliteit van plantaardige productie en product
- Milieu: de kwaliteit van de milieucompartmenten bodem en biosfeer
- Duurzaamheid: duurzame landbouw binnen kaders van multifunctioneel landgebruik.

Kernexpertises van het AB-DLO zijn: plantenfysiologie, bodembioïologie, bodemchemie en -fysica, nutriëntenbeheer, gewas- en onkruidecologie, graslandkunde en agrosysteemkunde.

Adressen

Vestiging Wageningen:

Postbus 14, 6700 AA Wageningen

tel. 0317-475700

fax 0317-423110

e-mail postkamer@ab.agro.nl

Vestiging Haren:

Postbus 129, 9750 AC Haren

tel. 050-5337777

fax 050-5337291

e-mail postkamer@ab.agro.nl

Inhoud

	pagina
Samenvatting	1
1. Inleiding en doel	3
2. Vraagstelling en onderzoeksopzet	5
3. Uitvoering	7
3.1. Selectie van de percelen	7
3.2. Monsternemingstechniek en -strategie	7
3.3. Fysisch-chemische analyses	8
3.4. Modellerings	8
4. Resultaten van het vooronderzoek 1995-1996	11
4.1. Uitkomsten van de metingen	11
4.2. Statistische aspecten	12
4.3. Speciatieberekeningen en stoftransport	13
5. Discussie	25
6. Conclusies	27
6.1. Bodemoplossing	27
6.2. Bodem	28
6.3. Modelberekeningen	28
7. Aanbevelingen	29
8. Referenties	31
Bijlage 1. Kaart 1. Ligging van de percelen in de Graafschap	33
Bijlage 2. Standaardpakketten analyses voor bodem en bodemvocht	35
Bijlage 3. Meetuitkomsten van vaste fase van de bodem bij zes percelen op drie diepten	37
Bijlage 4. Meetuitkomsten van het bodemvocht van diverse locaties	39
Bijlage 5. Berekende binnen- en tussenvariëaties van gemeten chemische parameters in bos, grasland en bouwland	41
Bijlage 6. Berekende variatie van het gemiddelde van chemische parameters in bodemvocht	43
Bijlage 7. Berekende variatie van parameters in de vaste fase van de bodem	45

Samenvatting

De haalbaarheid van een bodemkwaliteitsmeetnet in het kader van verspreiding, vermesting en verzuring is onderzocht. Bij het meetnet spelen behalve parameters in de vaste fase van de bodem ook parameters in de bodemoplossing van de laag 60-90 cm beneden het maaiveld in winter/voorjaar een rol. Daarnaast wordt om de uitspoeling per jaar te bepalen het model SEKTRAS gebruikt. De concentraties in het bodemvocht, de bodemkenmerken en het berekende neerslagoverschot leveren tezamen via bodem-fysisch-chemische evenwichtsberekeningen de uitspoeling. Er worden mede op grond van statistische berekeningen aanbevelingen gedaan over de te volgen monsternemingstrategie en metingen om temporele variaties in de vaste fase en in de bodemoplossing met significantie aan te tonen.

1. Inleiding en doel

De overheid stelt belang in kennis over de ontwikkeling van de bodemkwaliteit. Daartoe zijn door diverse provincies en het rijk verscheidene meetprogramma's gestart. De provincie Gelderland overweegt de toekomstige ontwikkeling van de bodemkwaliteit te volgen in het kader van vermesting, verzuring en verspreiding. Om de haalbaarheid van zo'n bodemkwaliteitsmeetnet vast te stellen heeft de provincie aan AB-DLO onderzoekopdrachten verleend, opdrachtnummer MW94.83892-6023008 (opdrachtverleningen in 1994 en 1995). Het onderzoek richtte zich op de inrichting van een meetnet, en bestaat uit:

- a) optimalisatie van de monsterneming(strategie) en metingen; en
- b) vaststellen van de waarde van toepassing van fysisch-chemische modellering.

2. Vraagstelling en onderzoeksopzet

De vraag was of een Gelders meetnet bodemkwaliteit haalbaar is dat berust op kennis van: gehalten in de vaste fase en concentraties en/of chemische activiteiten in de bodemoplossing op 60-90 cm diepte. Daarbij wordt bepaald of met de gekozen monsterneming, strategie en analyses een mogelijke verandering binnen een periode van 10 jaar in bodem(vocht)kwaliteit significant kan worden aangetoond. De opgeloste nutriënten en zware metalen in het bodemvocht van de laag 60-90 cm in winter-voorjaar kunnen als uitgespoeld worden beschouwd. Samen met hydrologische en bodem-fysisch-chemische gegevens wordt de jaarlijkse uitspoeling geschat. Het meetnet omvat ook andere parameters dan nutriënten en zware metalen. Dit betreft parameters die mede van belang kunnen zijn voor de bodemkwaliteit, zoals opgeloste organische stof, anorganische zouten en de zuurgraad van het bodemvocht.

3. Uitvoering

3.1. Selectie van de percelen

Locatiekeuze

Door de plaats van de te bemonsteren percelen zorgvuldig te kiezen kan inzicht worden verkregen in de ruimtelijke variatie in de factoren die van invloed zijn op de bodemkwaliteit en de trendmatige veranderingen hierin. Ruimtelijke factoren die hierbij een rol kunnen spelen zijn onder andere bodemgebruik, bodemeigenschappen, grondwaterstand, verontreinigingsbronnen en neerslagoverschot. Met deze factoren is een ruimtelijke combinatie-analyse ('overlaying') toegepast. Hiermee is het proefgebied ingedeeld in een aantal karakteristieke deelgebieden (Project Bodnet, 1994).

Omdat dit vooronderzoek zich met name richt op de toepasbaarheid van bodemvochtmetingen zijn karakteristieke deelgebieden met een hoge grondwaterstand uitgesloten en resteren alleen gebieden met een lage grondwaterstand: bouwland (maïs) op hoge esgrond (tien percelen), grasland op hoge zandgrond (tien percelen) en bos op hoge zandgrond (elf percelen). Op kaart (Bijlage 1) is de ligging van de percelen weergegeven.

3.2. Monsternemingstechniek en -strategie

Monsternemingstechniek

Vaste fase van de bodem

Er is gebruik gemaakt van gangbare methoden. Voor het chemisch onderzoek wordt een cilindrische steekboor gebruikt waarbij circa 150 gram grond per steek wordt verkregen. Voor de bepaling van het porievolume wordt een ringsteekboor gebruikt met een ring-inhoud van 100 ml.

Bodemoplossing

Het nemen van bodemmonsters voor bodemvocht is op twee manieren gedaan: gestoken cilinders of mengmonsters. De gestoken cilinders of mengmonsters grond (beide ca. 100 ml) worden gecentrifugeerd gedurende 15 minuten bij 2000 g. Het uitgeslingerde vocht (centrifugaat) wordt via een papierfilter (niet-zuur MN680M filter, Machery en Nagel Co, Düren) in een kunststofkuipje onderin de centrifugebuis verzameld. Bij eenmaal centrifugeren wordt circa 10 tot 15 ml vocht verkregen. Er dient per veld ongeveer 70 ml te worden verzameld om het gehele analysepakket in duplo te kunnen doen. De centrifugaten worden gefiltreerd over een membraan met een poriediameter van 0.45 µm. Direct na filtratie worden pH, opgelost koolstof en elektrische geleidbaarheid gemeten. Overige parameters worden zo spoedig mogelijk gemeten (in koelkast bewaarde monsters).

Monsternemingstrategie

Er zijn per combinatie land-landgebruik circa 10 percelen, dan wel perceelsgedeelten, met een oppervlak van maximaal 0.5 ha, tenminste in duplo bemonsterd.

Voor bodemvochtanalyses werden 20 steken per perceel op een diepte van 60 tot 90 cm-mv genomen. Dit sluit aan op de strategie van Van Grinsven & De Vries (1990), die wordt aanbevolen door CSO (Provinciale Bodemkwaliteitsmeetnetten, 1991). Periode van bemonstering januari/februari 1995.

Voor grondanalyses werden bij zes percelen (twee bos, twee akker en twee gras gekozen uit bovenstaande percelen) 40 steken per perceel genomen op elk van de drie dieptes: laag 0-30, laag 30-60 en laag 60-90 cm -mv. Dit aantal steken per perceel komt overeen met de keuze bij het abiotisch Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit van het RIVM. Periode van bemonstering maart 1995.

3.3. Fysisch-chemische analyses

De standaardpakketten analyses voor bodem en bodemvocht zijn in duplo uitgevoerd (zie bijlage 2). Het porievolume wordt bepaald door het gemiddelde van tien ringmonsters per veld te berekenen (volgens NEN 5781)

3.4. Modellering

Speciatieberekeningen

Bij de speciatieberekeningen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd bij de beschrijving van de organische en anorganische complexatie.

Anorganische complexatie

Complexatieconstanten zijn afkomstig uit Sposito & Mattigod (1980). Er is alleen rekening gehouden met OH⁻, Cl⁻ - en SO₄²⁻ - complexen. Om de complexatie adequaat te beschrijven dienen activiteitscorrecties voor ionsterkteverschillen te worden gemaakt. Daarbij wordt de ionsterkte (I) uit de elektrische geleidbaarheid (EC) berekend met de volgende empirische formule:

$$\text{Ionsterkte } I = 1.3 * 10^{-5} * \text{EC } (\mu\text{S cm}^{-1})$$

De activiteitscoëfficiënt γ_z (correctie voor de activiteit) wordt met de Davies-vergelijking berekend.

$$\log \gamma_z = -0.509 * z^2 * ((1+\sqrt{I})^{-1} \sqrt{I} - 0.3 * I), \text{ waarbij}$$

z = lading ion, en

γ = activiteitscoëfficiënt voor het ion.

Organische complexatie

Voor opgeloste humuszuren wordt gesteld dat per mol humuszuur (twee-basisch H_2DOC) 180 gram koolstof aanwezig is. De hieronder vermelde complexatieconstanten van het humuszuur zijn ontleend aan Reinds et al. (1995) en Römken et al. (1996).

H_2DOC	\Leftrightarrow	$HDOC$	+	H^+	$\log K = -4.4$
$HDOC$	\Leftrightarrow	DOC^{2-}	+	H^+	$\log K = -9.5$
$CaHDOC^+$	\Leftrightarrow	$HDOC$	+	Ca^{2+}	$\log K = -3.6$
$CaDOC$	\Leftrightarrow	DOC^{2-}	+	Ca^{2+}	$\log K = -6.0$
$Al(OH)_2DOC^+$	\Leftrightarrow	DOC^{2-}	+	$Al(OH)_2^+$	$\log K = -11.0$
$CuHDOC^+$	\Leftrightarrow	$HDOC$	+	Cu^{2+}	$\log K = -5.5$
$CuDOC$	\Leftrightarrow	DOC^{2-}	+	Cu^{2+}	$\log K = -10.75$
$CdHDOC^+$	\Leftrightarrow	$HDOC$	+	Cd^{2+}	$\log K = -3.8$
$CdDOC$	\Leftrightarrow	DOC^{2-}	+	Cd^{2+}	$\log K = -7.2$
$ZnHDOC^+$	\Leftrightarrow	$HDOC$	+	Zn^{2+}	$\log K = -4.0$
$ZnDOC$	\Leftrightarrow	DOC^{2-}	+	Zn^{2+}	$\log K = -7.5$
$PbHDOC^+$	\Leftrightarrow	$HDOC$	+	Pb^{2+}	$\log K = -5.0$
$PbDOC$	\Leftrightarrow	DOC^{2-}	+	Pb^{2+}	$\log K = -10.0$

Stoftransport

In het bovenstaande is aangegeven hoe binnen het in ontwikkeling zijnde model SEKTRAS (afgeleid van het model CHARON, WL Delft) om stoftransport te berekenen de speciatie wordt berekend. Totaal opgelost gehalte, de speciatie en chemische reacties in het bodemvocht en aan het oppervlak van de bodemdeeltjes in combinatie met een berekend gemiddeld neerslagoverschot voor een jaar maken een schatting mogelijk van de uitspoeling in een jaar.

Met het model SEKTRAS wordt de samenstelling via chemisch-evenwichtsberekeningen van opeenvolgende bodemlagen van 5 cm berekend (20 lagen per meter). Zo worden concentratieprofielen (vaste en vloeibare fase) en fluxen (intern en extern) berekend.

SEKTRAS houdt rekening met de volgende processen:

1. Chemische evenwichtsprocessen:
 - kationenuitwisseling,

- neerslag en oplossing van zouten,
- ad- and desorptie van kat- en anionen aan variabele ladingsoppervlakken,
- complexatie in oplossing (anorganische en organische complexering).

2. Plantfactoren.

Bij de huidige berekeningen is van het bovenstaande gebruik gemaakt. Daarbij zijn kinetische processen die met plantengroei, of organische-stof- en temperatuur-afhankelijke processen te maken hebben en onderdeel uitmaken van de mogelijkheden van SEKTRAS, voor maïs en gras mede beschouwd. Immers bij de berekening van het stoftransport is het huidig gehanteerde uitgangspunt (SC-DLO, W. de Vries, persoonlijke mededeling) dat de concentraties in het bodemvocht tijdens de periode winter-voorjaar representatief zijn voor het hele jaar, zodat deze na vermenigvuldiging met het berekende neerslagoverschot het gewenste resultaat leveren.

Met behulp van een eenvoudig hydrologisch model wordt uit weersgegevens (temperatuur en neerslag; bij het huidig onderzoek van het KNMI-station Wageningen over de periode 1954-1996) en wateronttrekkingsgegevens per gewas (maïs, gras) het gemiddelde neerslagoverschot berekend. Uit het product van de concentratie van de opgeloste stoffen in de laag 60-90 cm -mv en het overschot volgt de hoeveelheid uitgespoelde stoffen. Daarbij wordt aangenomen dat de componenten in de laag 60-90 cm in januari/februari niet terugkeren naar de bovengrond en dus per definitie zijn uitgespoeld.

De meteorologische en hydrologische gegevens die worden gebruikt om de uitspoeling van stoffen te berekenen zijn samengevat in tabel 1.

Tabel 1. Meteorologische en hydrologische data gebruikt voor berekeningen.

	Grasland 1995	Grasland gemiddeld	Bouwland 1995	Bouwland gemiddeld	Bosgebied 1995	Bosgebied gemiddeld
Neerslag	98.0	76.5	98.0	76.5	98.0	76.5
Evapotranspiratie	54.0	49.5	54.0	49.5	63.0	55.5
Uitspoeling	44.0	27.0	44.0	27.0	35.0	21.0

4. Resultaten van het vooronderzoek 1995-1996

4.1. Uitkomsten van de metingen

De meetresultaten van vaste fase en bodemoplossing worden gegeven in Bijlagen 3 en 4.

Bodemvocht

Vermesting

De volgende parameters werden geanalyseerd: ammonium, nitraat, orthofosfaat, fosfor, organisch gebonden fosfor, chloride, sulfaat (gemeten als zwavel), natrium en kalium. Tussen bos- en landbouwpercelen was weinig verschil in ammonium of nitraat. Fosfor was verhoogd in de landbouwpercelen (vooral bouwland) vergeleken met bos. Chloride en sulfaat bleken in de bospercelen verhoogd, en kalium verlaagd t.o.v. het overig landgebruik.

Verzuring

Bos bleek gemiddeld een pH-eenheid zuurder te zijn dan akker- en grasland. Opgelost organisch koolstof was bij bos lager dan bij ander landgebruik. De EC (elektrische geleidbaarheid) was bij bos wat hoger dan bij bouwland en grasland.

Verspreiding

In bos bleken cadmium en zink tussen de streef- en interventiewaarde voor grondwater te liggen. In sommige bospercelen overtrof zink de interventiewaarde voor grondwater. Aluminium en mangaan bleken bij bos hogere concentraties te hebben dan bij bouwland en grasland. IJzer en koper waren daarentegen bij bouwland en grasland hoger dan bij bos. Onder bouwland en grasland werd voor koper de streefwaarde voor grondwater vaak overschreden.

Bodem

Algemeen

Er waren geen in het oog springende verschillen in porositeit van de bodem tussen de landgebruikstypen.

Verzuring

Het organische-stofgehalte was op de drie onderzochte dieptes lager voor bos dan voor gras- en bouwland. In de bovenste twee lagen waren lutum en kationuitwisselcapaciteit voor bos het laagst.

Vermesting

Stikstof- en fosforgehaltes waren op alle drie onderzochte dieptes lager voor bos dan voor gras- en bouwland. Oxalaatextraheerbaar P/(Fe+Al) en Pw-getal waren bij de agrarische percelen hoger dan bij bos.

Verspreiding

Alle gehalten lagen beneden de streefwaarden voor bodem van deze metalen. De hoogste gehalten werden in de toplagen aangetroffen.

4.2. Statistische aspecten

De uitkomsten van statistische berekeningen staan in Bijlagen 5, 6 en 7, en worden hieronder besproken.

Bodemvocht

De analyseresultaten hebben een eerste statistische verwerking ondergaan. Daarbij zijn de gemiddelde waarden en de variaties per perceel, en de gemiddelde waarden en variaties binnen een type bodemgebruik (bos, gras of akker) uitgerekend. Zie Bijlage 4 en 5 met "binnen-" en "tussen"-variaties. De meeste procentuele standaardafwijkingen van het gemiddelde liggen op een niveau van 10%. Er kunnen dus zowel voor bodemvocht van bos, als van gras- en akkerland, kleine verschillen in de gemiddelde concentraties van de "ver"-parameters in de tijd (trendanalyse) worden gedetecteerd wanneer uitgegaan wordt van minstens tien percelen per grondgebruik.

Uitschieters naar boven qua variatie van het gemiddelde in bodemvocht waren:

- ammonium onder bos (v.c. van het gemiddelde 28%),
- chloride onder bos (18%),
- kalium onder bos (16%),
- lood onder bos (17%),
- fosfaat onder bouwland (40%), en
- o-fosfaat onder gras- en bouwland (21 en 56%).

Bodem

Er werden gegevens verkregen op drie dieptes (0-30, 30-60 en 60-90 cm). Wegens het beperkte budget werden voor onderzoek van de vaste fase slechts twee percelen per type grondgebruik geselecteerd (twee bos-, twee gras- en twee akkerpercelen). De uitkomsten van de statistische berekeningen staan in bijlage 6. De variaties van de gemiddelde analyse-uitkomsten per landgebruik zijn mede daarom relatief hoog. Om de variatie te verkleinen dienen 10 tot 20 percelen per grondgebruikstype te worden geselecteerd.

Activiteit van zware metalen in de bodemoplossing

De activiteiten van zware-metaalionen in de bodemoplossing worden vaak beschouwd als maat voor te verwachten opname en/of effecten op biota. De ionenactiviteiten van de metalen in de bodemoplossing zijn berekend met het model CHARON, dat onderdeel uitmaakt van SEKTRAS. Bij de berekening van activiteiten worden complexstabiliteitsconsten uit de literatuur gebruikt en onder meer de gemeten pH, calcium-, en DOC-concentraties.

De variatiecoëfficiënten van de gemiddelde waarden van de onderscheiden typen landgebruik voor de metalen waren vergelijkbaar met die van de opgeloste-metaalconcentraties.

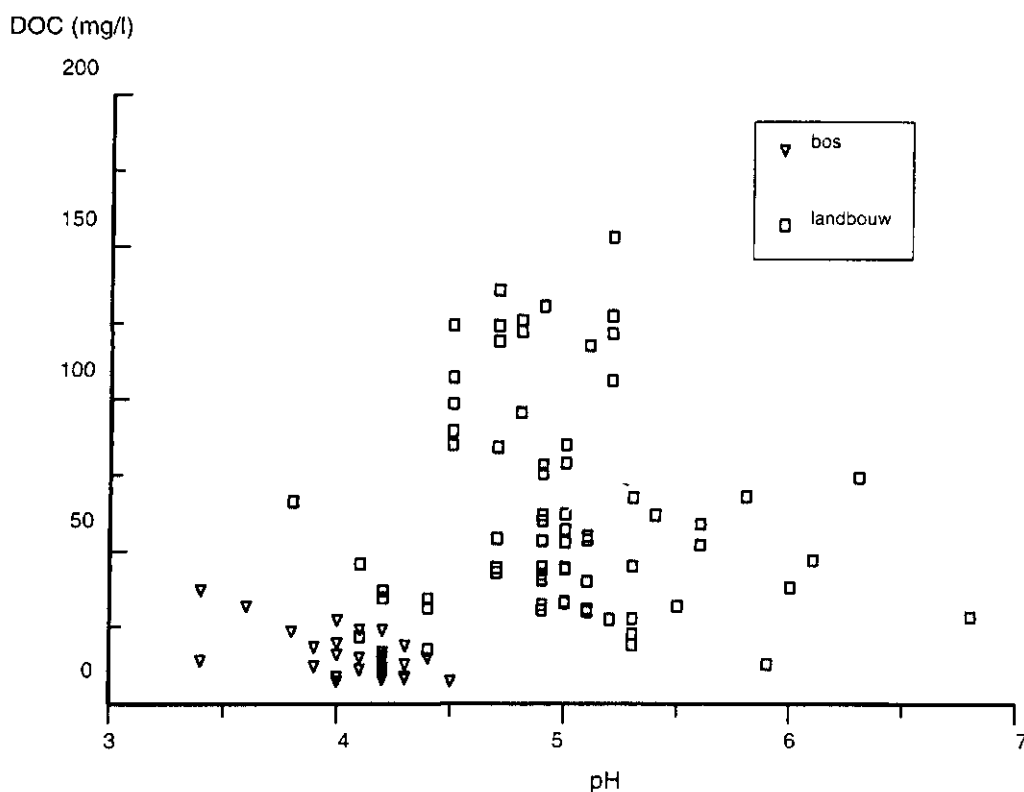
De berekende koperactiviteit in de bodemoplossing van bos was hoger dan bij akker en gras. Voor cadmium en zink komen de activiteiten vrijwel overeen met de opgeloste concentraties. Onder bos waren de koper-, cadmium- en zinkactiviteiten 8 tot 10 maal hoger dan bij akker of grasland. De aluminiumactiviteit was bij bos ongeveer 10 maal hoger dan bij landbouwgrond. De ijzeractiviteit was bij bos een factor 2 tot 4 lager.

4.3. Speciatieberekeningen en stoftransport

Speciatie

De resultaten worden aan de hand van acht figuren besproken. Alle figuren hebben betrekking op de toestand in de laag 60-90 cm -mv.

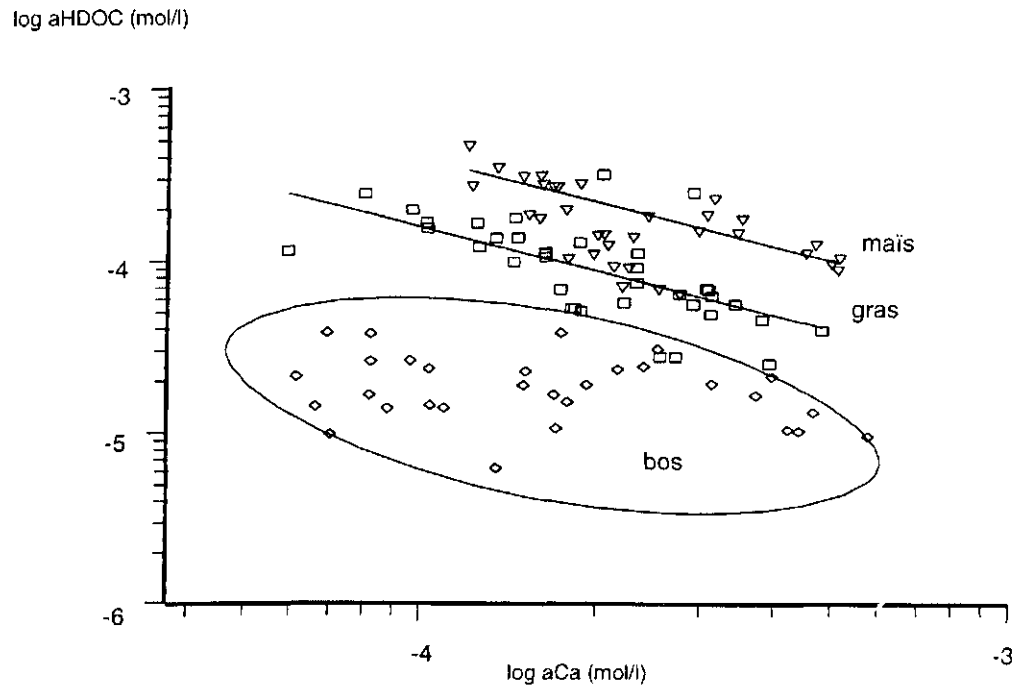
Figuur 1 laat zien dat de gemeten concentraties opgelost organisch koolstof (DOC; = dissolved organic carbon) bij landbouwgronden hoger zijn dan bij bos, en tegelijk dat de pH bij de bossen duidelijk lager is. De bij landbouwgronden hogere DOC is vermoedelijk toe te schrijven aan het landgebruik.



Figuur 1. . Zuurgraad (pH) en opgelost organisch koolstof in bodemvocht onder landbouw- en bospercelen.

Dit vermoeden wordt gestaafd met de bevindingen in Figuur 2. In Figuur 2 is te zien dat de geprotoneerde vorm van DOC (HDOC) zich ten aanzien van de calciumactiviteit verschillend gedraagt voor de verschillende landgebruiksvormen. Bij een zelfde calciumactiviteit hoort een hoge HDOC-activiteit van maïspancelen vergeleken met grasland. Dit laatste komt overeen met de bewering dat de verschillende vormen van DOC een verschillend oplosbaarheidsproduct hebben met calcium, dit in afhankelijkheid van de soort DOC (landgebruiksafhankelijk).

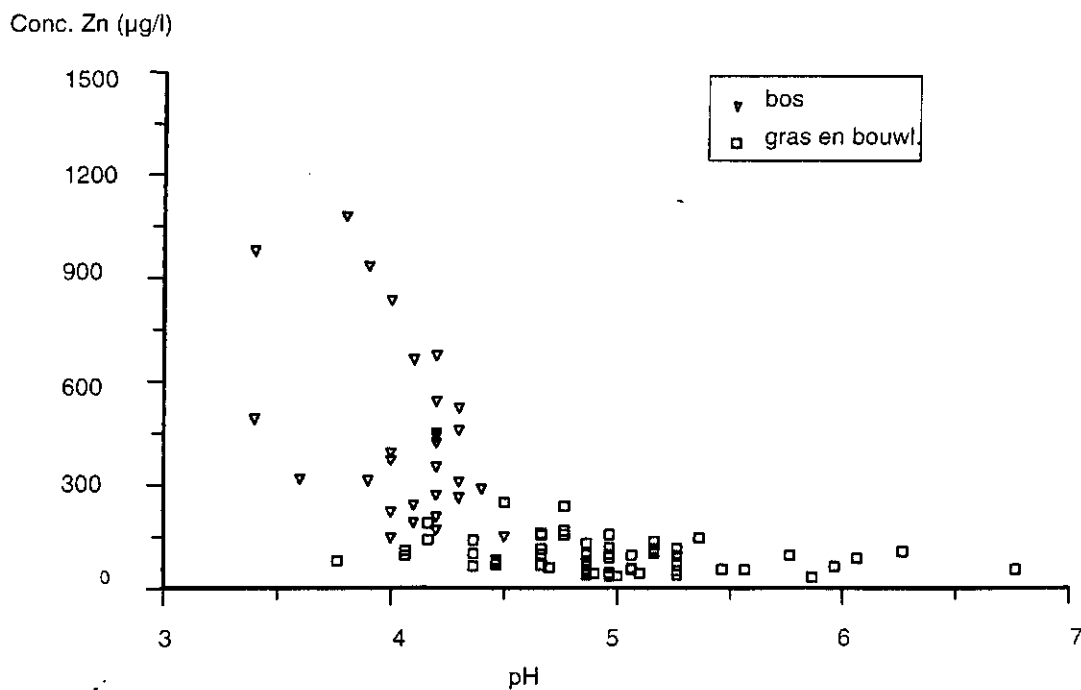
In Figuur 2 is de relatie tussen de berekende HDOC-activiteit en de berekende calcium-activiteit te zien. Bij gras- en maïspancelen is er een nauwe relatie tussen activiteiten van HDOC en calcium. Een verklaring daarvoor kan de geregelde bekalking van landbouwgronden zijn. Hierdoor is calcium het belangrijkste kation aan de organische stof in de bodem en bepaalt de oplosbaarheid daarvan. In bosgrond lijkt geen relatie te bestaan tussen de calcium- en HDOC-activiteit.



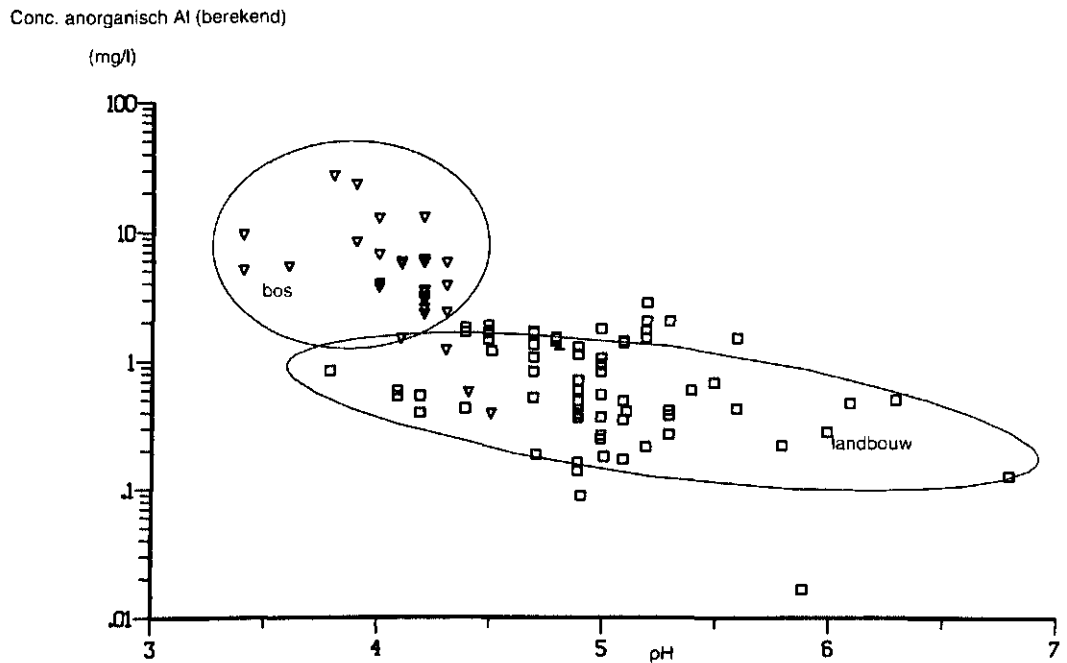
Figuur 2. Relatie tussen HDOC- en calciumactiviteiten.

Het duidt op een ander mechanisme van regulering van de DOC-concentratie in bossen dan in landbouwgrond. Uit de figuur is ook op te maken dat de DOC die in oplossing aanwezig is bij maïs en grasland een verschillende oplosbaarheid met Ca vertoont. In het algemeen is de oplosbaarheid in maïsland hoger (let op de logaritmische schaal) dan in grasland.

Figuur 3 toont de gemeten zinkconcentraties van het bodemvocht onder bos en gras- en maïspcelen. In zure bosgronden worden veel hogere zinkconcentraties dan onder de neutralere landbouwgronden aangetroffen. In de landbouwgronden met een even zo lage pH als bij bos wordt echter geen hoge zinkconcentratie aangetroffen. Daarom moet, naast pH, nog iets anders een rol spelen. In het volgende wordt aannemelijk gemaakt dat dit de concentratie (anorganisch) aluminium van de bodemoplossing kan zijn (zie bespreking Figuur 4, e.v.).



Figuur 3. Relatie tussen pH en opgelost zink onder bos, gras en bouwland.

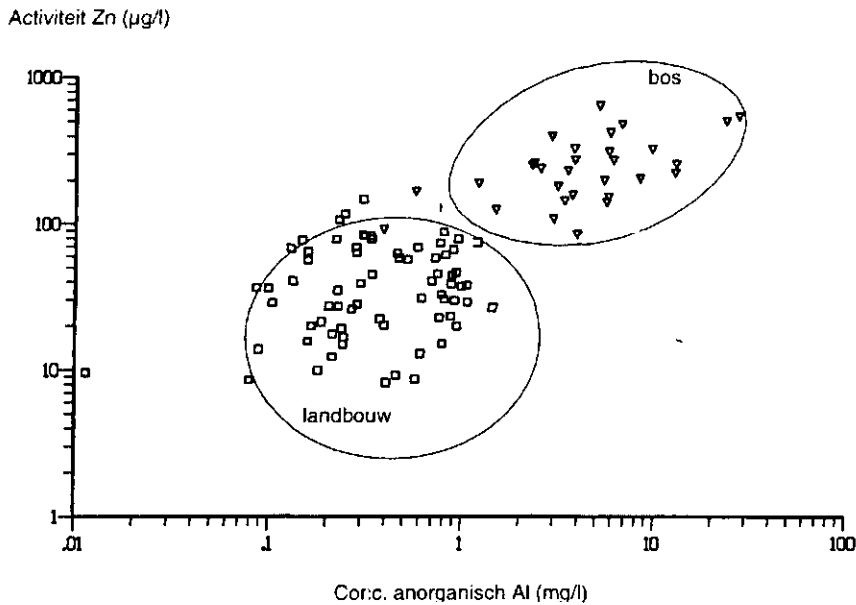


Figuur 4. Relatie tussen de pH en de berekende aluminiumconcentratie onder bos- en landbouwpercelen.

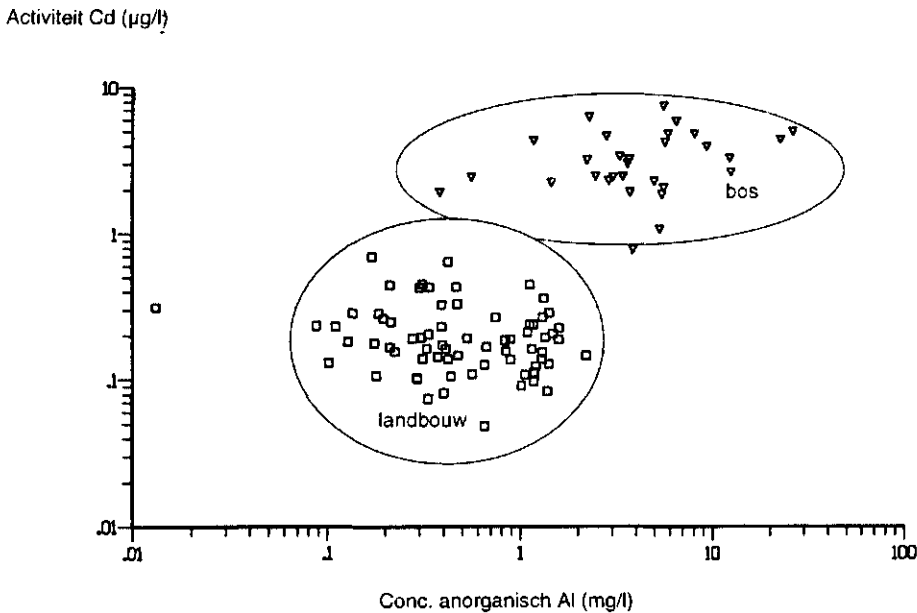
In Figuur 4 is de berekende concentratie anorganisch aluminium uitgezet tegen de pH. Bodemvocht met een zeer lage pH van landbouwgronden gaat niet gepaard met een verhoogde aluminiumconcentratie (< 1 mg Al/l). Bodemvocht uit bosgronden met zeer lage pH daarentegen vertoont sterk verhoogde aluminiumconcentraties ($>> 1$ mg Al/l).

De verhoogde aluminiumconcentraties in bosgronden ontstaan door de intensievere verwerking van met name kleimineralen. De bosgronden zijn vanaf het oppervlak verzuurd, waardoor de gehele kolom boven 60-90 cm aan verwerking onderhevig is. Bij deze verwerking komen aluminium en zware metalen vrij. Bij de landbouwgronden is de bovengrond pH groter dan 5, zodat daar (vrijwel) geen verwerking van kleimineralen optreedt.

Figuur 5 vertoont de relatie tussen de anorganisch-aluminiumconcentratie en de berekende zinkactiviteit. Aluminium in het bodemvocht moet in eerste instantie, door de gezamenlijke verwerking uit de kleimineralen, gepaard gaan met zink in bodemvocht. In tweede instantie leidt kationenuitwisseling tussen aluminium en zink aan de vaste fase tot meer zink in oplossing. In Figuur 6 is hetzelfde te zien voor cadmium.

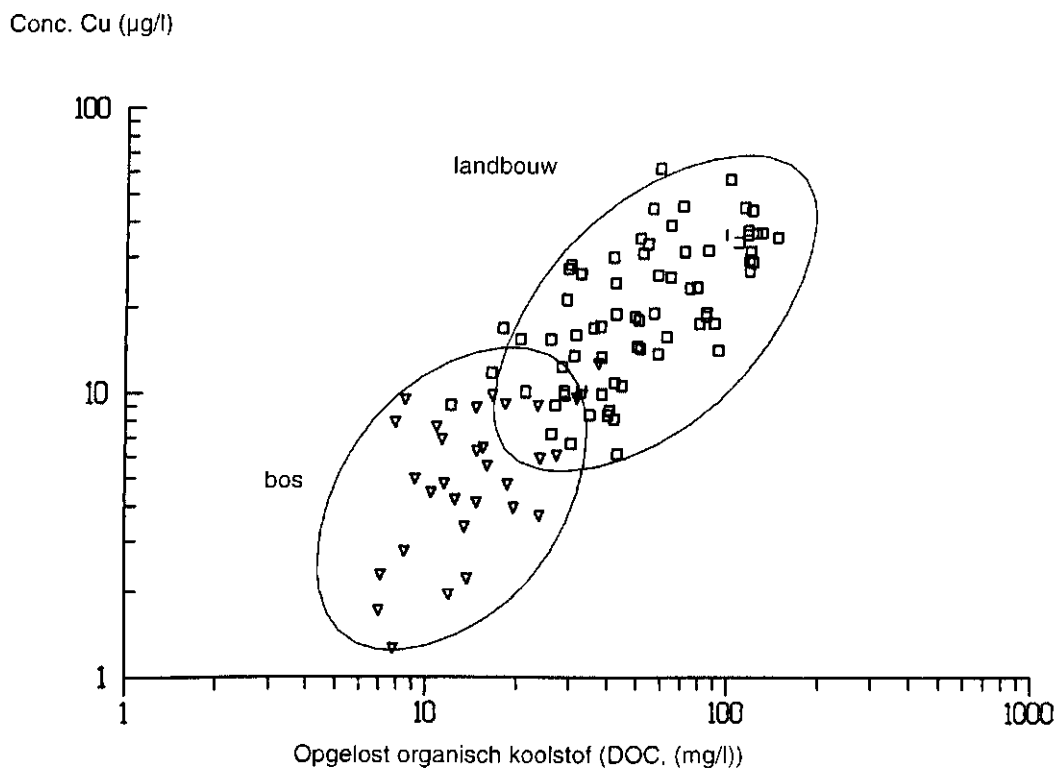


Figuur 5. Relatie tussen de berekende aluminiumconcentratie en de berekende zinkactiviteit.



Figuur 6. Relatie tussen de berekende aluminiumconcentraties en de berekende cadmiumactiviteiten in de bodemoplossing.

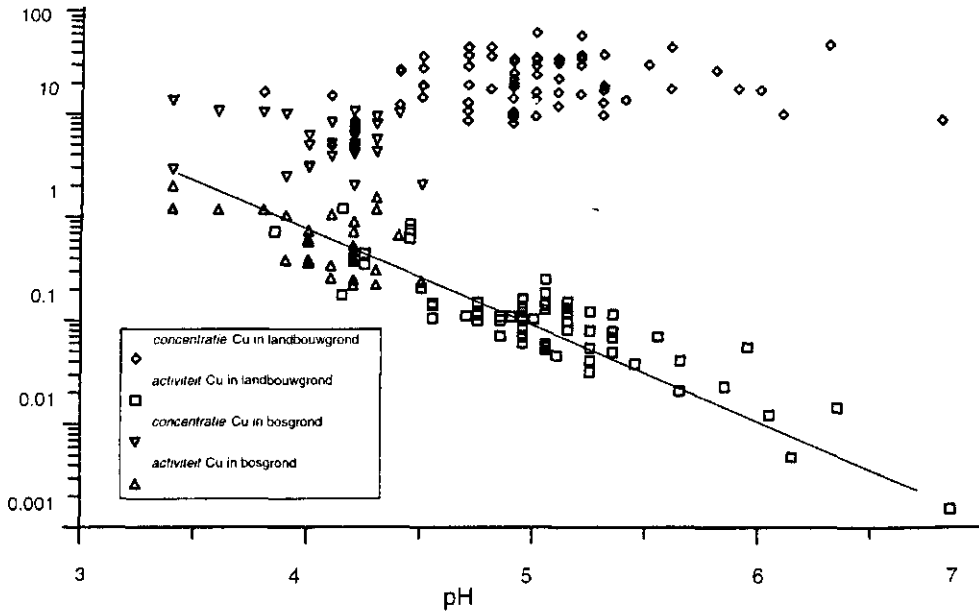
Koper (en lood, niet getoond) vertonen een ander fysisch-chemisch gedrag dan cadmium of zink. In figuur 7 is de relatie tussen DOC en de koperconcentratie te zien. De koperconcentratie in de landbouwgronden is hoger dan in de bossen, en de suggestie wordt gewekt dat DOC daarvoor verantwoordelijk is. Uit de literatuur is bekend dat koper en DOC sterke complexen vormen.



Figuur 7. Relatie tussen opgelost organisch koolstof (DOC) en de opgelost-koperconcentratie.

Figuur 8 laat de gemeten koperconcentraties en de berekende activiteiten van het koper-ion zien in afhankelijkheid van de pH van bodemvocht. De activiteit van het koper-ion daalt bij toenemende pH. Op grond van theoretische overwegingen wordt een helling van -1 voor het verband tussen $\log Cu$ en de pH verwacht; hetgeen ook wordt waargenomen. Bij een sterk afnemende activiteit met een stijgende pH blijkt de concentratie vrijwel constant te zijn.

Conc. Cu ($\mu\text{g/l}$)



Figuur 8. Koperconcentraties en -activiteit uitgesplitst naar grondgebruik.

Stoftransport

Voor de in 1995 aangetroffen situatie is de samenstelling van het bodemvocht op diepte 60-90 cm–mv voor landgebruik gras, bouwland (met name maïs) en bos bepaald. Bij de berekeningen van de gemiddelde waarden zijn bij bouwland twee percelen uitgesloten, daar dit duidelijk fosfaatverzadigde percelen betreft, waardoor door de gemeten waarden de gemiddelden te sterk zouden worden beïnvloed. Berekende gemiddelde meetwaarden voor het natte jaar 1994-1995 staan vermeld in Tabel 2. In Tabel 3 is de berekende samenstelling van een meteorologisch gemiddeld jaar weergegeven.

Tabel 2. Gemiddelden van de gemeten samenstelling van het bodemvocht in het jaar 1995 op 60-90 cm -mv opgesplitst naar landgebruik.

	Grasland	Bouwland	Bos en natuurgebied	Eenheden
pH	5.01	4.96	4.08	
EC	244.0	270.0	338.0	μS/cm
NO ₃ -N	12.65	16.6	10.6	g N/m ³
NH ₄ -N	1.44	1.94	2.1	g N/m ³
P-tot	0.115	0.205	0.034	g P/m ³
DOC	44.9	82.2	15.6	g C/m ³
Cl	6.8	8.7	18.4	g/m ³
SO ₄ -S	7.4	6.5	13.3	g S/m ³
Ca	14.5	15.9	11.6	g/m ³
Mg	4.1	4.25	3.13	g/m ³
K ⁺	13.3	18.5	4.8	g/m ³
Na	7.5	6.7	9.9	g/m ³
Al	0.9	1.3	6.1	g/m ³
Cd	0.57	0.57	5.6	mg/m ³
Cu	19.0	26.5	6.1	mg/m ³
Pb	7.5	9.3	11.3	mg/m ³
Zn	56.6	81.4	436.2	mg/m ³

De berekende gemiddelde samenstelling van bodemvocht in een meteorologisch gemiddeld jaar staan in de Tabel 3.

Tabel 3. Berekende samstelling (gemiddeld) van bodemvocht in een meteorologisch gemiddeld jaar voor de verschillende vormen van landgebruik.

	Grasland	(Mais) bouwland	Bos en natuurgebied	Eenheden
pH	5.07	5.30	3.98	
EC	395.0	430.0	535.0	$\mu\text{S}/\text{cm}$
$\text{NO}_3\text{-N}$	21.0	28.5	16.5	$\text{g N}/\text{m}^3$
$\text{NH}_4\text{-N}$	2.1	3.0	2.0	$\text{g N}/\text{m}^3$
P-tot	0.08	0.175	0.043	$\text{g P}/\text{m}^3$
DOC	42.2	77.7	17.5	$\text{g C}/\text{m}^3$
Cl	10.9	15.3	29.5	g/m^3
$\text{SO}_4\text{-S}$	11.6	9.7	23.0	$\text{g S}/\text{m}^3$
Ca	22.5	29.0	18.4	g/m^3
Mg	6.4	7.0	5.0	g/m^3
K	22.4	33.8	5.3	g/m^3
Na	9.15	9.2	17.6	g/m^3
Al	0.5	1.0	11.5	g/m^3
Cd	0.89	0.75	8.0	mg/m^3
Cu	14.3	30.2	8.2	mg/m^3
Pb	4.95	10.4	11.9	mg/m^3
Zn	96.5	87.5	670.0	mg/m^3

Vergelijking tussen de waarden in Tabellen 2 en 3 toont dat de invloed van een nat jaar (1995) niet op alle parameters gelijkelijk doorwerkt. In een droger jaar is volgens verwachting de geleidbaarheid (EC) hoger. Voor fosfaat en stikstof worden echter geringe verschillen gevonden. Cadmium en zink enerzijds en koper en lood anderzijds vertonen tegengesteld gedrag. Cadmium en zink zijn in een droog jaar hoger dan in een nat jaar. Voor koper en lood wordt het tegenovergestelde gevonden.

De gemiddelden van de waargenomen en berekende concentraties (Tabel 2, resp. Tabel 3) worden met het neerslagoverschot gebruikt om de uitspoeling van stoffen te berekenen. Deze berekende uitspoeling uit de bodemkolom naar het grondwater is voor 1995 en voor het meteorologisch gemiddeld jaar per grondgebruik weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4. Uitspoeling van stoffen in 1995 (gemeten) en in een meteorologisch gemiddeld jaar.

	Grasland 1995	Grasland gemiddeld	Bouwland 1995	Bouwland gemiddeld	Bosgebied 1995	Bosgebied gemiddeld	Uitspoeling per ha.jaar eenheden
NO ₃ -N	55.65	56.7	73.0	77.0	37.1	34.7	kg N
NH ₄ -N	6.34	5.7	8.54	8.1	7.35	4.2	kg N
P-tot	0.51	0.22	0.90	0.47	0.12	0.09	kg P
DOC	197.6	113.9	361.7	209.8	54.6	36.7	kg C
Cl	30.1	29.4	38.3	41.3	64.4	62.0	kg
SO ₄ -S	32.7	31.3	28.6	26.2	46.6	48.3	kg S
Ca	63.8	60.8	69.9	78.3	40.6	38.6	kg
Mg	18.0	17.3	18.7	18.9	10.9	10.5	kg
K	58.5	60.5	81.4	91.3	16.8	11.1	kg
Na	33.0	24.7	29.5	24.8	34.7	37.0	kg
Al	3.9	1.4	5.7	2.7	21.4	24.2	kg
Cd	2.51	2.4	2.51	2.03	19.6	16.8	g
Cu	83.6	38.6	116.6	81.5	21.4	17.2	g
Pb	33.0	13.4	40.9	28.1	39.6	25.0	g
Zn	0.25	0.26	0.36	0.24	1.53	1.41	kg

5. Discussie

Monsterneming

De gestoken cilindermonsters zijn in het veld moeilijker te verkrijgen dan mengmonsters. Dit wordt veroorzaakt door de noodzaak eerst een ruimer gat maken. Het eventuele theoretische voordeel van cilinderbemonstering is niet aangetoond. Onderzoek in toplagen toonde systematische verschillen tussen cilinder- en mengbemonstering (Del Castilho et al., 1996); in ondergrondlagen werden geringe verschillen gevonden (EC 50 μS hoger bij mengbemonstering op een niveau tussen 200 en 350; pH 0.5 eenheid hoger bij mengbemonstering op een niveau van 4 tot 5.5; DOC praktisch gelijk. Bij het huidig onderzoek zijn daarom meetresultaten van cilinder- en mengmonsters tezamen genomen. In vervolgonderzoek zal met de standaardmethode (centrifugeren van mengmonsters), welke sinds eind 70-er jaren bij AB-DLO in gebruik is, worden gewerkt.

Activiteit van metalen

De model-berekende koperactiviteit onder landbouwpercelen was ongeveer acht maal lager dan bij de landbouwterreinen. Dit is op het eerste gezicht opmerkelijk aangezien onder de landbouwpercelen drie tot vier maal hogere concentraties in de bodemoplossing werden aangetroffen. De hoge concentraties, vooral onder maïs, worden veroorzaakt door het voorkomen van hoge DOC-concentraties. Het DOC dat wordt aangetroffen wordt gerealiseerd door een samenspel van factoren: de opgelost organische-stof-productie die bij het gewas hoort en de invloed van zuurgraad en calciumactiviteit (aluminiumactiviteit bij bos). De lage koperactiviteit onder de landbouwpercelen kan vooral worden toegeschreven aan de daar sterke complexering met organische-stofliganden. Ook bij eerder AB-DLO-laboratoriumonderzoek, in samenwerking met het NIKO-TNO en de RUG (Del Castilho et al., 1993) en zojuist gepubliceerd AB-DLO-RUG onderzoek (Römken & Dolfing, 1998) werd vastgesteld dat opgelost organisch gebonden koper slechts gedeeltelijk in vrije vorm voorkomt. De activiteiten van de overige metalen cadmium, zink en aluminium zijn acht tot tien maal hoger onder de bospercelen dan onder de landbouwpercelen. De verklaring ervoor werd in paragraaf 4.3 gegeven. Tussen activiteit en concentratie wordt bij laatstgenoemde metalen een geringer verschil gevonden dan bij koper het geval is, aangezien bij de relatief lage pH bij alle landgebruik de activiteit niet erg verlaagd kan worden door complexering.

Statistische aspecten

De opzet van het vooronderzoek bleek geschikt voor het vervolgonderzoek indien bij het vervolgonderzoek bospercelen worden gekozen met een regelmatigere gelaagdheid van de horizonten dan bij de percelen bij het vooronderzoek werden aangetroffen. Een andere aanpak om dit probleem te omzeilen is elk monsternemingsjaar telkens willekeurig, maar dicht bij de vori-

ge steek te bemonsteren. Wellicht is de door Brus & Spätjens (1997) geadviseerde geografisch gestratificeerde bemonstering aan te raden om de variatie van het gemiddelde van een perceel te verkleinen.

Stoftransport

Een indruk van de concentratie-afhankelijkheid van stoffen van de meteorologie kan worden verkregen door Tabellen 2 en 3 onderling te vergelijken. Sommige parameters worden hoger met een hoger neerslagoverschot, andere lager. Dit illustreert de complexiteit van de regelmechanismen in de bodem. Ook voor het actuele en voorspelde transport (uitspoeling) zijn er verschillen in gedrag tussen de stoffen. Voor een grote groep stoffen lijkt de uitspoeling niet sterk afhankelijk te zijn van de meteorologische omstandigheden, maar wel van het landgebruik (Tabel 4). Bij bouwland treedt een grotere uitspoeling van N en P op dan bij grasland. Bij de zware metalen kan een duidelijk verschil in gedrag gezien worden voor Cd en Zn versus Cu. Terwijl Cd en Zn sterk worden uitgespoeld in bosgebieden, is Cu het mobielst onder landbouwgronden. Pb lijkt relatief ongevoelig voor het landgebruikstype, echter niet voor de meteorologie.

6. Conclusies

6.1. Bodemoplossing

Van de onderzochte zware metalen in bos op 60-90 cm -mv diepte bleken cadmium en zink overschrijdingen van de streefwaarden voor grondwater te vertonen. Voor koper werd onder grasland en bouwland een overschrijding van de streefwaarde voor grondwater gevonden. Onder bos werd de streefwaarde voor koper niet overschreden.

Trends

Verspreiding

Trends in de bodemvochtkwaliteit bij bos-, akker- en graspercelen kunnen met voldoende nauwkeurigheid worden vastgesteld. Bij de proefbemonsteringen (ca. 10 percelen per landgebruik en 20 steken van ca. 150 gram grond per veld in duplo uitgevoerd, -akker, bos of gras-) werden percentuele standaardafwijkingen van de gemiddelde bodemvochtperceelconcentraties per landgebruik gevonden van meestal < 10%. Dit is voldoende nauwkeurig om veranderingen van het gemiddelde per parameter redelijk betrouwbaar vast te stellen. Hetzelfde kan worden geconcludeerd voor de activiteiten van koper, zink en cadmium (biologische relevantie). De koper-, aluminium-, zink- en cadmiumactiviteiten tussen 60 en 90 cm -mv waren gemiddeld acht tot tien maal hoger onder bospercelen dan onder landbouwpercelen.

Vermesting

Trends in de bodemvochtkwaliteit kunnen voldoende nauwkeurig worden vastgesteld. Voor fosfaat en ortho-fosfaat werden grote tussen-varianties vastgesteld. Dit rechtvaardigt de beslissing om veel verschillende fosfaatparameters te blijven meten (inclusief Pw en Oxal. Extr. P). Onder bos werden relatief hoge binnen- en tussenvarianties gevonden voor ammonium en kalium. Om deze variatie te verkleinen zouden in vervolgonderzoek homogener bospercelen dienen te worden gekozen, of de bemonstering aangepast.

Verzuring

De pH wordt zeer nauwkeurig gemeten. Daarom kunnen trends gemakkelijk worden vastgesteld.

6.2. Bodem

Bij dit vooronderzoek werden bij de zes geselecteerde percelen geen overschrijdingen van de streefwaarden voor zware metalen voor de vaste fase van de bodem gevonden.

Trends

Vermesting, verzuring en verspreiding

De opzet bij de proefbemonstering van de vaste fase van de bodem op drie dieptes toonde voor sommige parameters en dieptes soms grote betrouwbaarheidsintervallen van het gemiddelde. Dit gold vooral voor bospercelen. Bij het vaste-fase-onderzoek werden wegens de hoge kosten van dit onderzoek echter slechts twee percelen per landgebruik (bos, akker, of gras) bemonsterd. Op grond van de ervaringen bij andere bodemmeetnetten kan echter de verwachting worden uitgesproken dat voldoende nauwkeurigheid wordt verkregen bij 10 tot 20 percelen per landgebruik.

6.3. Modelberekeningen

De gevolgde werkwijze met het model SEKTRAS maakt het mogelijk de speciatie van zware metalen te berekenen. Dit is van belang voor de biologische beschikbaarheid en voor het transport. De fysisch-chemische en biologische modelberekeningen kunnen op basis van de meetgegevens en het berekend neerslagoverschot een schatting van de uitspoeling van zware metalen en nutriënten leveren. De berekeningen kunnen daarnaast ook waardevol zijn indien twijfels rijzen omtrent de juistheid van de analyses in bodemvocht. Omdat de concentraties of activiteiten van zware metalen in bodemvocht worden verklaard uit andere parameters biedt de werkwijze mogelijk een reductie van de te plegen meetinspanning binnen meetnetprogramma's.

7. Aanbevelingen

Algemeen

Het meetnet kent een cyclus van acht jaren, d.w.z. jaar 1 wordt herhaald in jaar 9, jaar 2 in jaar 10. Veranderingen in kwaliteit van dynamische parameters kunnen worden bepaald na vier jaren; van trage parameters na acht jaren. In het eerste t/m vierde jaar worden bodemvochtanalyses uitgevoerd in 130 percelen en ook nog in 20 percelen droge kleigrond wanneer daar een goede bodemvochtextractiemethode voor ontwikkeld is. In het eerste jaar worden ook de vaste-fase-parameters van alle velden bepaald. In het tweede jaar wordt de vaste fase uitgebreid geanalyseerd op PAK's en OC's (Exoten).

Het vooronderzoek leidt tot de hieronder globaal beschreven werkwijze.

Er werd in overleg met de opdrachtgever besloten tot elf geclusterde "milieu-actiegebieden" en vier gebieden in "overig Gelderland", te weten naaldbos op droog zand, grasland op nat zand, maïs op droge enkeerd, en akker op droge klei. In elk gebied worden tien percelen gekozen. Dit zijn tezamen 150 percelen. De parameters van het onderzoek worden gegeven in de paragraaf "Keuze van de parameters"; zie onder.

Monsterneming

Het vervolgonderzoek kan in januari/februari 1997 starten. AB-DLO doet de monsterneming van 80 percelen in duplo. De provincie draagt zorg voor de duplo-bemonstering van de 70 andere percelen.

Er worden in totaal 50 monsters "naaldbos-droog zand", 50 monsters 'nat zandgrasland', en 50 monsters "droge enkeerdgrond" genomen (alle in duplo).

- Vaste fase

Er dienen voor een duplo-bemonstering 2 maal 150, dus 300, monsters te worden vergaard. De duplomonsters worden in enkelvoud geanalyseerd.

- Vocht

Voorlopig worden 260 monsters in enkelvoud geanalyseerd. Voor 40 monsters (2x20) "droge kleiakker" dient nog een goede methode te worden ontwikkeld. De duplomonsters worden in enkelvoud geanalyseerd.

Keuze van de parameters:

- Fysisch-chemische parameters in de vaste fase:
 - standaardanalyse, inclusief porievolumebepaling.

- Bodemvocht-analyse
uitslingeren van bodemvocht, membraanfiltratie en het volledige standaardpakket analyses,
enkelvoud geanalyseerd.

Rapportage en gegevensverwerking

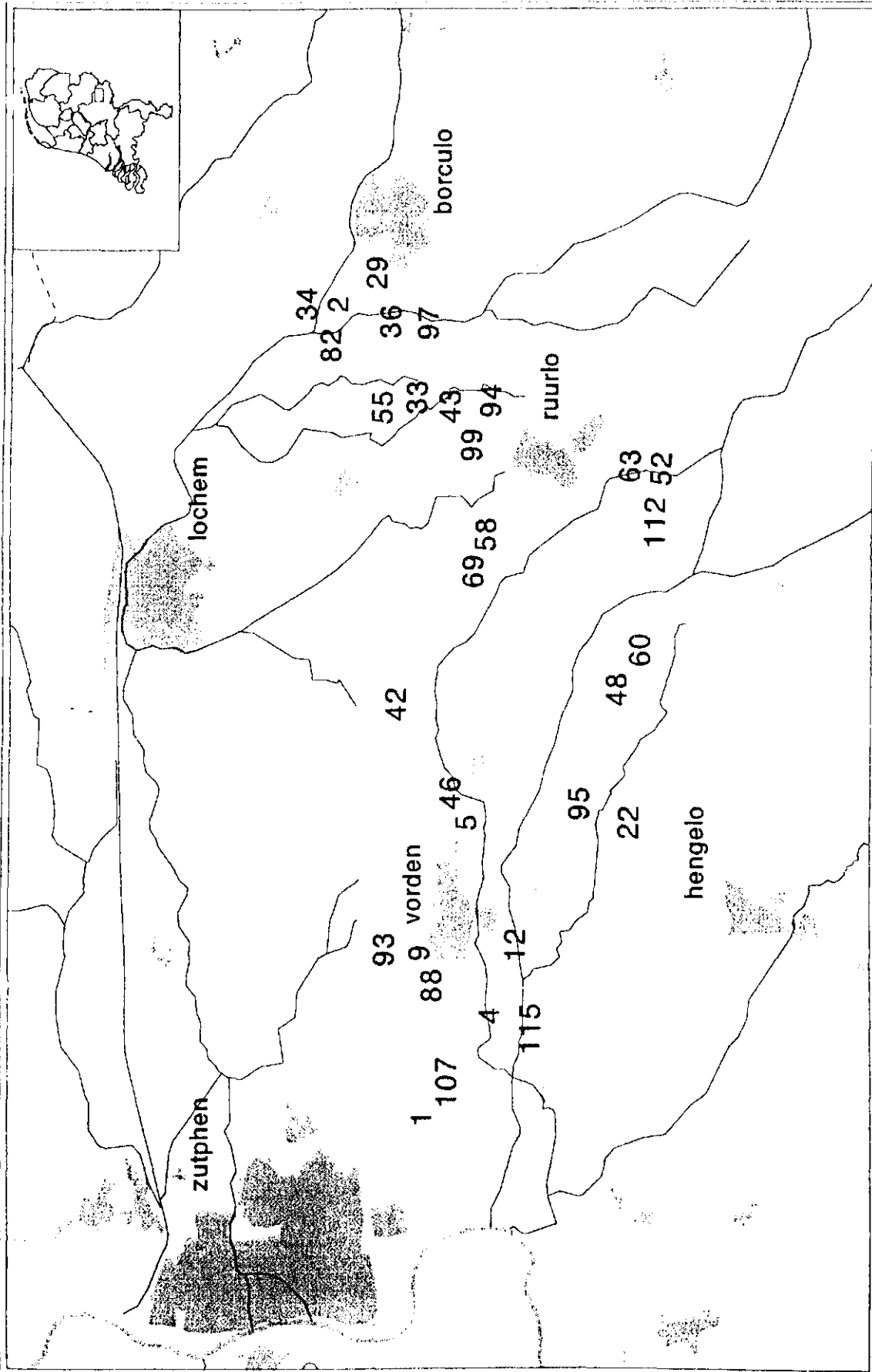
De metingen voor gegevensverwerking en rapportage worden geschat op 0.2 mensjaar.

Daarnaast is het gewenst de modelontwikkeling voort te zetten om tot steeds betere schattingen te komen van de uitspoeling. Dit zal waarschijnlijk de eerste vier jaren nodig zijn met een intensiteit van 20 mensdagen per jaar. In de huidige begroting is daarvoor slechts circa 10 werkdagen per jaar gereserveerd.

8. Referenties

- Brus, D.J. & L.E.E.M. Spätjens (1997) Een nieuwe steekproefstrategie voor de inventarisatie van de fosfaattoestand van percelen. SC-DLO Rapport, nr 516-1.
- Castilho, P. del, J.W. Dalenberg, K. Brunt & A.P. Bruins (1993) Dissolved organic matter, cadmium, copper and zinc in pig slurry- and soil solution - size exclusion chromatography fractions. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 50: 91-107.
- Castilho, P. del, R. van Faassen & R. Moerman (1996) Differences between super-centrifuged and membrane-filtrated soil solutions obtained from bulked and non-bulked topsoils by soil centrifugation. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry* 354: 756-759.
- Grinsven, J.J.M. van & W. de Vries (1990) Monitoring programme for acidification and nitrogen cycling in forest and natural ecosystems after 1990. RIVM, Bilthoven; Staring Centrum, Wageningen.
- Project BODNET. Deel I: Projectplan (maart 1994) GIS Expertisecentrum Larenstein. Velp
- Reinds, G.J., J. Bril, W. de Vries, J.E. Groenenberg & A. Breeuwsma (1995) Critical loads and excess loads of cadmium, copper and lead for European forest soils. SC-DLO and AB-DLO publication, SC-DLO Report 96, Wageningen, the Netherlands
- Römkens, P.F.A.M., J. Bril & W. Salomons (1996) Interaction between Ca^{2+} and dissolved organic carbon: implications for metal mobilization. *Applied Geochemistry* 11: 105-115.
- Römkens, P.F.A.M. & J. Dolfing (1998) Effect of Ca on the solubility and molecular size distribution of DOC and Cu binding in soil solution samples. *Environmental Science and Technology* 32: 363-369
- Sposito, G. & S.V. Mattigod (1980) Geochem: A computer program for the calculation of chemical equilibria in soil solutions and other natural water systems. Dept. Soil Environ. Sci., Univ. of California, Riverside (Ca) 92521.

Bijlage 1. Kaart 1. Ligging van de percelen in de Graafschap



LEGENDA

- woelsterven
- waterlopen

MEETNET BODEMKWALITEIT
MEETLOKATIES PROEFGEBIED GRAAFSCHAP
 DIENST MILIEU EN WATER
 Afdeling GBO/HOOGVELD

PROVINCIE
 GELDERLAND

Schaal 1:100000

Bijlage 2. Standaardpakketten analyses voor bodem en bodemvocht

Vaste fase

<i>Parameter</i>	<i>Methode</i>
Porositeit	NEN 5781
PH KCl	A-1117; Glaselectrode
Organisch koolstof	A1105; Katal. erbrand.
N totaal	A1106; Colorimetrisch
CEC	A1130
Oxalaat extraheerbaar Al	A0120/A0303 (0-NEN5776; ICP)
Oxalaat extraheerbaar Fe	Dito
Oxalaat extraheerbaar P	Dito
Totaal P	A0100/A0112; UV-VIS
P water	A1111; UV-VIS
Cd	A0115/A0118; FAAS
Pb	A0115/A0117; FAAS
Cu	A0100/A0101; FAAS
Zn	A0100/A0102; FAAS
Vochtgehalte luchtdroge monsters	A1108

A-nummers corresponderen met AB-DLO standaard meetvoorschriften (Haren)

Vervolg Bijlage 2. Standaardpakketten analyses voor bodem en bodemvocht

Bodemvocht

Parameter	Methode
N-nitraat	A1218; Colorimetrisch
N-ammonium	Dito
Ortho-P	A1209; UV-VIS
P-organisch	A1207/A1208 (Verschil P-tot. en P-anorg.)
Cl	A0400; Potentiometrische titratie
S	A0302; ICP
PH	A0304
EC	A0306
C-totaal	A0305
C-organisch	Dito
C-anorganisch	Dito
Cd	A0213; GFAAS
Pb	Dito
Cu	A0302; ICP
Zn	dito
Al	dito
Ca	dito
Mg	dito
Fe	dito
K	dito
Mn	dito
Na	dito

A-nummers corresponderen met AB-DLO standaard meetvoorschriften (Haren)

Bijlage 3. Meetuitkomsten van vaste fase van de bodem bij zes percelen op drie diepten

q10ndz2.xls

Gebraic	perc	vol.gew.	Lsol/Lgrond	Vol.sol	Poros	pH-KCl	%OM	C-org	N-tot	Cly	CEC	Al-ox	Fe-ox	Fe+Al	P-ox	P-tot	P-Fe+Al	P-tot	Pw	Cd	Pb	Cu	Zn
bos	99	1.39	2.50	0.56	44.4	3.81	5.0	27.8	1.18	1.8	3.5	15.3	27.6	102.9	1.5	3.4	0.015	106	6.8	0.20	12.2	2.5	9.0
bos	99	1.39	2.50	0.56	44.4	3.87	5.0	27.8	1.13	1.7	3.6	67.2	22.0	89.2	1.1	3.2	0.012	99	8.3	0.06	13.0	1.7	9.9
bos	99	1.38	2.61	0.53	47.4	4.45	1.2	6.6	0.39	2.2	0.5	87.3	14.9	102.2	1.5	2.4	0.014	75	6.4	0.08	2.7	1.0	8.8
bos	99	1.38	2.62	0.53	47.5	4.44	1.0	5.5	0.35	1.5	0.5	74.9	12.8	87.7	1.3	2.6	0.015	80	7.5	0.04	3.0	0.7	9.3
bos	99	1.40	2.64	0.53	46.8	4.64	0.3	1.6	0.31	1.9	0.1	48.5	7.7	56.3	1.0	1.9	0.017	58	6.0	0.01	2.1	0.7	8.2
bos	99	1.40	2.64	0.53	46.8	4.64	0.4	2.0	0.26	1.7	0.1	46.0	7.0	53.0	1.2	2.2	0.023	69	5.7	0.02	2.0	0.7	8.3
bos	115	1.35	2.56	0.53	47.3	3.45	3.0	16.4	0.94	3.5	3.9	22.5	24.5	46.0	2.6	5.6	0.057	175	15.3	0.13	18.0	10.4	19.2
bos	115	1.35	2.54	0.53	46.9	3.38	3.5	19.6	1.20	3.7	3.7	20.8	24.5	45.3	2.8	5.5	0.062	169	16.9	0.04	20.6	3.5	14.8
bos	115	1.41	2.62	0.54	46.1	4.25	1.1	5.8	0.44	3.3	1.5	38.0	14.7	52.7	1.2	3.8	0.023	116	7.9	0.12	3.7	2.5	13.7
bos	115	1.41	2.62	0.54	46.2	4.24	0.9	5.2	0.39	3.4	1.2	35.7	19.8	55.6	0.7	3.2	0.012	98	13.9	0.04	4.7	1.3	13.9
bos	115	1.42	2.62	0.54	45.8	4.30	1.0	5.7	0.41	3.1	1.7	44.8	17.1	61.9	1.2	3.2	0.019	99	7.5	0.10	3.9	1.7	13.0
bos	115	1.42	2.62	0.54	45.8	4.31	1.0	5.6	0.38	3.7	1.3	40.1	19.3	59.5	0.7	3.1	0.012	96	7.3	0.08	3.9	1.6	13.6
gras	5	1.33	2.45	0.55	45.5	4.67	6.8	37.7	2.67	4.1	6.1	102.3	62.1	102.4	23.3	30.6	0.228	94.8	46.2	0.26	18.7	11.3	26.2
gras	5	1.33	2.44	0.55	45.3	5.20	7.1	39.5	3.05	4.0	6.6	46.6	59.8	106.4	28.2	33.9	0.265	105.2	53.6	0.32	22.3	13.9	32.9
gras	5	1.31	2.34	0.52	48.5	4.25	3.5	19.2	1.16	3.5	2.8	52.4	53.1	105.5	13.7	16.9	0.130	52.3	16.4	0.13	6.8	4.0	11.1
gras	5	1.31	2.51	0.52	47.8	4.41	4.6	25.7	1.39	2.8	2.5	59.1	42.7	101.7	11.9	15.5	0.117	48.0	16.4	0.10	6.5	4.5	11.3
gras	5	1.31	2.58	0.51	48.3	4.46	2.2	12.1	0.78	2.6	1.5	103.5	29.2	132.7	10.2	12.1	0.077	37.3	9.7	0.08	3.3	1.7	11.6
gras	5	1.31	2.55	0.52	48.5	4.47	3.4	19.0	0.86	1.7	1.9	99.5	23.6	123.2	5.7	7.5	0.046	23.3	8.3	0.07	3.3	1.7	8.3
gras	12	1.39	2.43	0.57	43.0	4.95	7.6	42.1	3.11	5.1	6.5	35.1	49.2	84.3	21.6	26.6	0.256	82.3	51.9	0.23	20.8	10.5	30.3
gras	12	1.39	2.45	0.57	43.5	5.12	6.7	37.4	2.92	4.7	7.0	34.3	46.7	81.0	21.3	24.7	0.262	88.2	67.8	0.28	22.0	11.4	33.7
gras	12	1.38	2.50	0.55	44.8	4.15	5.0	27.9	1.64	4.2	2.8	36.4	54.9	91.3	15.4	17.6	0.159	54.7	19.4	0.06	8.5	4.4	12.5
gras	12	1.38	2.50	0.55	44.9	4.15	4.8	26.7	1.44	3.9	2.4	37.3	51.9	89.2	14.0	16.2	0.157	50.3	19.3	0.13	7.8	4.7	12.2
gras	12	1.39	2.60	0.54	46.5	4.45	1.7	9.3	0.75	2.9	0.9	75.1	30.8	105.9	12.1	13.6	0.114	42.2	12.2	0.01	3.5	3.6	14.3
gras	12	1.39	2.60	0.53	46.6	4.47	1.6	8.8	0.68	2.7	0.6	70.7	31.6	102.4	12.0	14.1	0.118	43.6	18.6	0.07	3.1	3.3	14.3
bouland	43	1.33	2.42	0.55	44.9	3.80	7.9	44.0	2.64	3.3	4.9	37.5	61.6	99.1	41.9	42.7	0.423	132.2	219.7	0.27	15.9	26.7	28.5
bouland	43	1.33	2.41	0.55	44.6	3.70	8.3	46.3	2.90	3.4	5.1	33.8	63.3	97.1	44.3	49.3	0.456	153.0	270.2	0.25	21.3	33.0	31.1
bouland	43	1.39	2.36	0.59	41.1	3.96	10.2	56.4	2.78	3.0	3.5	29.4	75.0	104.4	18.7	20.7	0.179	64.1	39.4	0.05	7.3	5.8	13.0
bouland	43	1.39	2.40	0.58	42.1	3.88	8.6	47.7	2.52	3.0	3.4	26.3	77.9	104.2	18.9	22.2	0.182	68.8	44.4	0.07	7.0	7.3	14.6
bouland	43	1.31	2.57	0.51	49.1	4.28	2.7	15.1	0.89	2.2	1.2	41.6	30.0	71.6	8.9	10.6	0.124	32.7	18.3	0.03	4.1	2.5	10.0
bouland	43	1.31	2.57	0.51	49.3	4.21	2.4	13.5	0.77	1.6	0.7	30.6	27.5	58.1	6.7	8.0	0.116	24.7	23.1	0.01	3.1	2.2	7.0
bouland	52	1.28	2.35	0.55	45.4	4.10	10.8	59.8	3.39	3.2	6.3	37.8	27.2	65.0	21.8	25.3	0.395	78.5	147.1	0.32	19.0	16.6	18.9
bouland	52	1.28	2.35	0.54	45.6	4.13	10.5	58.3	3.28	2.9	6.2	37.0	26.4	63.4	21.8	25.9	0.345	80.3	152.8	0.34	19.9	15.5	19.6
bouland	52	1.20	2.37	0.51	49.3	3.76	9.8	54.5	2.66	2.8	5.4	48.3	37.4	85.7	12.6	13.6	0.147	42.1	37.0	0.21	8.4	3.7	8.1
bouland	52	1.20	2.37	0.51	49.3	3.70	9.8	54.6	2.75	2.9	5.6	39.7	35.6	75.3	11.6	14.3	0.154	44.3	36.3	0.15	8.6	4.7	7.5
bouland	52	1.19	2.50	0.47	52.6	4.09	4.9	27.1	1.31	2.7	3.5	106.6	28.9	135.5	7.5	8.9	0.056	27.6	8.6	0.14	4.8	2.8	8.0
bouland	52	1.19	2.44	0.49	51.3	3.99	7.3	40.6	1.90	2.1	4.2	78.3	28.4	106.7	6.5	8.6	0.061	26.7	8.6	0.08	4.9	0.7	5.9

Bijlage 4. Meetuitkomsten van het bodemvocht van diverse locaties

Bijlage 5. Berekende binnen- en tussenvariatiaties van gemeten chemische parameters in bos, grasland en bouwland

GEMIDDELDEN en STANDAARDAFWIJKINGEN

binnens als

1. VERMESTING

mg/l	BOS		GRASLAND		BOUWLAND		
	binnen	tussen	binnen	tussen	binnen	tussen	
N-NH4	gem	1.93	1.95	1.61	1.38	2.04	1.86
	sd	1.89	2.19	0.34	0.91	0.36	1.07
N-NO3	gem	9.78	10.29	14.24	12.71	18.54	15.84
	sd	2.76	5.88	4.86	6.20	2.49	6.37
D-P	gem	0.02	0.02	0.04	0.09	0.19	0.19
	sd	0.01	0.03	0.03	0.20	0.39	0.36
P-totaal	gem	0.04	0.04	0.09	0.16	0.31	0.30
	sd	0.01	0.05	0.04	0.23	0.48	0.42
P-org	gem	0.02	0.02	0.06	0.07	0.12	0.11
	sd	0.01	0.02	0.02	0.05	0.07	0.07
Cl	gem	17.91	15.21	7.50	5.61	8.93	8.41
	sd	11.09	13.92	3.34	4.50	2.88	4.50
S	gem	14.24	11.88	9.04	7.11	6.59	6.30
	sd	3.98	8.63	1.74	3.68	0.71	1.99
Na	gem	10.70	8.98	7.93	7.43	8.81	6.81
	sd	4.38	6.28	0.98	2.98	0.78	2.58
K	gem	4.77	5.09	15.01	13.79	17.85	17.13
	sd	2.68	2.97	4.18	7.93	2.24	10.88

2. ZUURGRAAD GELEID. OPGEEL. C.

		binnen		tussen		binnen		tussen	
		gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd
pH	gem	4.08	3.97	5.06	4.75	4.98	4.91	4.98	4.91
	sd	0.15	0.93	0.48	1.21	0.40	0.43	0.40	0.43
EC µS	gem	354.77	307.41	279.90	240.23	269.20	259.74	269.20	259.74
	sd	73.79	161.02	54.67	94.70	24.29	78.92	24.29	78.92
IC mg/L	gem	0.00	0.01	0.00	0.04	0.42	0.38	0.42	0.38
	sd	0.00	0.03	0.00	0.18	0.88	1.06	0.88	1.06
DOC mg/L	gem	15.42	18.04	44.74	50.77	78.11	78.97	78.11	78.97
	sd	3.73	11.72	6.49	29.04	15.94	36.42	15.94	36.42

3. VERSPREIDING

µg/L		BOS		GRASLAND		BOUWLAND			
		gem	sd	binnen	tussen	binnen	tussen	binnen	tussen
Cd	gem	5.98	4.73	0.64	0.56	0.59	0.56	0.56	0.56
	sd	2.03	3.32	0.17	0.27	0.19	0.26	0.19	0.26
Pb	gem	10.83	10.80	6.14	7.17	9.68	9.81	9.81	9.81
	sd	8.50	10.54	2.54	5.88	2.35	4.04	2.35	4.04
Cu	gem	6.47	6.70	17.83	18.32	27.62	26.29	26.29	26.29
	sd	1.32	4.18	4.07	9.42	11.27	13.58	11.27	13.58
Zn	gem	467.54	370.82	67.44	59.68	85.79	78.47	78.47	78.47
	sd	190.61	272.42	18.46	34.80	36.43	51.40	36.43	51.40

4. KATIONEN

mg/l		binnen		tussen		binnen		tussen	
		gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd
Al	gem	8.09	5.15	0.81	0.96	1.33	1.32	1.33	1.32
	sd	1.64	5.82	0.20	0.63	0.33	0.69	0.33	0.69
Ca	gem		12.78	15.93	15.93	16.05	29.85	16.05	29.85
	sd		5.54	10.26	3.04	8.98	2.01	23.57	2.01
Mg	gem	3.33	3.06	4.63	4.05	4.27	4.09	4.27	4.09
	sd	0.95	1.73	0.98	1.70	0.75	1.52	0.75	1.52
Fe	gem	0.19	0.23	0.70	0.88	1.45	1.24	1.45	1.24
	sd	0.26	0.33	0.42	0.83	0.73	1.15	0.73	1.15
Mn	gem	1.40	1.02	0.21	0.16	0.14	0.13	0.14	0.13
	sd	0.81	1.59	0.07	0.13	0.09	0.13	0.09	0.13

5. VRIJMETAAL

mg/L		binnen		tussen		binnen		tussen	
		gem	sd	gem	sd	gem	sd	gem	sd
CaFree	gem	11.17	10.14	11.45	8.91	9.24	8.59	9.24	8.59
	sd	5.35	7.56	2.81	5.87	2.13	4.92	2.13	4.92
AlFree	gem	5.52	4.84	0.38	0.51	0.74	0.77	0.74	0.77
	sd	1.51	5.45	0.13	0.42	0.21	0.50	0.21	0.50
FeFree	gem	0.17	0.18	0.31	0.45	0.79	0.88	0.79	0.88
	sd	0.23	0.27	0.18	0.43	0.38	0.69	0.38	0.69

Bijlage 6. Berekende variatie van het gemiddelde van chemische parameters in bodemvocht

RnwVar.xls

Uitgesplitst naar vijf thema's

Variatie van het gemiddelde (%)

1. VERMESTING

mg/L	Bos	Grasland	Bouwland
N-NH4	28.3	6.4	4.8
N-NO3	8.2	10.3	4.0
o-P	12.8	21.0	55.8
P-totaal	9.8	11.9	40.3
P-org	9.9	11.7	16.4
Cl	17.9	13.4	8.6
S	8.1	5.8	2.9
Na	11.8	3.6	3.1
K	16.1	8.4	3.4

2. ZUURGRAAD, GELEIDB, OPGEL. C

	Bos	Grasland	Bouwland
pH	1.1	2.9	2.2
EC, μ S	6.0	5.9	2.4
IC, mg/L			43.6
DOC, mg/L	7.0	4.4	5.5

3. VERSPREIDING

μ g/L	Bos	Grasland	Bouwland
Cd	9.8	8.2	8.5
Pb	17.3	12.5	6.5
Cu	5.9	6.9	10.9
Zn	11.8	8.3	11.3

4. KATIONEN

mg/l	Bos	Grasland	Bouwland
Al	7.8	7.3	6.6
Ca	12.8	5.8	3.3
Mg	8.2	6.4	4.7
Fe	39.3	18.0	13.5
Mn	16.7	10.3	17.4

5. VRIJ METAAL

mg/L	Bos	Grasland	Bouwland
CaFree	13.8	7.4	6.2
AlFree	7.9	10.2	7.7
FeFree	39.0	17.5	12.9

Bijlage 7. Berekende variatie van parameters in de vaste fase van de bodem

Graafschap Var. Vaste Fase

bestand grondvar.xls

	Al-ox				Fe-ox				Fe+Al									
	gem15	gem45	gem75	sd75	gem15	gem45	gem75	sd75	gem15	gem45	gem75	sd75						
gebruik	71.26	81.12	47.30	5.69	8.80	1.83	24.81	13.85	7.34	4.01	1.45	0.49	96.06	94.96	54.64	9.70	10.25	2.33
bos	21.66	36.84	42.45	1.20	1.59	3.31	24.02	17.28	18.23	0.73	3.62	1.58	45.67	54.12	60.68	0.47	2.03	1.73
	gem/isd	gem/isd	gem/isd	33.83	80.03	14.31	gem/isd	gem/isd	gem/isd	16.60	13.21	2.73	gem/isd	gem/isd	gem/isd	94.34	109.24	8.41
	46.46	58.98	44.87		24.41	15.56	12.78		70.87	74.54	57.66							
	35.07	31.31	3.43		0.56	2.43	7.70		35.63	28.88	4.27							
tussen & binnen	75.50	53.09	7.63	4.11	6.33	2.67			2.98	2.76	1.17					6.87	7.39	2.05
				8.85	10.73	5.96	2.29	15.61	60.21	11.80	17.72	9.14	50.28	38.75	7.41	9.69	9.92	3.56
gebruik	43.49	55.74	101.54	4.45	4.70	2.82	60.95	47.87	26.42	1.61	7.35	3.93	104.43	103.61	127.96	2.84	2.66	6.75
gras	34.68	36.84	72.90	0.61	0.63	3.08	47.96	53.38	81.22	1.75	2.14	0.60	82.64	90.22	104.11	2.36	1.51	2.47
	gem/isd	gem/isd	gem/isd	20.15	22.44	17.42	gem/isd	gem/isd	gem/isd	5.65	58.64	15.82	gem/isd	gem/isd	gem/isd	13.66	9.34	51.73
	39.08	46.29	87.22		54.45	50.63	28.82		93.54	96.91	116.03							
	6.23	13.37	20.25		9.18	3.90	3.39		15.41	9.47	16.86							
	15.93	28.88	23.22	3.17	3.35	2.95			1.68	5.41	2.81					2.61	2.16	5.09
				8.12	7.24	3.38	16.86	7.70	11.77	3.09	10.70	9.76	16.47	9.77	14.53	2.79	2.23	4.38
gebruik	35.64	27.85	36.09	2.63	2.17	7.75	62.45	76.45	28.75	1.16	2.09	1.82	98.09	104.30	64.84	1.47	0.08	9.57
bouwland	37.38	44.00	92.43	0.59	6.07	20.01	26.79	36.46	28.68	0.56	1.29	0.35	64.17	80.46	121.11	1.15	7.36	20.36
	gem/isd	gem/isd	gem/isd	7.27	41.61	460.51	gem/isd	gem/isd	gem/isd	1.66	6.04	3.45	gem/isd	gem/isd	gem/isd	3.49	54.19	506.10
	36.51	35.92	64.26		44.62	56.46	28.71		81.13	92.38	92.37							
	1.23	11.42	39.84		25.22	28.28	0.05		23.99	16.66	39.79							
	3.37	31.79	62.00	1.91	4.56	15.17			0.91	1.74	1.31					1.32	5.21	15.91
				5.22	12.70	23.61	56.52	50.09	0.18	2.04	3.08	4.57	29.57	18.25	42.79	1.68	5.63	17.11

Graatschap Var. Vaste Fase bestand grondvar.xls	N-tot												%Cly												CEC			
	g N/kg												meas												meas			
	perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75			
gebruik	99	1.16	0.37	0.29	0.04	0.03	0.04	1.75	1.85	1.80	0.07	0.49	0.14	3.55	0.50	0.10	0.07	0.00	0.00									
bos	115	1.07	0.42	0.40	0.18	0.04	0.02	3.60	3.35	3.40	0.14	0.07	0.42	3.80	1.35	1.50	0.14	0.21	0.28									
bos		gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.04	0.00	0.00	gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.02	0.25	0.20	gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.03	0.04	0.08									
		1.11	0.39	0.34				2.68	2.60	2.60				3.68	0.93	0.80												
		0.06	0.03	0.08				1.31	1.06	1.13				0.18	0.60	0.99												
					0.13	0.03	0.03				0.11	0.35	0.32				0.11	0.15	0.20									
tussen & binn		5.40	8.58	22.88	11.90	8.60	8.57	48.90	40.79	43.51	4.18	13.60	12.16	4.81	64.98	123.74	3.04	16.22	25.00									
gebruik	5	2.86	1.28	0.82	0.27	0.16	0.06	4.05	3.15	2.15	0.07	0.49	0.64	6.35	2.65	1.70	0.35	0.21	0.28									
gras	12	3.02	1.54	0.72	0.13	0.14	0.05	4.90	4.05	2.80	0.28	0.21	0.14	6.75	2.60	0.75	0.35	0.28	0.21									
gras		gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.09	0.05	0.01	gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.08	0.29	0.43	gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.25	0.13	0.13									
		2.94	1.41	0.77				4.48	3.60	2.48				6.55	2.63	1.23												
		0.11	0.19	0.07				0.60	0.64	0.46				0.28	0.04	0.67												
		3.73	13.31	9.67	7.23	10.83	6.93	13.43	17.68	18.57	4.61	10.58	18.63	4.32	1.35	54.84	5.40	9.52	20.41									
gebruik	43	2.77	2.65	0.83	0.18	0.18	0.08	3.35	3.00	1.90	0.07	0.00	0.42	5.00	3.45	0.95	0.14	0.07	0.35									
bouwland	52	3.34	2.71	1.61	0.08	0.06	0.42	3.05	2.85	2.40	0.21	0.07	0.42	6.25	5.50	3.85	0.07	0.14	0.49									
bouwland		gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.04	0.04	0.18	gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.05	0.01	0.36	gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.02	0.02	0.37									
		3.05	2.68	1.22				3.20	2.93	2.15			5.63	4.48	2.40													
		0.40	0.04	0.55				0.21	0.11	0.35			0.88	1.45	2.05													
		13.09	1.45	45.01	4.62	5.14	24.73	6.63	3.63	16.44	4.94	1.71	19.73	15.71	32.39	85.44	1.99	2.50	17.92									

Graafschap Var. Vaste Fase		Poros%										pH-KCl										C-org				
bestand grondvar.xls		g C/kg																								
gebruik	perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	
bos	99	44.40	47.45	46.80	0.00	0.07	0.00	3.84	4.45	4.64	0.04	0.01	0.00	0.06	27.80	6.01	1.78	0.00	0.77	0.30						
bos	115	47.10	46.15	45.80	0.28	0.07	0.00	3.42	4.25	4.31	0.05	0.01	0.01	0.01	18.00	5.52	5.66	2.26	0.46	0.08						
					0.08	0.01	0.00				0.00	0.00	0.00	0.00							5.12	0.81	0.10			
		45.75	46.80	46.30	0.20	0.07		3.63	4.35	4.47					22.90	5.76	3.72									
		1.91	0.92	0.71				0.30	0.14	0.24					6.93	0.35	2.74									
		*Tussen, %"																								
		4.17	1.96	1.53	0.44	0.15	0.00	8.28	3.25	5.30	1.27	0.16	0.11	6.15	30.26	6.02	73.85	6.99	11.02	5.97	1.60	0.63	0.22			
	tussen & binnen																									
		*Binnen, %"																								
gebruik	perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	
gras	5	45.40	48.15	48.90	0.14	0.49	0.57	4.94	4.34	4.47	0.37	0.11	0.01	0.88	38.60	22.45	15.55	1.27	4.60	4.88						
gras	12	43.25	44.85	46.55	0.35	0.07	0.07	5.04	4.15	4.46	0.12	0.00	0.01	0.06	39.75	27.30	9.02	3.32	0.85	0.37						
					0.15	0.25	0.32	gem15	gem15	gem15	0.15	0.01	0.00	0.77	gem15	gem15	gem15	12.67	21.85	23.95						
		44.33	46.50	47.73				4.99	4.24	4.46				39.18	24.88	12.28										
		1.52	2.33	1.66				0.07	0.13	0.00				0.81	3.43	4.62										
		3.43	5.02	3.48	0.61	0.76	0.84	1.42	3.08	0.08	5.58	1.77	0.25	28.10	2.08	13.79	37.62	6.42	13.29	28.17	2.52	3.30	3.46			
gebruik	perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	
bouwland	43	44.75	41.60	49.20	0.21	0.71	0.14	3.75	3.92	4.25	0.07	0.06	0.05	0.21	45.15	52.05	14.30	1.63	6.15	1.13						
bouwland	52	45.50	49.30	51.95	0.14	0.00	0.92	4.12	3.73	4.04	0.02	0.04	0.07	1.72	59.05	54.55	33.85	1.06	0.07	9.55						
					0.06	0.50	0.86	gem15	gem15	gem15	0.01	0.00	0.01	2.99	gem15	gem15	gem15	3.77	37.85	92.41						
		gem15	gem15	gem15				3.93	3.83	4.14				52.10	53.30	24.08										
		45.13	45.45	50.58				0.26	0.13	0.14				9.83	1.77	13.82										
		0.53	5.44	1.94	0.18	0.50	0.66				0.05	0.05	0.06	1.22												
		1.18	11.98	3.64	0.40	1.10	1.30	6.56	3.51	3.50	1.33	1.31	1.47	28.23	18.87	3.32	57.42	2.64	8.16	28.23	1.37	4.35	6.80			

Graafschap Var. Vaste Fase		P-ox			P-tot			P/Fe+Al											
bestand grondvar.xls		mmol/kg			mmol/kg			(oxal)											
gebruik	perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75						
bos	99	1.30	1.39	1.08	0.28	0.12	0.16	3.30	2.49	2.07	0.16	0.11	0.25	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00
bos	115	2.72	0.94	0.95	0.16	0.38	0.32	5.55	3.47	3.14	0.13	0.42	0.06	0.06	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00
		gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.10	0.16	0.13	gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.04	0.19	0.06	gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.00	0.00	0.00
		2.01	1.16	1.01	4.43	2.98	2.60	1.59	0.69	0.76	0.03	0.00	0.00	0.04	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00
		1.00	0.31	0.09	0.23	0.28	0.25	0.14	0.31	0.18	0.14	0.31	0.18	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
tussen & binnen		50.08	27.07	9.10	11.29	24.35	25.02	35.95	23.15	29.21	3.21	10.27	6.90	89.40	12.98	17.23	5.64	33.93	24.60
gebruik	perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75
gras	5	25.78	12.79	7.92	3.45	1.24	3.17	32.26	16.17	9.79	2.38	0.97	3.20	0.25	0.12	0.06	0.03	0.01	0.02
gras	12	21.41	14.69	12.06	0.23	1.00	0.03	27.18	16.93	13.84	0.89	0.99	0.31	0.26	0.16	0.12	0.00	0.01	0.00
		gem/sd	gem/sd	gem/sd	11.96	2.54	10.04	gem/sd	gem/sd	gem/sd	6.47	1.92	10.36	gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.00	0.00	0.00
		23.60	13.74	9.99	29.72	16.55	11.81	3.59	0.54	2.87	1.80	0.98	2.28	0.25	0.14	0.09	0.02	0.01	0.02
		3.09	1.34	2.93	2.45	1.13	2.24	1.80	0.54	2.87	1.80	0.98	2.28	0.01	0.03	0.04	0.02	0.01	0.02
		13.10	9.75	29.30	10.36	8.21	22.42	12.08	3.27	24.27	6.05	5.92	19.26	3.52	19.45	43.55	7.47	6.01	17.27
gebruik	perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75
bouwland	43	43.11	18.80	7.79	1.65	0.18	1.53	46.00	21.43	9.26	4.73	1.07	1.82	0.44	0.18	0.12	0.02	0.00	0.01
bouwland	52	21.81	12.10	7.02	0.04	0.75	0.71	25.63	13.95	8.76	0.40	0.52	0.21	0.34	0.15	0.06	0.01	0.00	0.00
		gem/sd	gem/sd	gem/sd	2.72	0.59	2.84	gem/sd	gem/sd	gem/sd	22.54	1.41	3.37	gem/sd	gem/sd	gem/sd	0.00	0.00	0.00
		32.46	15.45	7.40	35.81	17.69	9.01	14.40	5.29	0.36	3.36	0.84	1.30	0.39	0.17	0.09	0.02	0.00	0.00
		15.06	4.73	0.55	1.17	0.54	1.19	3.36	0.84	1.30	9.37	4.74	14.41	18.10	12.65	48.96	4.41	2.09	5.59
		46.41	30.65	7.40	3.59	3.53	16.11	40.22	29.91	3.96	9.37	4.74	14.41	18.10	12.65	48.96	4.41	2.09	5.59

Graafschap Var. Waste Fase		P-tot mg/kg					P-w ng P205/L					Cd ppm								
bestand grondvar.xls		perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75
gebruik		99	102.41	77.27	63.95	4.87	3.47	7.77	7.55	6.95	5.85	1.06	0.78	0.21	0.13	0.06	0.02	0.10	0.03	0.01
bos		115	172.07	107.43	97.30	4.02	12.76	1.81	16.10	10.90	7.40	1.13	4.24	0.14	0.09	0.08	0.09	0.06	0.06	0.01
			gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd
			39.87	174.96	63.67	39.87	174.96	63.67	11.83	8.93	6.63	2.40	18.61	0.06	0.11	0.07	0.05	0.01	0.00	0.00
			137.24	92.35	80.82	137.24	92.35	80.82	6.05	2.79	1.10	0.03	0.01	0.05						
			49.26	21.33	23.59	4.46	9.35	5.64				1.10	3.05	0.18				0.08	0.04	0.01
tussen & binnen			35.89	23.09	29.25	3.25	10.13	7.00	51.13	31.29	16.54	9.27	34.17	2.72	29.60	20.20	101.02	77.41	63.89	21.30
gebruik		5	999.91	501.23	303.19	73.91	30.08	99.30	49.90	16.40	9.00	5.23	0.00	0.99	0.29	0.12	0.08	0.04	0.02	0.01
gras		12	842.62	524.84	429.09	27.63	30.63	9.69	59.85	19.35	15.40	11.24	0.07	4.53	0.26	0.10	0.04	0.04	0.05	0.04
			gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd
			6225.84	1843.14	9954.27	6225.84	1843.14	9954.27	54.86	17.88	12.20	153.78	0.00	21.46	0.27	0.11	0.06	0.00	0.00	0.00
			921.27	513.04	366.14	921.27	513.04	366.14	7.04	2.09	4.53	8.77	0.05	3.28				0.04	0.04	0.03
			111.22	16.69	69.02	55.79	30.36	70.55				15.98	0.28	26.85	9.08	13.47	43.04	14.33	36.27	52.89
			12.07	3.25	24.31	6.06	5.92	19.27	12.82	11.67	37.09									
gebruik		43	1425.81	664.17	287.10	146.68	33.17	56.61	244.95	41.90	20.70	35.71	3.54	3.39	0.26	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01
bouwland		52	784.34	432.28	271.49	12.63	15.83	6.39	149.95	36.65	8.60	4.03	0.49	0.00	0.33	0.16	0.11	0.01	0.04	0.04
			gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd	gem/isd
			21673.09	1350.71	3245.66	21673.09	1350.71	3245.66	197.45	39.28	14.65	1291.37	12.74	11.52	0.30	0.12	0.07	0.00	0.00	0.00
			1110.07	548.22	279.27	1110.07	548.22	279.27	67.18	3.71	8.56									
			446.51	163.97	11.08	104.10	25.99	40.28				25.41	2.52	2.40	0.05	0.08	0.06	0.01	0.03	0.03
			40.22	29.91	3.97	9.38	4.74	14.43	34.02	9.45	58.40	12.87	6.43	16.38	16.78	70.71	97.91	4.79	26.35	48.65

Graatschap Var. Vaste Fase		Pb			Cu			Zn											
bestand grondvar.xls		ppm			ppm			ppm											
gebruik	perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75						
bos	99	12.60	2.82	2.02	0.62	0.22	0.08	2.10	0.86	0.73	0.52	0.17	0.01	9.43	9.04	8.24	0.62	0.33	0.04
bos	115	19.29	4.20	3.88	1.83	0.76	0.03	6.92	1.90	1.67	4.91	0.81	0.08	17.04	13.82	13.31	3.10	0.13	0.38
		gem/sd	gem/sd	gem/sd	3.73	0.62	0.01	gem/sd	gem/sd	gem/sd	24.35	0.69	0.01	gem/sd	gem/sd	gem/sd	10.01	0.12	0.15
		15.94	3.51	2.95				4.51	1.38	1.20				13.23	11.43	10.78			
		4.73	0.98	1.32				3.41	0.73	0.66				5.38	3.38	3.59			
					1.37	0.56	0.06				3.49	0.59	0.06				2.24	0.25	0.27
tussen & binnen		29.68	27.84	44.58	8.57	15.89	2.14	75.69	53.13	55.62	77.41	42.64	4.62	40.67	29.57	33.27	16.91	2.16	2.52
gebruik	perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75
gras	5	20.49	6.69	3.31	2.51	0.22	0.04	12.61	4.24	1.73	1.80	0.31	0.01	29.56	11.19	9.97	4.77	0.16	2.31
gras	12	21.36	8.16	3.27	0.84	0.47	0.28	10.92	4.57	3.47	0.66	0.18	0.24	31.98	12.34	14.28	2.43	0.18	0.01
		gem/sd	gem/sd	gem/sd	7.01	0.27	0.08	gem/sd	gem/sd	gem/sd	3.66	0.13	0.06	gem/sd	gem/sd	gem/sd	28.63	0.06	5.31
		20.92	7.42	3.29				11.76	4.40	2.60				30.77	11.76	12.13			
		0.62	1.04	0.03				1.20	0.23	1.23				1.71	0.81	3.05			
		2.94	14.01	0.86	8.95	4.97	5.98	10.19	5.22	47.32	11.50	5.75	6.55	5.56	6.91	25.14	12.30	1.44	13.44
					1.87	0.37	0.20				1.35	0.25	0.17				3.78	0.17	1.63
gebruik	perceel	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75	gem15	gem45	gem75	sd15	sd45	sd75
bouwtand	43	18.62	7.18	3.60	3.78	0.20	0.65	29.85	6.54	2.36	4.45	1.10	0.19	29.80	13.76	8.52	1.88	1.12	2.15
bouwtand	52	19.46	8.48	4.85	0.64	0.11	0.06	16.08	4.17	1.76	0.76	0.74	1.44	19.23	7.80	6.93	0.51	0.45	1.51
		gem/sd	gem/sd	gem/sd	14.73	0.05	0.43	gem/sd	gem/sd	gem/sd	20.43	1.74	2.10	gem/sd	gem/sd	gem/sd	3.80	1.45	6.89
		19.04	7.83	4.22				22.97	5.35	2.06				24.52	10.78	7.72			
		0.59	0.92	0.88				9.74	1.67	0.42				7.47	4.22	1.13			
		3.12	11.74	20.85	14.25	2.06	10.95	42.40	31.24	20.65	13.92	17.44	49.83	30.49	39.14	14.60	5.62	7.89	24.03
					2.71	0.16	0.46				3.20	0.93	1.02				1.38	0.85	1.86