



Evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom

Alterra-rapport 1911
ISSN 1566-7197

J. Roelsma en M. Knotters

Evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom

In opdracht van provincie Drenthe.

Evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom

**J. Roelsma
M. Knotters**

Alterra-rapport 1911

Alterra, Wageningen, 2009

REFERAAT

Roelsma, J. en M. Knotters, 2009. *Evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche AA en Elperstroom*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1911. 126 blz.; 69 fig.; 7 tab.; 9 ref.

In opdracht van de provincie Drenthe is een evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom uitgevoerd. Het bodemkwaliteitsmeetnet is in 1994 ingericht om de effecten van maatregelen in het kader van het ROM/WCL-project in het stroomgebied van de Drentsche Aa en Elperstroom te kunnen monitoren. Uit de evaluatie blijkt dat de gemeten nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater onder landbouwgronden met een factor 2 de nitraatrichtlijn overschrijden. Tevens neemt het aandeel fosfaatverzadigde gronden in de landbouwgebieden toe. Hierbij neemt het risico toe dat in de toekomst de doelen met betrekking tot de Kader Richtlijn Water niet worden gehaald.

Trefwoorden: Drentsche Aa, Elperstroom, meetnet, bodemkwaliteit, nitraatconcentratie, fosfaatverzadigde gronden, zware metalen, evaluatie.

ISSN 1566-7197

Dit rapport is gratis te downloaden van www.alterra.wur.nl (ga naar 'Alterra-rapporten'). Alterra verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten. Gedrukte exemplaren zijn verkrijgbaar via een externe leverancier. Kijk hiervoor op www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2009 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 480700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

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

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
1.1 Aanleiding evaluatie bodemkwaliteitsmeetnet	13
1.2 Leeswijzer	13
2 Analyse van de meetnetinrichting	15
2.1 Doelen van de meetnetinrichting	15
2.2 Selectie van locaties en tijdstippen	15
2.2.1 Selectie van locaties	15
2.2.2 Selectie van tijdstippen	19
2.3 Aansluiting van dataverzameling op informatiebehoefte	19
3 Resultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet	21
3.1 Bovenste grondwater	21
3.1.1 Nitraat	21
3.1.2 Ammonium	28
3.1.3 Fosfaat	30
3.1.4 Kalium	33
3.1.5 Chloride	36
3.1.6 Elektrisch geleidingsvermogen (EGV)	40
3.1.7 Zuurgraad (pH)	41
3.1.8 Zware metalen	42
3.2 Bodem	45
3.2.1 Fosfaat (Pw-getal, P-Al-getal en fosfaatverzadiging)	45
3.2.2 Totaal-fosfor	52
3.2.3 C/N-ratio	54
3.2.4 Zware metalen	56

4	Relatie met andere meetnetten	61
4.1	Provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe	61
4.1.1	Nitraat in het bovenste grondwater	62
4.1.2	Fosfaat in de bodem	66
4.2	Bedreven Bedrijven Drenthe	73
4.2.1	Nitraat in het bovenste grondwater	73
4.2.2	Fosfaat in de bodem	76
4.3	Meetnet oppervlaktewaterkwaliteit Drentsche Aa	82
5	Discussie, conclusies en aanbevelingen	85
	Literatuur	91
Bijlage 1	Resultaten bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom	93
Bijlage 2	Gemiddelde indexcijfers voor nitraat voor de homogene deelgebieden natuurgronden in de Drentsche Aa en Elperstroom	125

Woord vooraf

In opdracht van de provincie Drenthe is een evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom uitgevoerd. Het bodemkwaliteitsmeetnet is in 1994 ingericht om de effecten van maatregelen in het kader van het ROM/WCL-project in het stroomgebied van de Drentsche Aa en Elperstroom te kunnen monitoren. Bij de opzet van het meetnet is besloten dat na een periode van minimaal twaalf jaren van monitoren een evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet uitgevoerd dient te worden. In 2008 is de start met deze evaluatie gemaakt. Het voorliggende rapport geeft de opzet, resultaten, conclusies en aanbevelingen van deze evaluatie weer.

Een woord van dank gaat uit naar de begeleidingscommissie van dit project voor het meedenken over de opzet van de evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet en het becommentariëren van dit rapport. De begeleidingscommissie bestond uit:

- Anton Dries (Afdeling Duurzame Ontwikkeling, provincie Drenthe)
- Thea Harmelink (Afdeling Duurzame Ontwikkeling, provincie Drenthe)
- Kees Folkertsma (Afdeling Ruimtelijke Ontwikkeling, provincie Drenthe)
- Alex Scheper (Afdeling Duurzame Ontwikkeling, provincie Drenthe)
- Eeuwe Dijk (Afdeling Ruimtelijke Ontwikkeling, provincie Drenthe)

Voor informatie over deze evaluatie kunt u zich wenden tot de hoofdauteur:

Jan Roelsma

0317 - 48 64 53

jan.roelsma@wur.nl

Samenvatting

Het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom is in 1994 versneld ingericht in verband met het ROM/WCL-project in de Drentsche Aa en Elperstroom. Het doel van het meetnet is een beeld te krijgen van de huidige toestand van de bodem en het ondiep grondwater met betrekking tot de thema's vermesting en verspreiding. Daarnaast dient het meetnet veranderingen in de bodemkwaliteit (en het bovenste grondwater) te signaleren, zodat vastgesteld kan worden of maatregelen effect hebben gehad en doelstellingen met betrekking tot de bodemkwaliteit gehaald worden.

Het meetnet bestaat uit 67 meetlocaties. Daarvan liggen 37 locaties op landbouwgronden en 30 locaties op natuurterreinen of natuurlijk beheerd grasland. De 67 meetlocaties maken onderdeel uit van een indeling van zeven homogene deelgebieden. Deze indeling is gebaseerd op een combinatie van een landgebruikskaart en bodemkaart. Omdat de oorspronkelijke indeling te veel combinaties opleverde (66 combinaties) zijn om kostenreducerende redenen de grootste homogene deelgebieden geselecteerd. Uiteindelijk zijn zeven homogene deelgebieden bepaald. Het betreft hier de homogene deelgebieden:

- natuurlijke graslanden op eerdveen;
- grasland op eerdveen;
- grasland op podzol;
- bouwland op podzol;
- loofbos op podzol;
- naaldbos op podzol;
- heide op podzol.

De zeven homogene deelgebieden samen beslaan ruim 50% van de totale oppervlakte van het stroomgebied van de Drentsche Aa en de Elperstroom.

Op de 67 meetlocaties is vanaf voorjaar 1995 jaarlijks het ondiepe grondwater bemonsterd op aanwezigheid van nutriënten (nitraat, ammonium, fosfaat en kalium), chloride en zware metalen. Eveneens is jaarlijks het elektrisch geleidingsvermogen en de zuurgraad van het bovenste grondwater bepaald. De bodem is vanaf najaar 1994 eenmaal in de vier jaar op de aanwezigheid van nutriënten en eenmaal in de acht jaar op de aanwezigheid van zware metalen bemonsterd.

Voor de kwaliteit van het ondiepe grondwater is nitraat de belangrijkste parameter. De meetlocaties op landbouwpercelen op zandgrond (homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol) laten hoge nitraatconcentraties zien. De gemiddelde nitraatconcentratie over de periode 1995 - 2009 is ruim $100 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ voor deze twee homogene deelgebieden ($103 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ voor grasland op podzol en $106 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ voor bouwland op podzol). Hiermee wordt voor deze homogene deelgebieden de nitraatrichtlijn van $50 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ ruimschoots overschreden. De gemiddelde nitraatconcentraties in de andere deelgebieden (natuurterreinen en veen-

gronden) liggen ruim onder de nitraatrichtlijn. Verder is er geen duidelijke trend in de tijd in de nitraatconcentraties waar te nemen. Wanneer de nitraatconcentraties worden gecorrigeerd voor neerslageffecten (gemeten nitraatconcentraties zijn sterk afhankelijk van de weersomstandigheden voorafgaand aan de bemonstering) is er na 2006 een lichte stijging van de nitraatconcentraties in de meetlocaties op de landbouwpercelen op zandgronden waarneembaar. Deze stijging is mogelijkterwijs het gevolg van de nieuwe mestwetgeving welke vanaf 1 januari 2006 in werking is getreden.

De gemeten ammonium- en fosfaatconcentraties in het ondiepe grondwater zijn op de meeste meetlocaties onder de streef- of advieswaarde. Alleen op de meetlocaties op de veengronden zijn de gemeten concentraties hoger. Dit komt doordat deze locaties door (nutriëntenrijk) kwelwater worden beïnvloedt en doordat nutriënten onder natte omstandigheden sneller uitspoelen.

De gemeten kaliumconcentraties in het ondiepe grondwater laten veel overeenkomsten zien met de gemeten nitraatconcentraties. De meetlocaties in de homogene deelgebieden grasland en bouwland op podzol laten hogere meetwaarden zien. De hogere concentraties worden veroorzaakt door (kalium)bemesting van deze gronden en de maten van uitspoelingsgevoeligheid van de podzolgronden. Op enkele meetlocaties wordt de drinkwaternorm overschreden.

Ook de gemeten chlorideconcentraties in het ondiepe grondwater laten veel overeenkomsten zien met de gemeten nitraatconcentraties. Dit is te verklaren omdat chloride in het grondwater onder landbouwgronden hoofdzakelijk afkomstig is van het gebruik van kunstmest en dierlijke mest. Alle waarnemingen blijven onder de streefwaarde.

Voor de waarnemingen van ammonium, fosfaat, kalium en chloride in het grondwater is geen trend waar te nemen.

Het gemeten elektrisch geleidingsvermogen (EGV) is een maat voor het totale gehalte aan zouten in het grondwater. Deze vertoont dan ook een sterk verband met het gemeten chloridegehalte in het grondwater.

De meetwaarden voor de zuurgraad (pH) van het grondwater zijn voor de podzolgronden lager dan voor de veengronden. Op de landbouwgronden op podzol wordt de stikstof in dierlijke mest omgezet naar nitraat waarbij H^+ -ionen vrijkomen en er dus sprake is van verzuring. Daarnaast is de chemische buffercapaciteit van podzolgronden lager dan van veengronden. Uit de metingen van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa blijkt dat voor de natuurgronden de zuurgraad gemiddeld iets onder de streefwaarde van 5,0 ligt.

De meeste gemeten gehalten aan zware metalen in het ondiepe grondwater liggen onder de streefwaarde. Voor cadmium, koper en zink worden op enkele meetlocaties de streefwaarde overschreden. Echter, voor chroom wordt bijna in alle meetlocaties de streefwaarde van $1 \mu g.l^{-1}$ overschreden. Omdat er voor een beperkt aantal jaren

meetgegevens zijn van de concentraties aan zware metalen in het ondiepe grondwater is niet gekeken naar trends in de meetreeksen.

Uit de metingen van de fosfaatparameters in de bodem over de periode 1994 - 2008 blijkt dat het aandeel fosfaatverzadigde gronden in het stroomgebied van de Drentsche Aa en Elperstroom is toegenomen. Ook de meetwaarden voor de bodemvruchtbaarheidsparameters (Pw-getal en P-Al-getal) liggen tussen voldoende en vrij hoog. Met name de bodemvruchtbaarheid van de bouwlandgronden is hoog; circa de helft van de meetlocaties heeft een meetwaarde in de waardering vrij hoog.

De meetwaarden van zware metalen in de bodem liggen nagenoeg allemaal onder de streefwaarde. Alleen voor cadmium en lood worden op enkele meetlocaties de streefwaarde overschreden. Voor nikkel wordt slechts op één meetlocatie de streefwaarde overschreden. Voor lood en cadmium worden hogere meetwaarden in de homogene deelgebieden loofbos, naaldbos en heide op podzol aangetroffen. De aanwezigheid van veel organisch materiaal in de strooisellaag (voor de natuurgebieden wordt de strooisellaag in plaats van de bodem bemonsterd), waaraan de metalen zich kunnen binden, zou hiervoor een verklaring zijn. Dit wordt bevestigd door de lage waarnemingen van lood en cadmium in het bovenste grondwater voor deze homogene deelgebieden. De waargenomen kopergehalten in de landbouwgebieden zijn daarentegen hoger dan in de natuurgebieden. Dit komt door het gebruik van (koperhoudende) meststoffen.

Omdat er voor slechts twee meetjaren (1994 en 2002) meetgegevens van het gehalte metalen in de bodem of strooisellaag zijn is niet gekeken naar trends in de meetreeksen.

Uit de vergelijking met de meetresultaten van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe blijkt dat voor de nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater zowel de toestand (hoogte van de meetwaarden) als de trend grote gelijkenissen vertoont met die van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom. Met betrekking tot de fosforparameters in de bodem blijkt dat in de meetlocaties van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet hogere waarden worden aangetroffen (toestand), maar dat de trend van de waarnemingen grote gelijkenissen vertoont met de waarnemingen in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom. De meetresultaten van de meetlocaties op de landbouwbedrijven van Bedreven Bedrijven Drenthe tonen aan dat het optimaliseren van de nutriëntenkringlopen op landbouwbedrijven kan leiden tot significante dalingen van de nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater en fosfaattoestand van de bodem.

De meetresultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom kunnen worden gezien als een vroeg waarschuwingssignaal (early warning system) met betrekking tot de oppervlaktewaterkwaliteit in het stroomgebied van de Drentsche Aa en Elperstroom. Uit metingen in het oppervlaktewater van de Drentsche Aa blijkt dat met name voor fosfor de gemiddelde meetwaarde voor de periode 2004 - 2008 gelijk is aan de norm. Echter, het aantal piekconcentraties voor fosfor neemt in de laatste twee jaar toe. Dit beeld is in overeenstemming met de

toename in de waargenomen fosfaattoestand van de bodem zoals gemonitord in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom. Daarnaast kan fosfaat via zwevende deeltjes in het oppervlaktewater getransporteerd worden naar benedenstroomse overloopgebieden. Op deze wijze kunnen nutriëntenarme gronden worden verrijkt met fosfaat. Uit enkele meetlocaties van het florameetnet komt naar voren dat er een verschuiving is van voedselarme naar voedselrijke plantensoorten.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding evaluatie bodemkwaliteitsmeetnet

In 1994 is het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom versneld ingericht in verband met het ROM/WCL-project in de genoemde gebieden (ROM/WCL, 1998). Het Rijk, de provincie en andere betrokkenen hebben in deze gebieden een specifiek gebiedsgericht milieubeleid en -maatregelen ontwikkeld om versneld een betere milieukwaliteit te bereiken. Het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom heeft als doel om de toestand van de bodem- en grondwaterkwaliteit met betrekking tot de thema's vermessing en verspreiding vast te leggen en de veranderingen van de toestand te volgen in de tijd (Seine, 1996). Het ontwerp van dit meetnet is opgesteld door Tauw Milieu B.V. en is beschreven in het rapport 'bodemkwaliteitsmeetnet stroomgebied Drentsche Aa en Elperstroom (ontwerp)'. (Van de Griendt, 1994). De looptijd van het meetnet is gesteld op twaalf jaar, met een evaluatie van het meetnet aan het einde van deze periode.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt nader in gegaan op de inrichting van het bodemkwaliteitsmeetnet. Op basis van de oorspronkelijke doelen van het meetnet (paragraaf 2.1) wordt vervolgens uitgelegd hoe de selectie van locaties en tijdstippen van het meetnet tot stand is gekomen (paragraaf 2.2). Tevens wordt aangegeven in hoeverre met de verzamelde gegevens informatie kan worden geleverd met betrekking tot status-monitoring, trend- en effectmonitoring en compliance monitoring (paragraaf 2.3). In hoofdstuk 3 worden de resultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet beschreven. In het eerste deel van dit hoofdstuk worden de meetresultaten voor het bovenste grondwater beschreven (paragraaf 3.1), in het tweede deel worden de meetresultaten voor de bodem of de strooisellaag beschreven (paragraaf 3.2). Om de meetresultaten voor de gebieden Drentsche Aa en Elperstroom beter te kunnen plaatsten en interpreteren worden in hoofdstuk 4 de resultaten vergeleken met meetresultaten van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet (paragraaf 4.1) en meetresultaten van agrarische bedrijven die aangesloten zijn bij het project Bedreven Bedrijven Drenthe (paragraaf 4.2). Omdat stoffen onder bepaalde omstandigheden kunnen uitspoelen vanuit het bodemsysteem naar het oppervlaktewater zijn aan het einde van dit hoofdstuk de waarnemingen van de oppervlaktewaterkwaliteit in de Drentsche Aa vergeleken met de meetresultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (paragraaf 4.3). In hoofdstuk 5 tenslotte worden de resultaten bediscussieerd en wordt een aantal conclusies getrokken. Deze evaluatie van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom eindigt met het aanreiken van een aantal aanbevelingen.

2 Analyse van de meetnetinrichting

2.1 Doelen van de meetnetinrichting

Het doel van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom is een beeld te krijgen van de huidige toestand van de bodem en het ondiepe grondwater met betrekking tot de thema's vermessing en verspreiding. Daarnaast dient het meetnet om veranderingen in de bodemkwaliteit (en het bovenste grondwater) te signaleren, zodat vastgesteld kan worden of maatregelen effect hebben gehad en doelstellingen met betrekking tot de bodemkwaliteit gehaald worden (Dries, 2000). Op basis van de doelen vinden de volgende typen monitoring gelijktijdig plaats (Knotters, 2008):

1. statusmonitoring, het beschrijven van de huidige toestand van de bodem en het ondiepe grondwater met betrekking tot vermessing en verspreiding;
2. trend- en effectmonitoring, het vaststellen of maatregelen effect hebben gehad;
3. *compliance*-monitoring, het vaststellen of doelstellingen met betrekking tot de bodemkwaliteit worden gehaald.

Elk doel stelt specifieke eisen aan de meetnetinrichting. In de volgende paragraaf analyseren we de wijze van selectie van locaties en tijdstippen, en beoordelen we hoe deze selectie aansluit bij de informatie die vereist is voor de verschillende doelen.

2.2 Selectie van locaties en tijdstippen

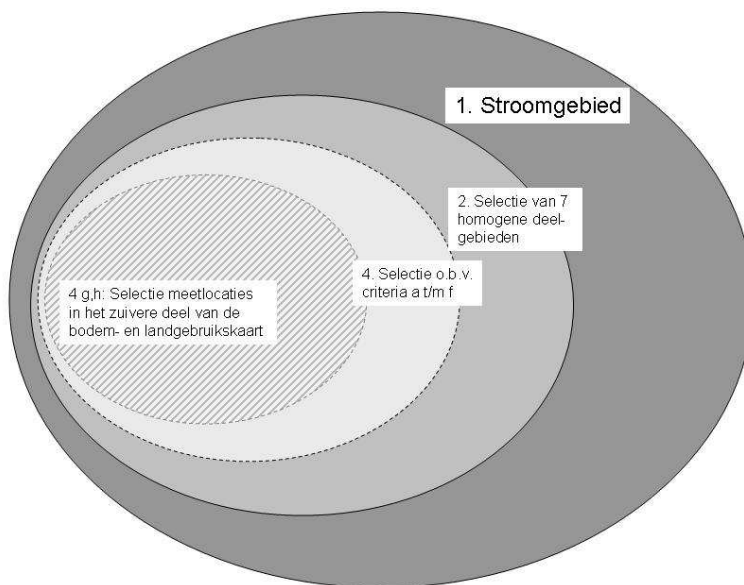
De basis van de meetnetinrichting is een selectie van locaties en tijdstippen waarop waarnemingen worden verricht. Deze selectiemethode is mede bepalend voor de informatie die de monitoring op kan leveren, en voor de keuze van de verwerkingsmethode om tot deze informatie te komen. Daarom is het belangrijk om na te gaan op welke wijze de meetlocaties en -tijdstippen zijn geselecteerd.

2.2.1 Selectie van locaties

Van de Griendt (1994, blz. 29-38) en Seine (1996, blz. 7-9) beschrijven de selectiemethode die bij de meetnetinrichting van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom is gevolgd. De selectie bestaat uit de volgende stappen (zie figuur 2.1):

1. Indeling in homogene deelgebieden, op basis van een combinatie van de landgebruikskaart en de bodemkaart schaal 1 : 50.000. Deze indeling levert 66 homogene deelgebieden op.
2. Beperking tot zeven homogene deelgebieden waarin wordt gemonitord. Deze beslaan 54,3% van de oppervlakte van het stroomgebied van de Drentsche Aa en de Elperstroom.
3. Bepaling van het aantal meetpunten per homogeen deelgebied, op basis van de variatie in het deelgebied en de oppervlakte van het deelgebied.

4. Selectie van de 67 meetlocaties verspreid over de geselecteerde zeven homogene deelgebieden. Bij de selectie in het veld zijn de volgende criteria gehanteerd (Seine, 1996, blz. 8-9):
- in natuurterreinen zijn in het geval van heide vooral locaties in natte heide-typen geselecteerd, omdat deze het meest waardevol en kenmerkend zijn voor het gebied;
 - er zijn vooral locaties in vrij oude loofbossen geselecteerd, in verband met de hoge natuurwaarde;
 - er zijn vooral locaties in relatief jonge naaldbossen geselecteerd, in de meeste gevallen in larixbossen;
 - er zijn in het homogene deelgebied 'grasland op podzolgrond' geen locaties geselecteerd in extensief beheerd grasland;
 - als wisselteelt van grasland en aardappelen vooraf bekend was, werden er geen locaties geselecteerd. Als achteraf bleek dat er wisselteelt plaatsvond, dan werden de locaties echter gehandhaafd;
 - typische maispercelen zijn niet geselecteerd als meetlocatie. Wel kan op geselecteerde gras- of bouwlandpercelen gedurende één jaar mais zijn verbouwd;
 - locaties met een ander bodemtype dan op de bodemkaart schaal 1 : 50.000 staat vermeld vallen af. In het onzuivere deel van de bodemkaart worden dus geen waarnemingen verricht;
 - locaties met een ander grondgebruik dan uit de satellietfoto's blijkt vallen af;
 - locaties van landeigenaren die toestemming weigeren vallen af (non-respons, ca. 15%).



Figuur 2.1 Venn diagram van het geselecteerde onderzoeksgebied in het stroomgebied van de Drentsche Aa en de Elperstroom.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de verdeling van de meetlocaties over de geselecteerde homogene deelgebieden. Hieruit blijkt dat 54,3% van het stroomgebied is geselecteerd voor monitoring. Hierbinnen is vervolgens de monitoring beperkt tot het zuivere deel van de combinatie van de bodemkaart schaal 1 : 50.000 en de landgebruikskaart. Wij zullen dit gebied in het vervolg het onderzoeksgebied noemen. Ligging en oppervlakte van het onderzoeksgebied zijn niet exact bekend. Het oppervlaktepercentage van de kaart dat overeenstemt met de werkelijkheid noemen we de kaartzuiverheid. Kaartzuiverheden hangen af van het aggregatieniveau van een kaart. Marsman en De Gruijter (1986) en Brus en Kiestra (2003) geven voor gedetailleerde bodemkaarten kaartzuiverheden van ca. 8 tot 25%, en voor meer globale bodemkaarten kaartzuiverheden rond ca. 60%. Omdat er in het geval van de meetnetinrichting voor de Drentsche Aa en Elperstroom geen onderscheid wordt gemaakt naar textuurklasse, schatten we de zuiverheid van de gecombineerde bodem- en landgebruikskaart op ca. 50%. Een validatiestudie is echter nodig om dit percentage nauwkeurig te bepalen.

Tabel 2.1 Geselecteerde homogene deelgebieden en verdeling van de meetlocaties hierover. Naar Van de Griendt (1994) en Seine (1996).

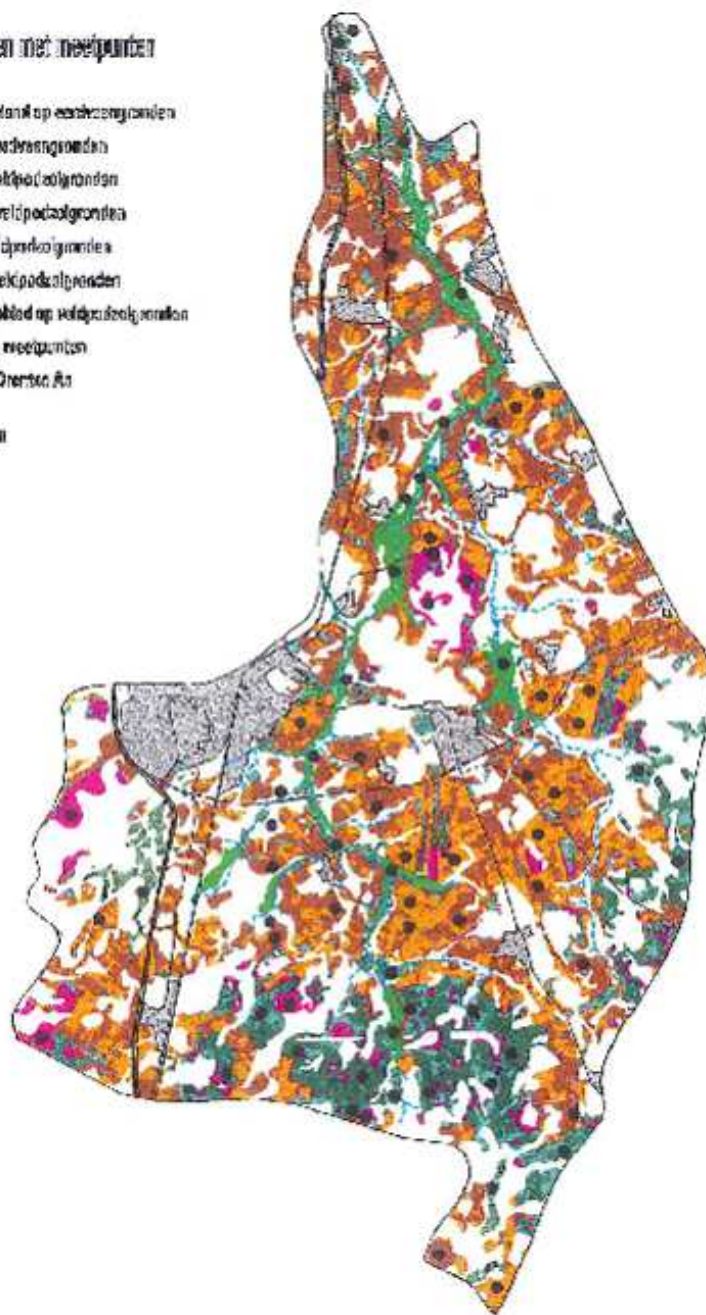
Homogeen deelgebied	Aantal meetlocaties	Oppervlakte (ha)	Oppervlaktefractie van stroomgebied (%)
Natuurlijk grasland op eerdveengrond	9	777	2,9
Grasland op eerdveengrond	7	720	2,7
Grasland op veldpodzolgrond	15	5.932	22,2
Bouwland op veldpodzolgrond	15	3.389	12,7
Naaldbos op veldpodzolgrond	7	1.803	6,7
Loofbos op veldpodzolgrond	7	1.150	4,3
Heide op veldpodzolgrond	7	759	2,8
Totaal onderzoeksgebied	67	14.530	54,3
Totaal stroomgebied	67	26.734	100

In figuur 2.2 zijn de locaties van de geselecteerde meetpunten in de Drentsche Aa en Elperstroom weergegeven. Hieruit blijkt dat de niet in beschouwing genomen gebieden (de witte gebieden in figuur 2.2) regelmatig verdeeld zijn in het studiegebied.

Bodemkwaliteitsmeetnet Drentse Aa en Elperstroom

Homogene gebieden met meetpunten

-  Natuurlijk grasland op eozoongronden
-  Grasland op eozoongronden
-  Grasland op veldpodzolgronden
-  Hoeweland op veldpodzolgronden
-  Loofbos op veldpodzolgronden
-  Naaldbos op veldpodzolgronden
-  Open natuurgebied op veldpodzolgronden
-  Geselecteerde meetpunten
-  Hoofdstroom Drentse Aa
-  Gebouwd landschap



Provincie Drenthe
Dienst Water en Milieuvrijheid
28 mei 1996

0 1 2

Figuur 2.2 Geselecteerde meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom.

Seine (1996, blz. 9) stelt dat binnen het onderzoeksgebied de locaties aselekt zijn gekozen, met inachtneming van de voorwaarden die hiervoor zijn beschreven. Op basis van het selectieproces dat is gevolgd bij de inrichting van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom kan het volgende worden geconcludeerd over de mogelijkheden van gegevensverwerking:

1. statistische informatie, zoals gemiddelden en varianties, kan op basis van de monitoring worden verstrekt voor het onderzoeksgebied dat schematisch is aangegeven in figuur 2.1. De exacte ligging en omvang van het onderzoeksgebied zijn niet bekend, omdat de selectie beperkt is tot het zuivere deel van de gecombineerde bodem- en landgebruikskaart;
2. als de selectie van meetlocaties binnen dit onderzoeksgebied is uitgevoerd volgens een goed gedefinieerde kanssteekproef, kunnen zuivere schattingen van gemiddelden en spreidingsmaten worden gemaakt;
3. extrapolatie van de informatie uit de monitoring naar het gehele stroomgebied van de Drentsche Aa en Elperstroom is alleen mogelijk met behulp van veronderstellingen over ruimtelijke samenhang. Mogelijk kunnen relaties tussen doelvariabelen en gebiedsdekkend beschikbare hulpinformatie hierbij worden gebruikt.

2.2.2 Selectie van tijdstippen

De waarnemingsfrequentie is jaarlijks voor de kwaliteit van het bovenste grondwater. Eenmaal per vier jaar wordt de toestand van de bodem geanalyseerd. Voor het gehalte aan metalen in de bodem is dit eenmaal per acht jaar. De monitoringperiode is 15 jaar.

2.3 Aansluiting van dataverzameling op informatiebehoefte

Voor elk van de doelen van het bodemkwaliteitsmeetnet voor het stroomgebied van de Drentsche Aa en de Elperstroom geven we aan in hoeverre de met de verzamelde gegevens de gevraagde informatie kan worden geleverd:

1. *statusmonitoring*, het beschrijven van de huidige toestand van de bodem en het ondiepe grondwater met betrekking tot vermesting en verspreiding. Dit is jaarlijks mogelijk voor het bovenste grondwater in het onderzoeksgebied dat is beschreven in paragraaf 2.2.1. Om de vier jaar kan de toestand van de bodem worden beschreven voor dit gebied. Interpolatie in de tijd van de toestand van de bodem is niet mogelijk, omdat op basis van vier waarnemingen in de tijd het niet mogelijk is een relatie vast te stellen tussen grondwater- en bodemtoestand. Extrapolatie naar het gehele stroomgebied van de Drentsche Aa en Elperstroom is mogelijk met een model dat de relatie beschrijft tussen de waargenomen doelvariabelen in het onderzoeksgebied en gebiedsdekkend beschikbare hulpinformatie. Er moet dan wel worden verondersteld dat dit model geldig is voor de combinaties van bodemtype en landgebruik die geen deel uitmaken van het geselecteerde onderzoeksgebied.

2. *trend- en effectmonitoring*, vaststellen of maatregelen effect hebben gehad. Het aantal waarnemingen in de tijd bedraagt vier voor de bodemtoestand en vijftien voor de kwaliteit van het bovenste grondwater. Deze aantallen zijn te klein om statistisch significante veranderingen in de bodem- en grondwaterkwaliteit aan te tonen. Invloeden zoals neerslag en verdamping zijn met deze aantallen niet te scheiden van het effect van maatregelen. Grafische data-exploratie kan wel een indicatie geven van trends in bodem- en grondwaterkwaliteit.
3. *compliance monitoring*, vaststellen of doelstellingen met betrekking tot de bodemkwaliteit worden gehaald. Voor het geselecteerde onderzoeksgebied zijn valide uitspraken mogelijk over de vraag of de toestand aan doelstellingen voldoet. Voorwaarde is wel dat de locaties zijn geselecteerd volgens een kanssteekproef. Als dit niet het geval is, dan zijn veronderstellingen over de ruimtelijke variatie nodig om te beoordelen of de doelstellingen zijn gehaald.

3 Resultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet

Voor iedere gemeten parameter in het bovenste grondwater en in de bodem worden de meetresultaten in twee soorten figuren weergegeven. Eén figuur met daarin gemeten langjarige gemiddelde concentraties per meetlocatie. Dit wordt gedaan om de (ruimtelijke) *variatie* in meetwaarden tussen meetlocaties weer te geven. Hierbij worden tevens de verschillende homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zichtbaar gemaakt om eveneens de variatie in meetwaarden tussen de verschillende homogene deelgebieden zichtbaar te maken. De andere figuren geven de gemiddelde meetwaarde *per homogeen deelgebied per jaar* weer. Dus per jaar is dit een gemiddelde waarde voor alle meetlocaties *binnen* een homogeen deelgebied. Deze figuren geven de *trend* (verloop in de tijd) van een gemeten parameter weer.

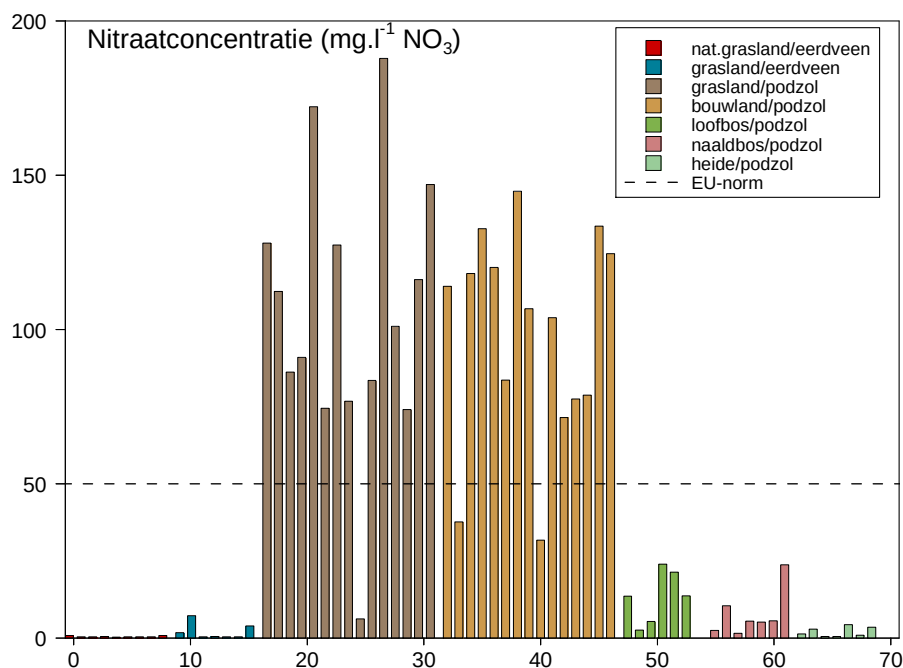
3.1 Bovenste grondwater

Voor het bepalen van de grondwaterkwaliteit zijn vanaf 1995 jaarlijkse waarnemingen van het bovenste deel van het grondwater (ca. bovenste meter van het grondwater) uitgevoerd. Deze waarnemingen vonden plaats in het voorjaar.

3.1.1 Nitraat

Nitraat in het (ondiepe) grondwater is een belangrijke parameter in meetnetten. Het overschot aan stikstof (overschot = aangevoerde stikstof minus opname door het gewas) op met name landbouwgronden spoelt op zandgronden grotendeels uit naar grond- en oppervlaktewater. In de bodem wordt stikstof door aanwezige bacteriën snel omgezet naar het mobiele nitraat. In zuurstofloze omstandigheden kan nitraat, in aanwezigheid van organisch materiaal in de bodem of pyriet, afgebroken worden tot lachgas (N_2O) of stikstofgas (N_2). Dit proces heet denitrificatie. Veel N_2O in de lucht kan weer bijdragen tot een verhoogd broeikaseffect. In zandgronden, met name de droge zandgronden, kan stikstof (in de vorm van nitraat) gemakkelijk uitspoelen naar het grondwater, terwijl er in deze gronden in het algemeen weinig nitraat in de bodem of het bovenste grondwater wordt afgebroken. Aangezien grondwater een belangrijke grondstof is voor de bereiding van drinkwater en consumptie van nitraat (bijvoorbeeld via drinkwater) een risico voor de menselijke gezondheid vormt, zijn er normen voor nitraat opgesteld. Voor landen in de Europese Unie geldt er een Nitraatrichtlijn, welke stelt dat er niet meer dan $50 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ in het grondwater mag bevinden. In Nederland wordt het bovenste deel van het grondwater (ca. bovenste meter van het grondwater) bemonsterd op hoeveelheid nitraat.

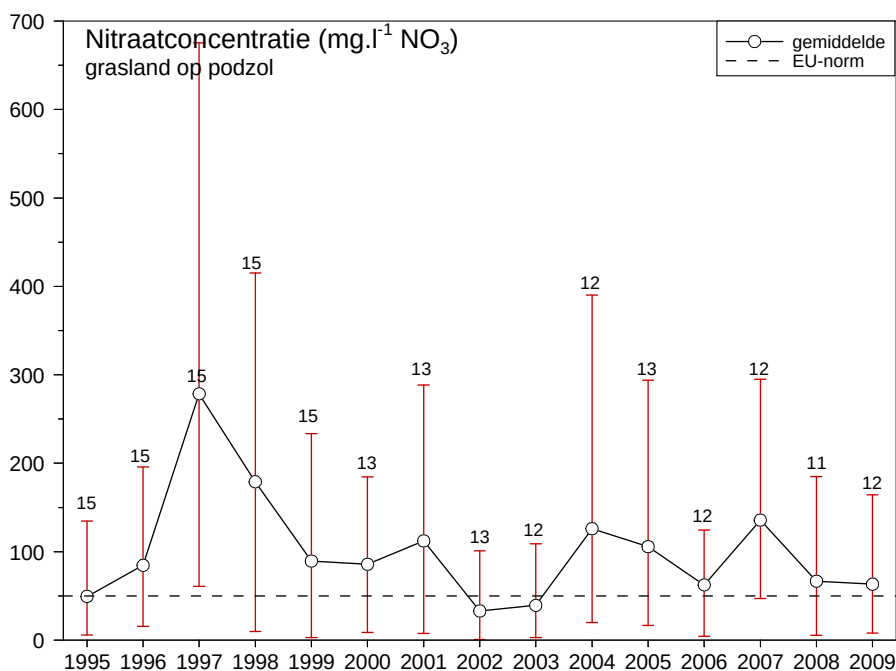
In figuur 3.1 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet de 15-jarige gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste deel van het grondwater voor de periode 1995 - 2009 weergegeven. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven.



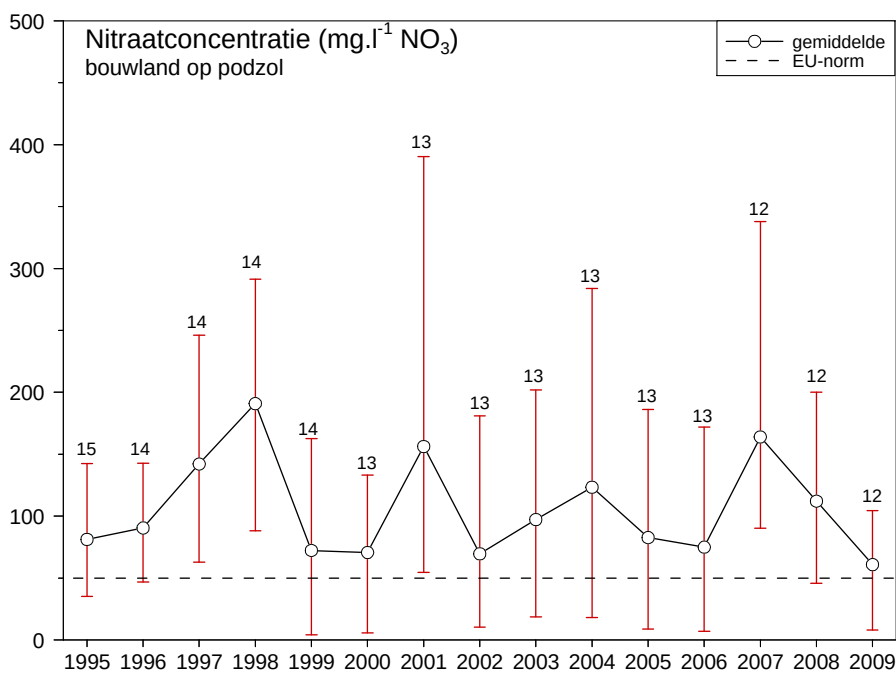
Figuur 3.1 Langjarige gemiddelde nitraatconcentraties (periode 1995 - 2009) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

Uit figuur 3.1 valt duidelijk op te maken dat hoge nitraatconcentraties voorkomen op landbouw (grasland en bouwland) op podzolgronden. Op veengronden worden lage nitraatconcentraties waargenomen. Op de natuurgronden (loofbos, naaldbos en heide) op de podzolgronden worden eveneens lage nitraatconcentraties waargenomen. Opvallend is dat onder loofbos gemiddeld hogere nitraatconcentraties worden waargenomen dan onder naaldbos. Op landelijke schaal worden hogere nitraatconcentraties onder naaldbossen waargenomen, vanwege de hogere verdamping van naaldbomen.

In figuur 3.2 en 3.3 is de gemiddelde nitraatconcentratie voor de periode 1995 - 2009 voor respectievelijk het homogene deelgebied grasland op podzol en bouwland op podzol weergegeven. Tevens is de spreiding in de meetwaarden per jaar weergegeven. Als maat voor de spreiding is de 5% (ondergrens) en 95% (bovengrens) van de meetwaarden gekozen. Voor een overzicht van de gemeten nitraatconcentraties in alle homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.



Figuur 3.2 Gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied grasland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.



Figuur 3.3 Gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied bouwland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

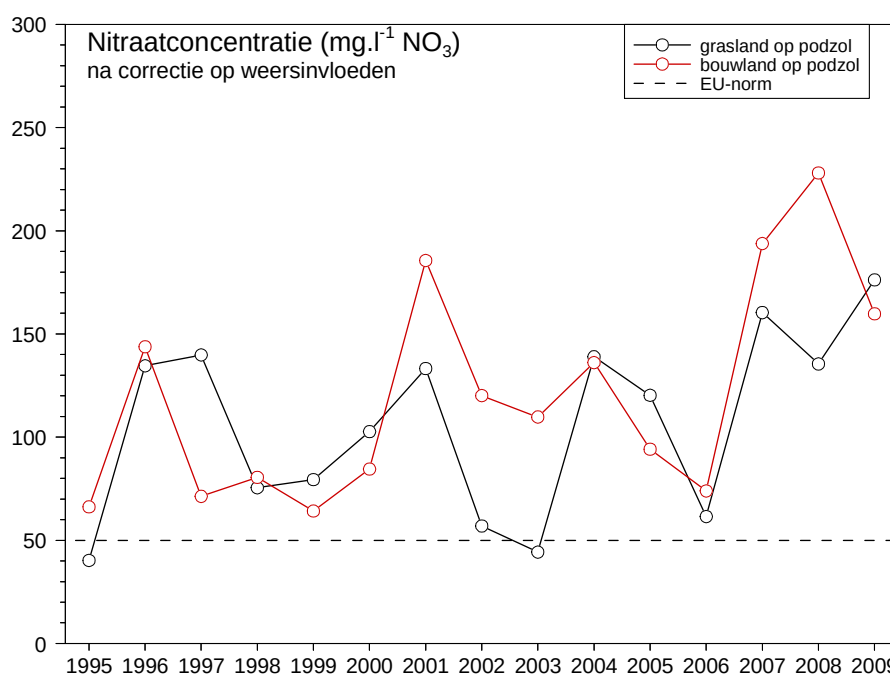
Uit figuur 3.2 en 3.3 valt op te maken dat de jaarlijkse variatie in gemeten nitraatconcentraties groot is. Voor grasland varieert de gemeten nitraatconcentraties tussen $275 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ (1997) en $30 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ (2002). Voor bouwland varieert de gemeten nitraatconcentraties tussen $200 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ (1998) en $60 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ (2009). Langjarig gemiddeld zijn de gemeten nitraatconcentraties onder grasland en bouwland nagenoeg gelijk ($103 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ voor grasland tegen $106 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ voor bouwland over de periode 1995 - 2009). Voor zowel grasland als bouwland wordt geen duidelijke trend in de gemeten nitraatconcentraties gevonden. Grafische data-exploratie laten voor grasland een licht dalende trend en voor bouwland geen trend zien. Echter, voor grasland is de dalende trend volledig terug te brengen op de hoge meetwaarden in het jaar 1997. Als dit jaar buiten beschouwing wordt gelaten wordt er geen trend gevonden.

Correctie voor weersinvloeden

Ruwweg wordt de gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater door twee factoren bepaald: het stikstofoverschot (bemesting plus atmosferische depositie minus onttrekking door het gewas) en weersinvloeden (hoeveelheid neerslag, periode en duur van de neerslag en gewasverdamming). De weersinvloeden bepalen uiteindelijk het neerslagoverschot en als gevolg hiervan de grondwateraanvulling. Om de effecten van het terugdringen van de bodemoverschotten te kunnen evalueren, door middel van monitoring van nitraatconcentraties in het grondwater, is het noodzakelijk om de variatie die wordt veroorzaakt door weersinvloeden te kunnen elimineren. Het RIVM heeft een methodiek ontwikkeld die een correctie op de neerslag toepast (Boumans et al., 1997). Deze methodiek is echter bewerkelijk en weinig regio-specifiek. Een andere manier om te kunnen corrigeren voor de weersinvloeden is gebruik te maken van de gemeten nitraatconcentraties onder natuurgronden in de Drentsche Aa. Omdat voor deze gronden geldt dat het stikstofoverschot over de waarnemingsperiode gemiddeld genomen nul is, wordt de variatie in de waargenomen nitraatconcentraties veroorzaakt door weersinvloeden. Op deze wijze kan een jaarlijks indexcijfer voor de correctie van de weersinvloeden worden verkregen. In bijlage 2 staan de indexcijfers voor de drie homogene deelgebieden voor natuurgronden, alsmede de gemiddelde indexcijfer voor deze drie homogene deelgebieden weergegeven. Een indexcijfer van 1 geeft aan dat de gemeten nitraatwaarde overeenkomt met het langjarig gemiddelde waargenomen nitraatconcentratie. Een indexcijfer <1 geeft aan de waarneming onder het langjarig gemiddelde is; een indexcijfer >1 geeft aan dat de waarneming boven het langjarig gemiddelde is. In tabel 3.1 staan de gecorrigeerde nitraatmetingen voor de homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol, op basis van het gemiddelde indexcijfer uit bijlage 2, weergegeven. In figuur 3.4 staan de gemeten nitraatconcentraties voor de homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol na correctie voor weersinvloeden weergegeven.

Tabel 3.1 Gemeten nitraatconcentraties in de homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol voor en na de correctie voor weersinvloeden

Jaar	Grasland op podzol		Bouwland op podzol	
	gemeten NO ₃ -concentratie (mg.l ⁻¹ NO ₃)	gemeten NO ₃ -concentratie (mg.l ⁻¹ NO ₃)	gemeten NO ₃ -concentratie (mg.l ⁻¹ NO ₃)	gemeten NO ₃ -concentratie (mg.l ⁻¹ NO ₃)
	voor correctie	na correctie	voor correctie	na correctie
1995	49	40	81	66
1996	85	135	90	144
1997	278	140	142	71
1998	179	75	191	81
1999	89	79	72	64
2000	86	103	71	85
2001	112	133	156	186
2002	33	57	70	120
2003	39	44	97	110
2004	126	139	123	136
2005	106	120	83	94
2006	62	62	75	74
2007	136	160	164	194
2008	67	135	112	228
2009	67	176	61	160



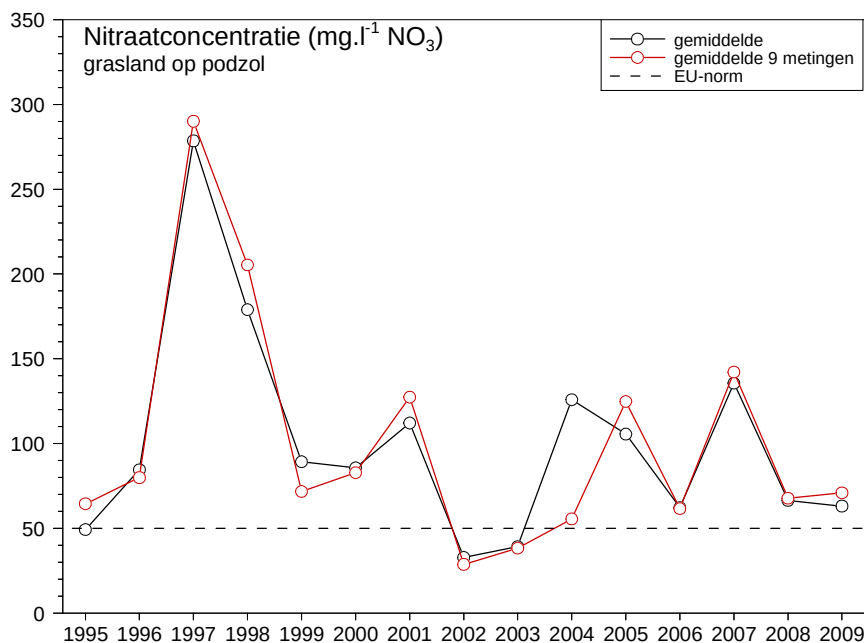
Figuur 3.4 Gemiddelde nitraatconcentraties voor de homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol na correctie voor weersinvloeden

De gecorrigeerde nitraatconcentraties laten voor zowel het homogene deelgebied grasland op podzol als voor bouwland op podzol een stijgende trend zien. Voor beide homogene deelgebieden geldt dat de trend wordt bepaald door de laatste drie jaren. Een mogelijke verklaring hiervoor is de introductie van de nieuwe mestwet-

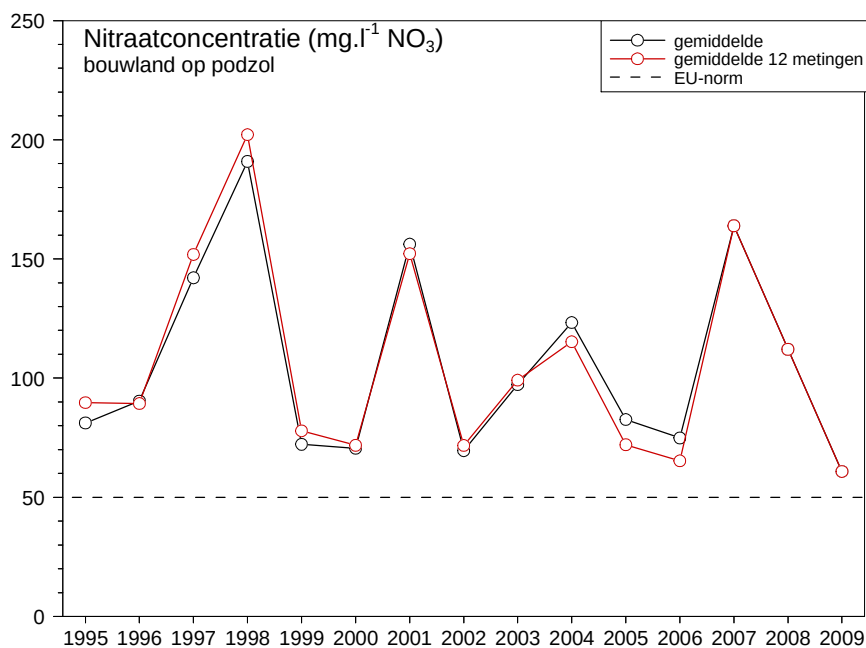
geving per januari 2006. Het stelsel van MINAS-normering is per 1 januari 2006 verlaten en vanaf die datum is via de Meststoffenwet 2006 een gebruiksnormenstelsel geïntroduceerd. Hierin is vastgelegd hoe in 2015 een evenwichtsbemesting wordt bereikt via voorschriften voor de hoeveelheid stikstof en fosfaat die toegepast mogen worden bij de teelt van gewassen. Concreet biedt de nieuwe meststoffenwet de mogelijkheid om meer dierlijke mest in gebieden af te zetten die een geringer mestoverschot hebben. Officiële cijfers met betrekking tot mesttransport naar het stroomgebied van de Drentsche Aa zijn niet bekend, maar de vergunningaanvragen voor mestopslag in het gebied van de Drentsche Aa zijn vanaf 2007 sterk toegenomen (pers. mededeling Waterschap Hunze en Aa's). Dit duidt er op dat het gebruik van dierlijke mest in de Drentsche Aa de laatste jaren is toegenomen.

Effect wisselend aantal meetlocaties

Een ander effect waar rekening mee dient te worden gehouden is het wisselend aantal bemonsterde meetlocaties per homogeen deelgebied. Het homogene deelgebied grasland op podzol heeft vanaf het startjaar (1995) 15 meetlocaties (zie figuur 3.2). In de loop van de waarnemingsperiode (1995 - 2009) vallen er van jaar tot jaar een aantal meetlocaties uit. Negen van de vijftien meetlocaties worden de gehele waarnemingsperiode bemonsterd. Voor bouwland op podzol is dat twaalf van de vijftien meetlocaties. Voor de homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol zijn eveneens de gemiddelde gemeten nitraatconcentraties bepaald op basis van deze permanent bemonsterde meetlocaties (figuur 3.5 en 3.6). Het effect van het wisselend aantal bemonsterde meetlocaties blijkt klein te zijn. Alleen voor het homogene deelgebied grasland op podzol is er één jaar waar het verschil groot is (meetjaar 2004). De trend verandert echter niet.



Figuur 3.5 Gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene gebied grasland op podzol voor alle meetlocaties en voor de meetlocaties welke de gehele meetperiode bemonsterd zijn (negen metingen).



Figuur 3.6 Gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene gebied bouwland op podzol voor alle meetlocaties en voor de meetlocaties welke de gehele meetperiode bemonsterd zijn (twaalf metingen).

Scheuren van grasland

Ondanks het feit dat de langjarige gemiddelde nitraatconcentraties van de twee homogene deelgebieden grasland en bouwland op podzol min of meer gelijk zijn, worden er onder grasland op podzol hogere piekconcentraties waargenomen (zie figuur 3.1 en bijlage 1). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat sommige graslanden worden gescheurd om daarna een nieuw gewas (herinzaaien van gras of bouwlandgewas) in te zaaien. Bij het scheuren van grasland en het tijdelijk braak liggen van de grond kan een snelle mineralisatie van het aanwezige organische materiaal in de bodem plaatsvinden. Bij mineralisatie van organisch materiaal komt stikstof, meestal in de vorm van nitraat, vrij. Dit nitraat kan weer uitspoelen naar het grondwater. Van vier meetlocaties in het homogene deelgebied grasland op podzol is bekend dat het grondgebruik is omgezet van grasland naar bouwland (tabel 3.2).

Tabel 3.2 Meetlocaties waarbij het grondgebruik is omgezet van grasland naar bouwland in het homogene deelgebied grasland op podzol.

Meetlocatie	Bodem-Gt	Laatste jaar grasland	Eerste jaar bouwland
mbda019	Hn23-VI	1998	1999
mbda020	Hn23-VI	2000	2001
mbda024	Hn23x-V*	2003	2004
mbda029	Hn21x-sVII	2002	2003

Op deze meetlocaties is onderzocht of het scheuren van grasland effect heeft gehad op de waargenomen nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Omdat meetlocatie mdba024 geen waarnemingen heeft in de jaren direct na het scheuren

van het grasland is deze meetlocatie buiten beschouwing gelaten. Voor de resterende drie meetlocaties zijn de jaarlijkse waargenomen nitraatconcentraties gedeeld door het jaarlijkse waargenomen clustergemiddelde van het homogene deelgebied grasland op podzol. De op deze wijze verkregen factor laat zien wanneer de nitraatconcentratie significant afwijkt van het clustergemiddelde. Een factor <1 geeft aan dat de waarnemingen van een meetlocatie lager is dan het clustergemiddelde; een factor >1 geeft aan dat de waarnemingen van een meetlocatie hoger is dan het clustergemiddelde (tabel 3.3). Uit tabel 3.3 blijkt dat op meetlocatie mdba020 direct na het scheuren van grasland significante hogere nitraatconcentraties ten opzichte van het clustergemiddelde worden waargenomen. Ook de twee jaren er na (2002 en 2003) laten verhoogde nitraatconcentraties zien. Op meetlocatie mdba029 lijkt het effect van het scheuren van grasland één jaar vertraagd op te treden. Dit kan worden veroorzaakt doordat deze meetlocatie droger is (Gt VII; zie tabel 3.2) dan de andere meetlocaties en het daardoor langer duurt voordat de nitraatgolf het grondwater heeft bereikt. Op meetlocatie mdba019 lijkt het scheuren van grasland niet te leiden tot hogere nitraatconcentraties in het grondwater. Weliswaar is vanaf 2002 sprake van verhoogde waargenomen nitraatconcentraties in het grondwater (tabel 3.3), maar dit is vier jaar na het omzetten van grasland naar bouwland en verwacht mag worden dat het scheuren van grasland hier geen effect op heeft.

Tabel 3.3 Factor nitraatconcentratie (waargenomen nitraatconcentratie gedeeld door de clustergemiddelde nitraatconcentratie) van de drie meetlocaties waarbij grasland omgezet is naar bouwland (het moment van scheuren van grasland is geel gearceerd).

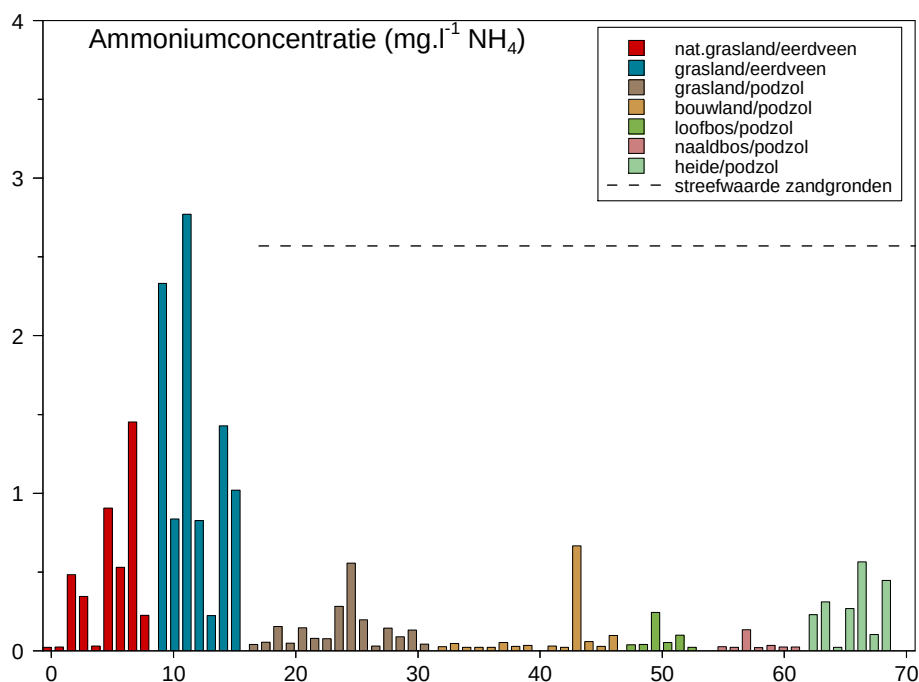
Meet- jaar	Cluster- gemiddelde nitraat- concentratie (mg.l ⁻¹ NO ₃)	Nitraat- concentratie mdba019 (mg.l ⁻¹ NO ₃)	Nitraat- concentratie mdba020 (mg.l ⁻¹ NO ₃)	Nitraat- concentratie mdba029 (mg.l ⁻¹ NO ₃)	Factor mdba019 (-)	Factor mdba020 (-)	Factor mdba029 (-)
1995	49	42	41	15	0,84	0,84	0,30
1996	85	55	37	38	0,64	0,44	0,44
1997	278	155	388	265	0,56	1,39	0,95
1998	179	69	149	14	0,39	0,83	0,08
1999	89	44	19	22	0,49	0,21	0,02
2000	86	54	86	21	0,62	1,00	0,24
2001	112	122	255	11	1,09	2,27	0,09
2002	33	92	70	2	2,78	2,11	0,07
2003	39	69	57	4	1,76	1,45	0,10
2004	126	45	50	390	0,36	0,40	3,10
2005	106	230	17	54	2,18	0,16	0,51
2006	62	78	49	-	1,25	0,79	-
2007	136	100	82	-	0,74	0,60	-
2008	67	93	21	-	1,40	0,32	-
2009	63	47	44	-	0,74	0,70	-

3.1.2 Ammonium

Stikstof in de bodem wordt snel omgezet in nitraat (zie paragraaf 3.1.1). In gebieden met veel invloed van kwelwater of bodems die sterk waterverzadigd zijn (veenbodems) kan stikstof ook in de vorm van ammonium voorkomen. Voor ammonium

is voor zandgronden een streefwaarde van $2,57 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NH}_4$ in het grondwater opgesteld.

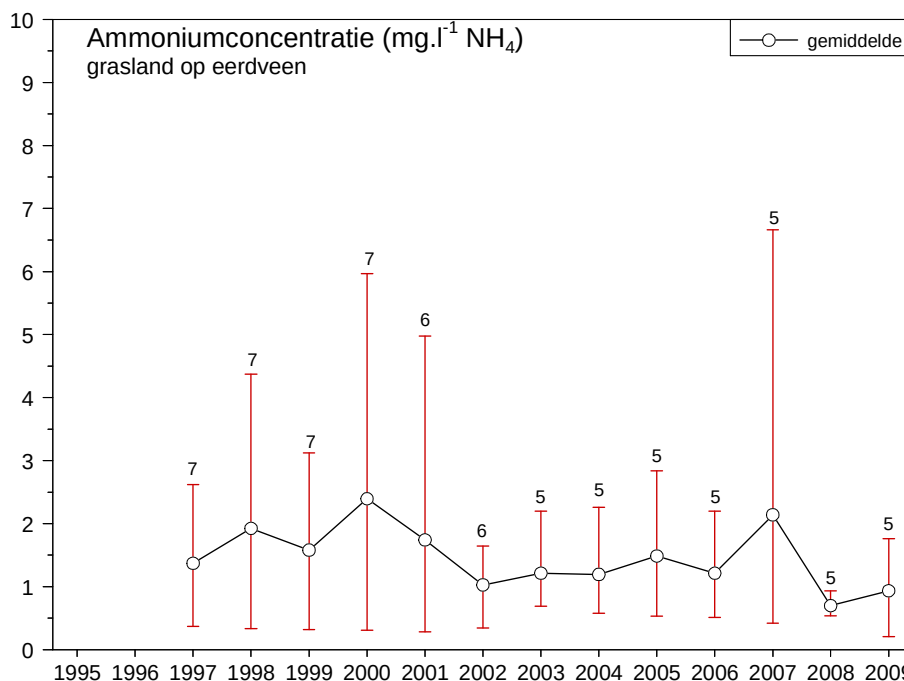
In figuur 3.7 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet de langjarige gemiddelde ammoniumconcentratie in het bovenste deel van het grondwater voor de periode 1997 - 2009 weergegeven. Voor de jaren 1995 en 1996 is niet geanalyseerd op de hoeveelheid ammonium in het bovenste grondwater. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven. Uit figuur 3.7 blijkt dat de hoogste ammoniumconcentraties op de veengronden worden waargenomen. Dit kan worden verklaard doordat veengronden enerzijds meer beïnvloed worden door kwelwater, welke in het algemeen hogere ammoniumconcentraties hebben, en anderzijds doordat veengronden nattere omstandigheden kennen en stikstof in een gereduceerde vorm (ammonium) voorkomt. De waargenomen ammoniumhoeveelheid in het grondwater is geen goede indicator voor het stikstofoverschot in de bodem. In goed bemeste gronden met voldoende zuurstof in de bodem wordt ammonium snel omgezet naar nitraat.



Figuur 3.7 Langjarige gemiddelde ammoniumconcentraties (periode 1997 - 2009) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

In figuur 3.8 is de gemiddelde ammoniumconcentratie voor de periode 1997 - 2009 voor het homogene deelgebied grasland op eerdveen weergegeven. Tevens is de spreiding in de meetwaarden per jaar weergegeven. Als maat voor de spreiding is de 5% (ondergrens) en 95% (bovengrens) van de meetwaarden gekozen. Voor een overzicht van de gemeten ammoniumconcentraties in alle homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.

Uit figuur 3.8 valt op te maken dat de jaarlijkse variatie in gemeten ammoniumconcentraties minder groot is dan voor de gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Op basis van grafische data-exploratie lijkt voor de veengronden de ammoniumconcentraties licht te dalen (zie bijlage 1). Voor het homogene deelgebied grasland op podzol wordt ook een lichte daling van de ammoniumconcentratie waargenomen, terwijl voor bouwland op podzol in met name de periode 2003 - 2006 hogere meetwaarden worden gevonden. Voor de natuurgronden blijven de ammoniumconcentraties in de gehele waarnemingsperiode min of meer stabiel (bijlage 1).

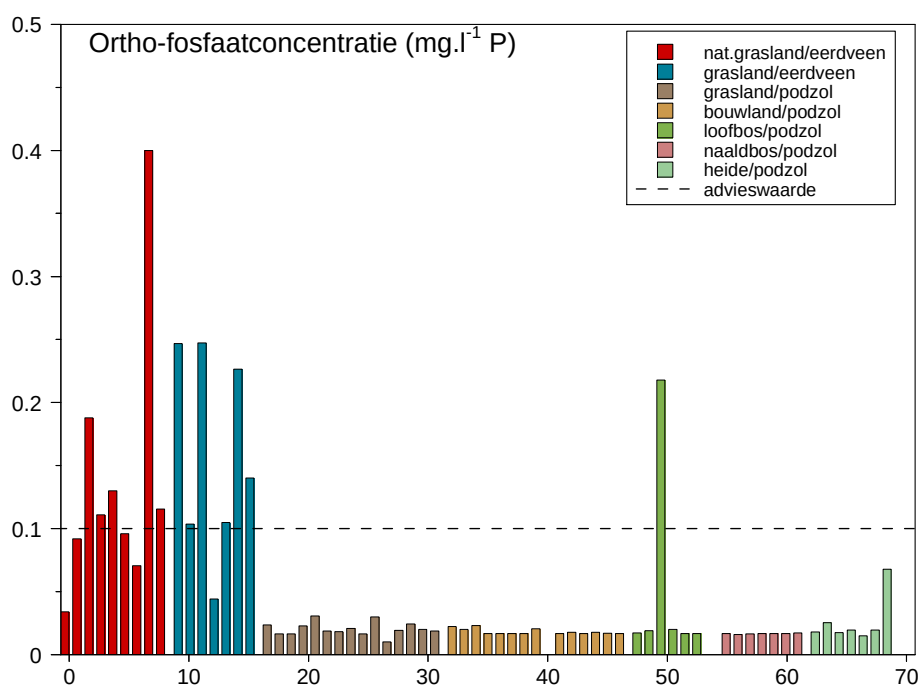


Figuur 3.8 Gemiddelde ammoniumconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied grasland op eerdveen. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

3.1.3 Fosfaat

Een andere belangrijke parameter met betrekking tot vermeting van het milieu is fosfaat. In tegenstelling tot nitraat is fosfaat niet mobiel, maar bindt zich sterk aan de bodem (zie ook paragraaf 3.2). Echter, bij sterk met fosfaat verzadigde bodems kan fosfaat uitspoelen naar grond- en oppervlaktewater. Daarnaast kan fosfaat in de bodem mobieler worden onder gereduceerde omstandigheden; dat wil zeggen in omstandigheden met sterke waterverzadiging, bijvoorbeeld door kwel, intensieve neerslag of het opzetten van waterpeilen in het kader van vernatting of waterberging. Voor het grondwater zijn streefwaarden voor fosfaat opgesteld van 0,40 mg.l⁻¹ totaal-fosfor en 0,10 mg.l⁻¹ ortho-fosfaat.

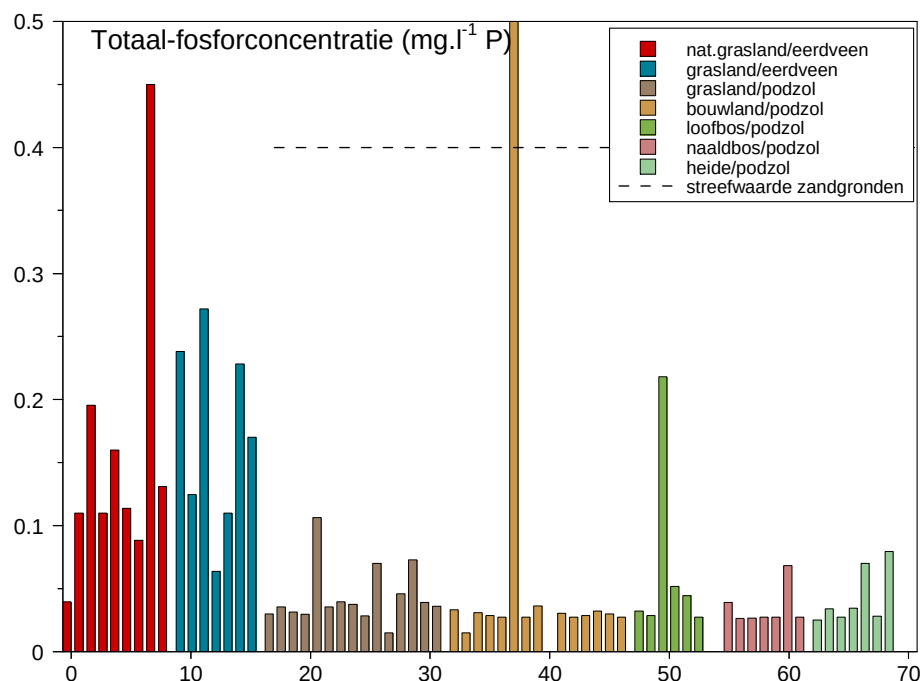
In figuur 3.9 en 3.10 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet de langjarige gemiddelde orthofosfaat- en totaal-fosforconcentratie in het bovenste deel van het grondwater voor de periode 1999 - 2009 weergegeven. Voor de jaren 1995 t/m 1998 is niet geanalyseerd op de hoeveelheid fosfaat in het bovenste grondwater. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven. Uit figuur 3.9 en 3.10 blijkt dat de hoogste fosfaatconcentraties op de veengronden voorkomt. Deze hogere concentraties worden hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de bijdrage van kwelwater. Voor ortho-fosfaat geldt voor het grondwater een advieswaarde van $0,10 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$. Voor circa de helft van de meetlocaties op veengronden ligt de waargenomen langjarige gemiddelde ortho-fosfaatconcentratie boven de advieswaarde (figuur 3.9). Voor één meetlocatie (locatie 49) in het homogene deelgebied loofbos op podzol wordt een langjarig gemiddelde ortho-fosfaatconcentratie in het grondwater waargenomen welke boven de advieswaarde uitkomt. In elk jaar van de waarnemingen liggen de waargenomen concentraties in deze meetlocatie boven de gemiddelde waarden van de andere meetlocaties in hetzelfde homogene deelgebied. De reden hiervoor is alsnog niet geheel duidelijk. De hogere grondwaterstanden van deze meetlocatie kan een rol spelen bij de hogere waargenomen ortho-fosfaatconcentraties.



Figuur 3.9 Langjarige gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties (periode 1999 - 2009) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

Voor de zandgronden geldt een streefwaarde voor totaal-fosfor van $0,40 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$. Voor slechts één meetlocatie geldt dat de waargenomen langjarige gemiddelde totaal-fosforconcentratie boven de waarde ligt (figuur 3.10; meetlocatie 37). Daarbij dient wel te worden aangetekend dat deze hoge gemiddelde fosforconcentratie wordt veroorzaakt door één enkele meting in het aanvangsjaar 1999. In dat jaar werd op meetlocatie 37 een totaal-fosforconcentratie van $8,9 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$ gemeten, terwijl op

dezelfde meetlocatie de volgende jaren een constante waarde van $0,03 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$ werd waargenomen. Ook voor ortho-fosfaat werd in 1999 op meetlocatie 37 een lage waarde waargenomen ($0,01 \text{ mg.l}^{-1} \text{ P}$). Er mag van uit worden gegaan dat de hoge meetwaarde voor totaal-fosfor is veroorzaakt door een verontreiniging van het monster of een meetfout.

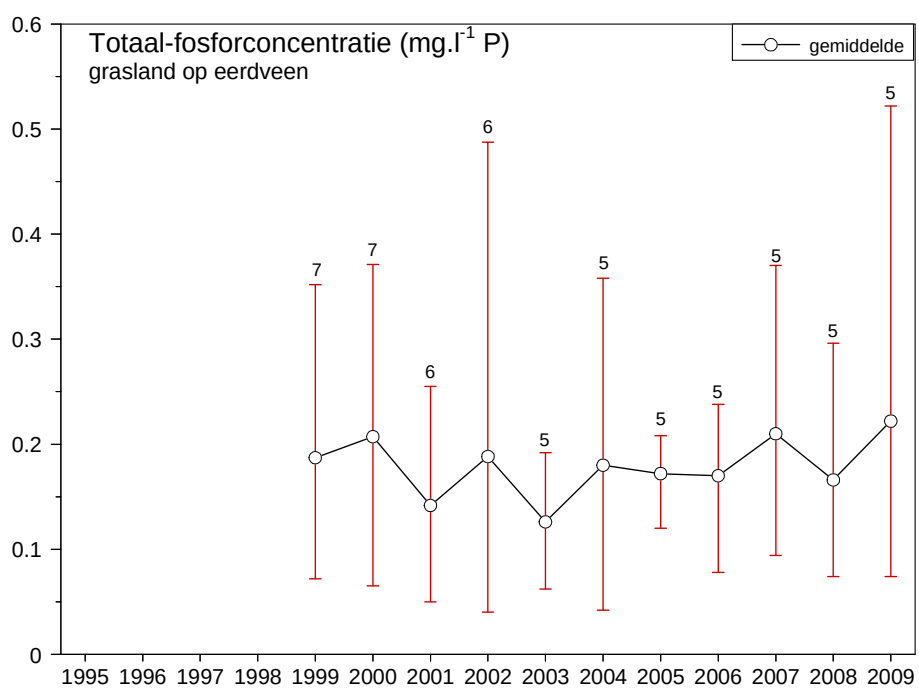
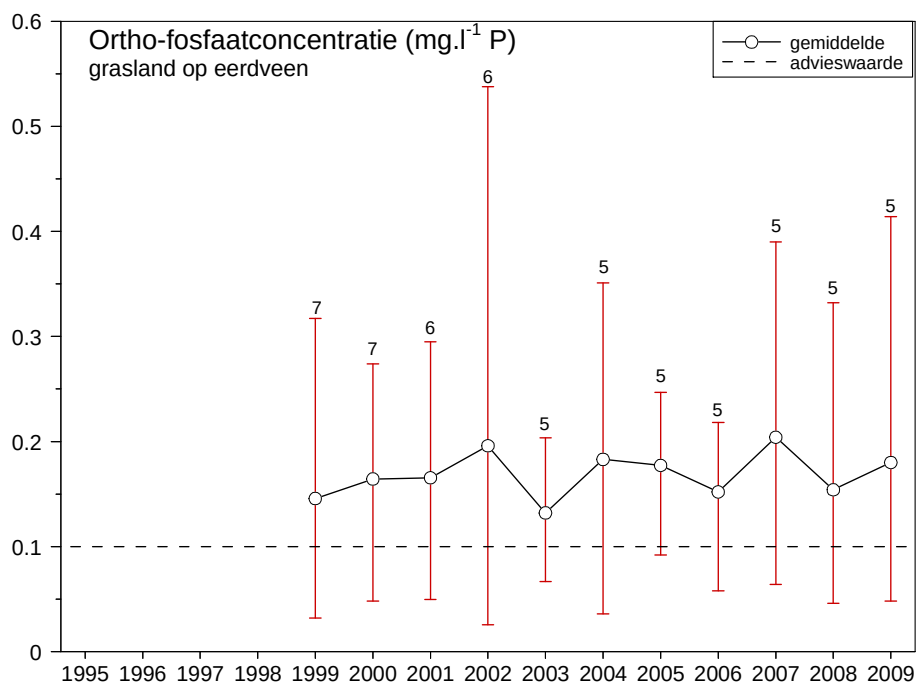


Figuur 3.10 Langjarige gemiddelde totaal-fosforconcentraties (periode 1999 - 2009) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

In figuur 3.11 is de gemiddelde orthofosfaat- en totaal-fosforconcentratie voor de periode 1999 - 2009 voor het homogene deelgebied grasland op eerdveen weergegeven. Tevens is de spreiding in de meetwaarden per jaar weergegeven. Als maat voor de spreiding is de 5% (ondergrens) en 95% (bovengrens) van de meetwaarden gekozen. Voor een overzicht van de gemeten fosfaatconcentraties in alle homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.

Uit figuur 3.11 valt op te maken dat de jaarlijkse variatie in gemeten fosfaatconcentraties in het grondwater minder groot is dan voor de gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater.

Op basis van grafische data-exploratie valt voor fosfaat in het grondwater geen duidelijk trend waar te nemen. Alleen voor het homogene deelgebied heide op podzol wordt een stijging van de fosfaatconcentraties in het grondwater waargenomen (zie bijlage 1). De reden hiervoor is niet duidelijk.



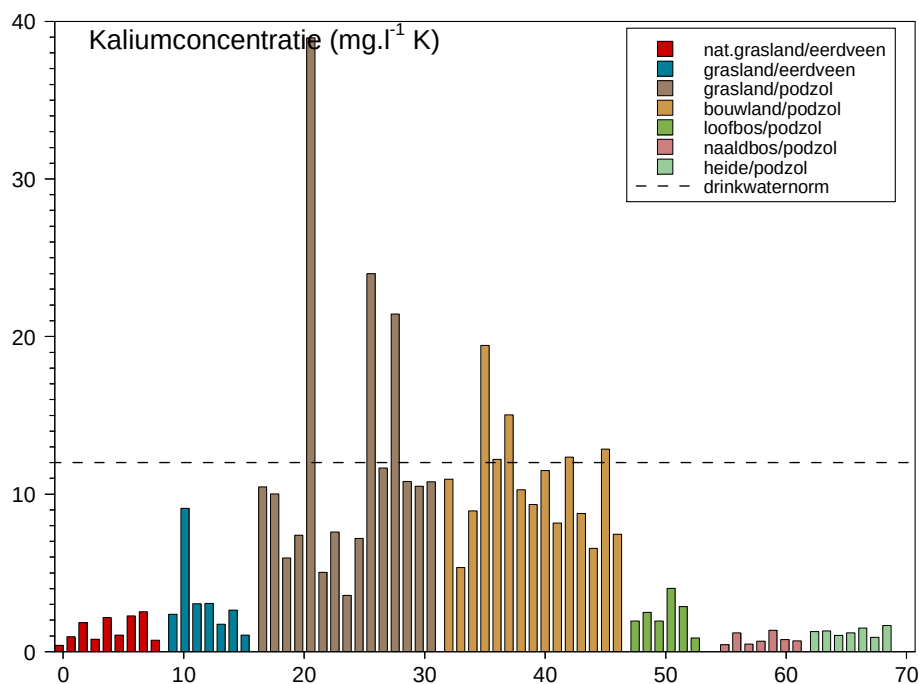
Figuur 3.11 Gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties (boven) en totaal-fosforconcentraties (onder) in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied grasland op eerdveen. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

3.1.4 Kalium

Een derde parameter met betrekking tot vermisting van het milieu is kalium. Naast stikstof en fosfaat is kalium een voedingstof voor het gewas. Door bemesting (met

name kunstmest) wordt kalium op landbouwgronden aangevoerd. Voor het grondwater is een drinkwaternorm voor kalium opgesteld van 12 mg.l⁻¹ K.

In figuur 3.12 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet de langjarige gemiddelde kaliumconcentratie in het bovenste deel van het grondwater voor de periode 1995 - 2009 weergegeven. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven.



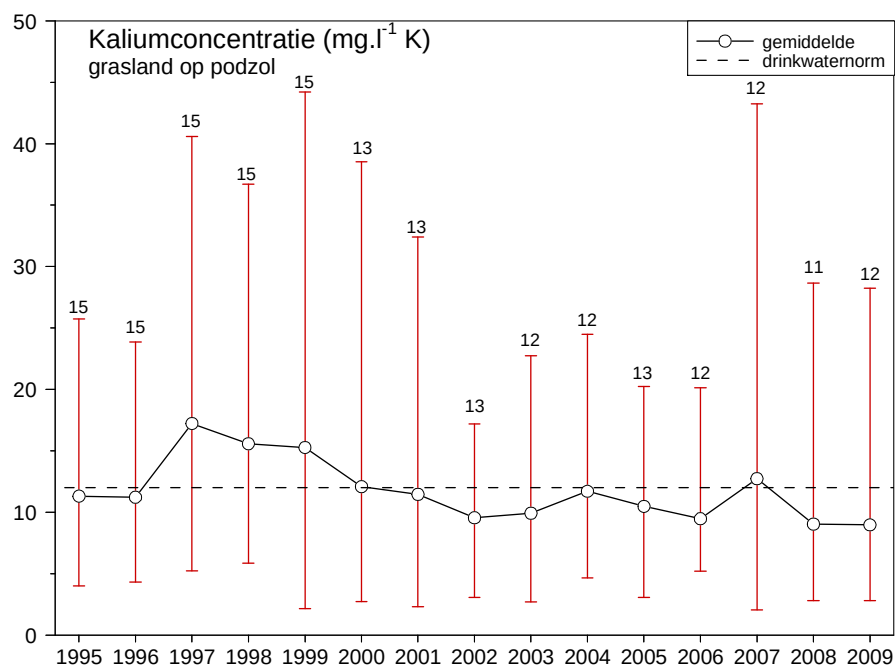
Figuur 3.12 Langjarige gemiddelde kaliumconcentraties (periode 1995 - 2009) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

Uit figuur 3.12 blijkt dat de hoogste kaliumconcentraties op de landbouwgebieden op zandgronden voorkomt (homogeen deelgebied grasland op podzol en bouwland op podzol). Deze hogere concentraties worden veroorzaakt door de (kalium)bemesting van deze gronden en de mate van uitspoelingsgevoeligheid van de podzolgronden. Voor kalium geldt voor het grondwater een drinkwaternorm van 12 mg.l⁻¹ K. Voor een aantal meetlocaties in de homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol wordt deze norm overschreden (figuur 3.12).

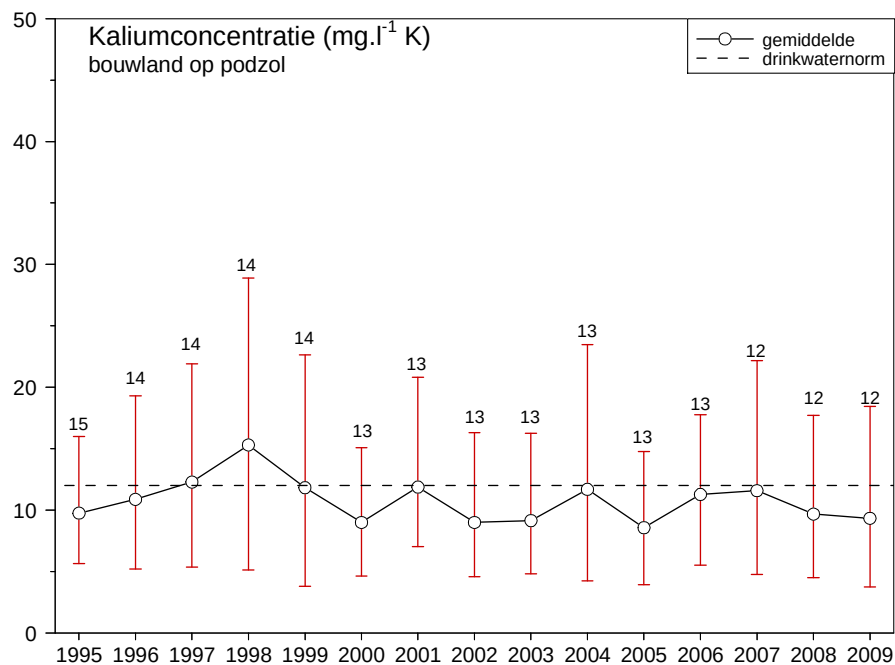
In figuur 3.13 en 3.14 is de gemiddelde kaliumconcentratie voor de periode 1995 - 2009 voor respectievelijk het homogene deelgebied grasland op podzol en bouwland op podzol weergegeven. Tevens is de spreiding in de meetwaarden per jaar weergegeven. Als maat voor de spreiding is de 5% (ondergrens) en 95% (bovengrens) van de meetwaarden gekozen. Voor een overzicht van de gemeten kaliumconcentraties in alle homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.

Uit zowel figuur 3.13 en 3.14 valt op te maken dat de jaarlijkse variatie in gemeten kaliumconcentraties in het bovenste grondwater minder groot is dan voor de geme-

ten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Op basis van grafische data-exploratie van de meetreeksen voor kalium valt geen duidelijk trend waar te nemen.



Figuur 3.13 Gemiddelde kaliumconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied grasland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan



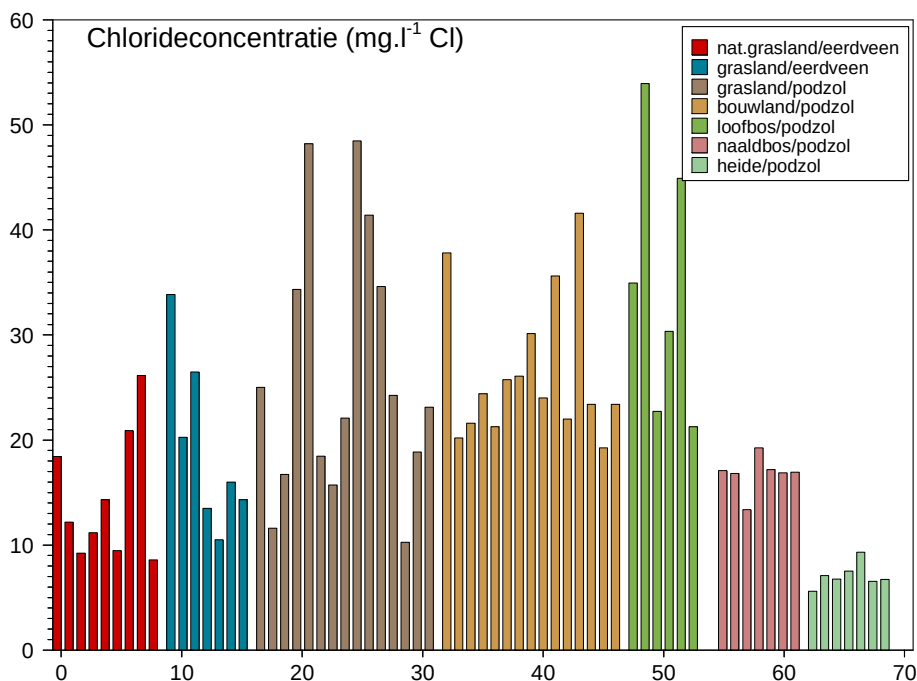
Figuur 3.14 Gemiddelde kaliumconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied bouwland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

3.1.5 Chloride

Een andere parameter met betrekking tot vermesting van het milieu is chloride. De aanvoer van chloride geschiedt voornamelijk door kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie. Naast gebieden met invloed van zoute kwel (kustgebieden) levert in de meeste gebieden in Nederland chloride geen milieuprobleem op. Voor chloride is voor het grondwater een streefwaarde van $100 \text{ mg.l}^{-1} \text{ Cl}$ opgesteld.

In figuur 3.15 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet de langjarige gemiddelde chlorideconcentratie in het bovenste deel van het grondwater voor de periode 1995 - 2009 weergegeven. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven.

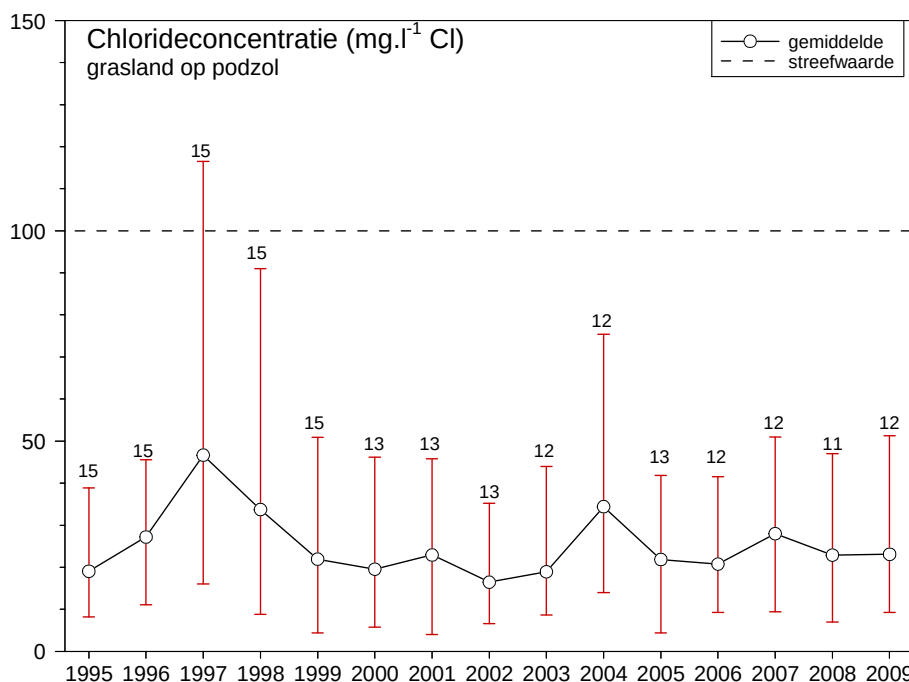
Uit figuur 3.15 blijkt dat de hoogste chlorideconcentraties op de landbouwgebieden op zandgronden voorkomt (homogene deelgebied grasland op podzol en bouwland op podzol) en in het homogene deelgebied loofbos op podzol. De hogere chlorideconcentraties in de landbouwgebieden is te verklaren door de (organische) mestgiften op deze gronden en de mate van uitspoelingsgevoeligheid van de podzolgronden. De hogere chlorideconcentraties in het homogene deelgebied loofbos op podzol is vooralsnog niet te verklaren.



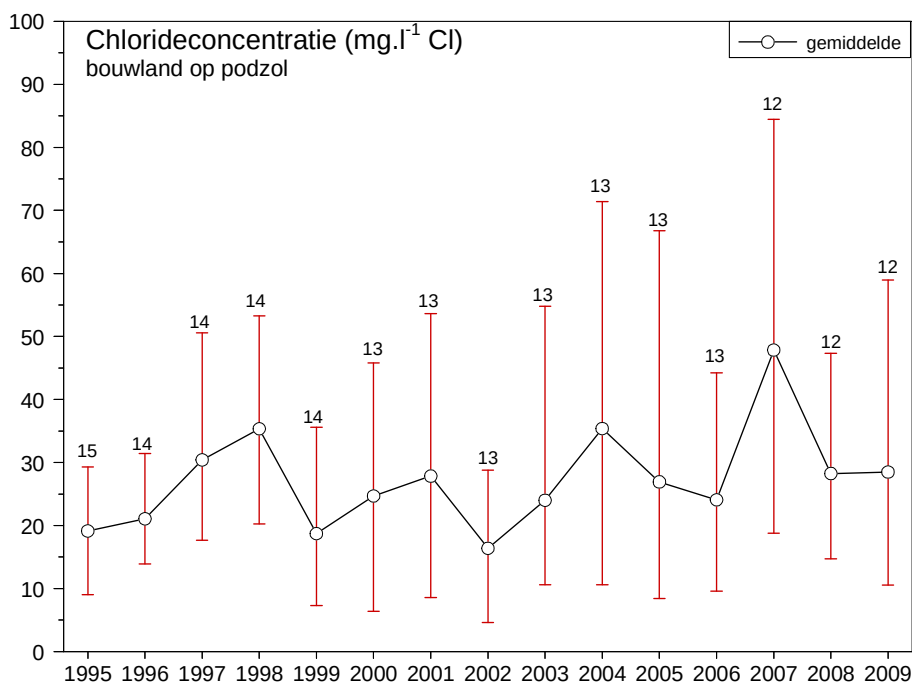
Figuur 3.15 Langjarige gemiddelde chlorideconcentraties (periode 1995 - 2009) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

In figuur 3.16, 3.17 en 3.18 is de gemiddelde chlorideconcentratie voor de periode 1995 - 2009 voor respectievelijk het homogene deelgebied grasland op podzol, bouwland op podzol en loofbos op podzol weergegeven. Tevens is de spreiding in de meetwaarden per jaar weergegeven. Als maat voor de spreiding is de 5% (ondergrens) en 95% (bovengrens) van de meetwaarden gekozen. Voor een overzicht van de gemeten chlorideconcentraties in alle homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.

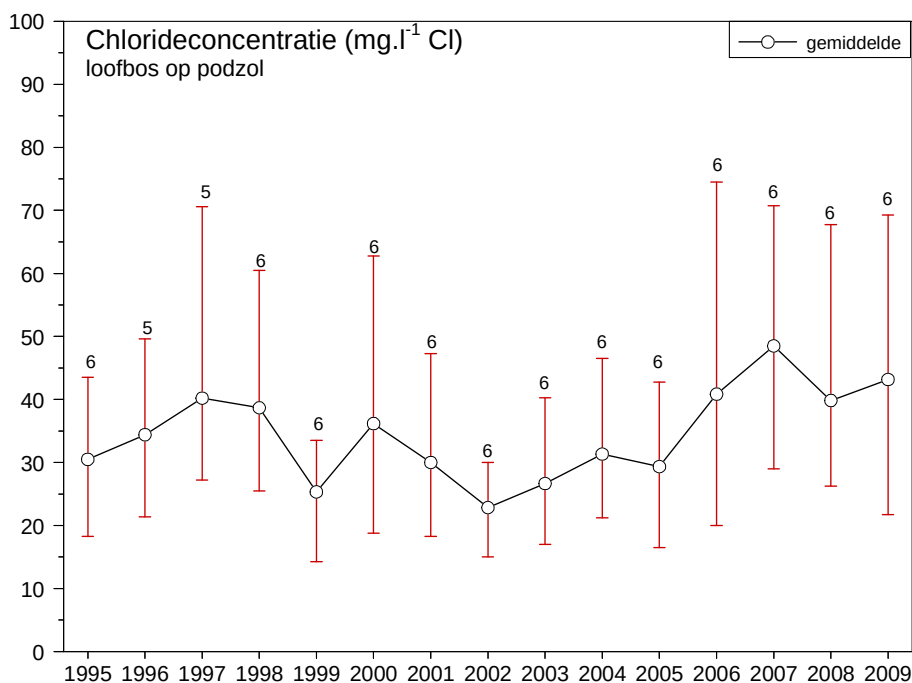
Uit figuur 3.16 t/m 3.18 valt op te maken dat de jaarlijkse variatie in gemeten chlorideconcentraties in het bovenste grondwater vergelijkbaar is met de gemeten nitraatconcentraties in het bovenste grondwater. Op basis van grafische data-exploratie van de meetreeks voor het homogene deelgebied grasland op podzol valt geen duidelijk trend waar te nemen. De homogene deelgebieden bouwland op podzol en loofbos op podzol laten echter een geringe stijging van het chloridegehalte zien. Deze stijging wordt met name veroorzaakt door hogere meetwaarden in het jaar 2007. Deze stijging van het chloridegehalte in dat jaar komt overeen met hogere nitraatconcentraties in het bovenste grondwater (zie paragraaf 3.1.1).



Figuur 3.16 Gemiddelde chlorideconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied grasland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

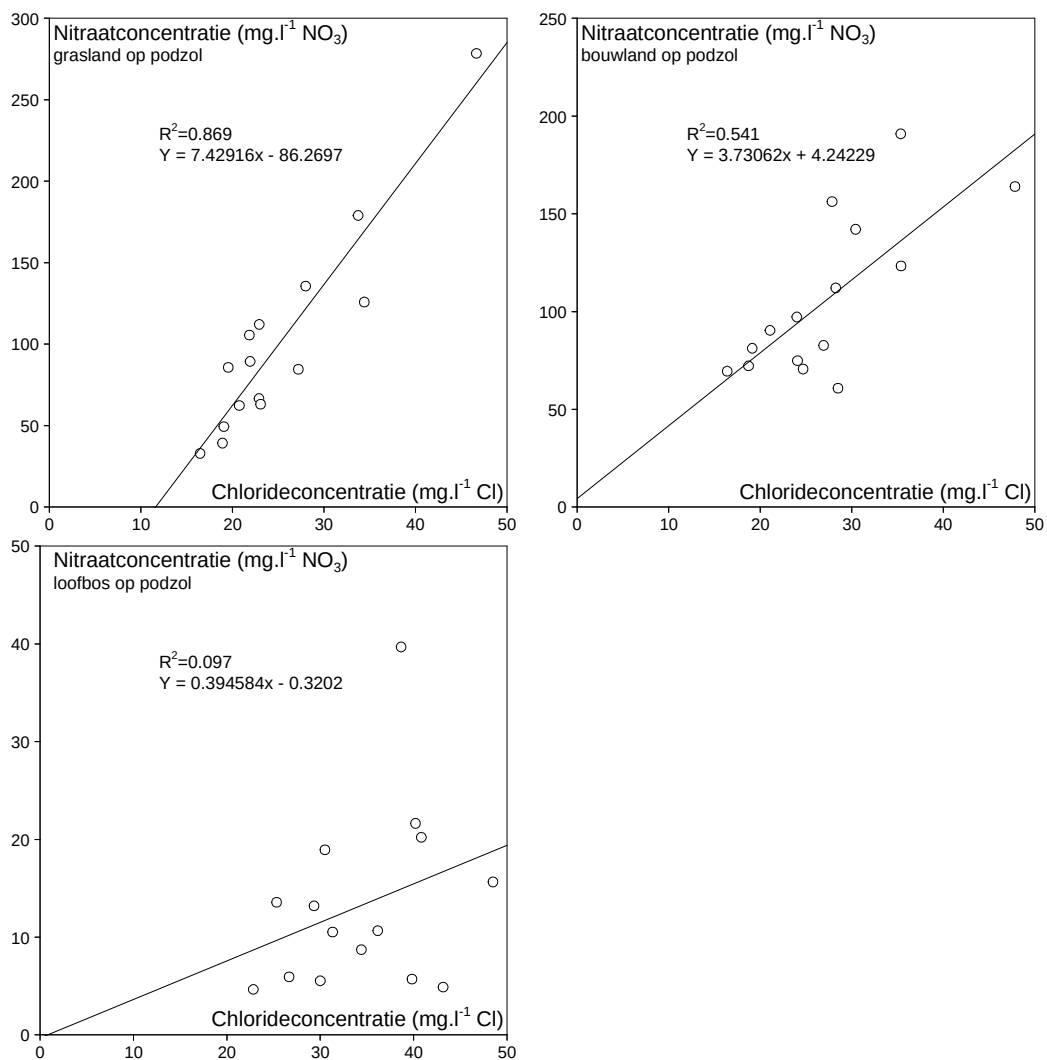


Figuur 3.17 Gemiddelde chlorideconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied bouwland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.



Figuur 3.18 Gemiddelde chlorideconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied loofbos op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

De variatie in de meetreeksen voor chloride voor de landbouwgebieden op zandgronden (homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol) vertoont sterke overeenkomsten met de meetreeksen van nitraat voor deze homogene deelgebieden (zie figuur 3.2 en 3.3). In figuur 3.19 zijn de gemeten chlorideconcentraties uitgezet tegen de gemeten nitraatconcentraties voor de homogene deelgebieden grasland op podzol, bouwland op podzol en loofbos op podzol. Voor het homogene deelgebied grasland op podzol en bouwland op podzol wordt een duidelijke relatie tussen de waargenomen chlorideconcentraties en nitraatconcentraties gevonden (respectievelijk $R^2=0,869$ en $R^2=0,541$). Voor het homogene deelgebied loofbos op podzol wordt nagenoeg geen relatie gevonden (figuur 3.19). Hieruit blijkt dat de verhoogde waargenomen chlorideconcentraties op de landbouwgronden met name worden veroorzaakt door mestgiftten. Dit is in lijn met het beeld dat een deel van het in het milieu aanwezige chloridegehalte wordt veroorzaakt door landbouwkundig handelen.



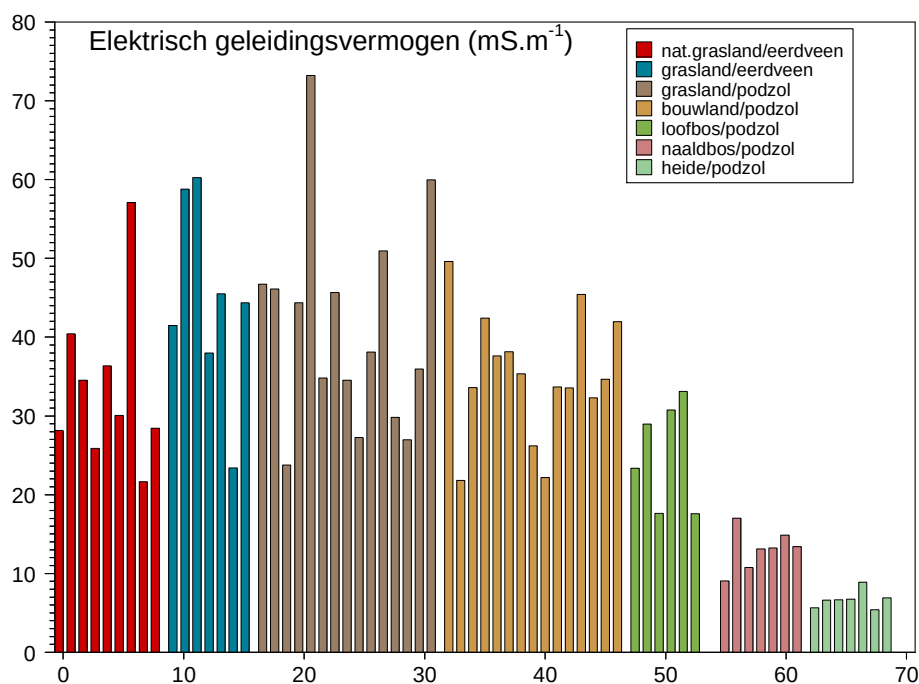
Figuur 3.19 De relatie tussen de gemiddelde waargenomen chlorideconcentraties en de gemiddelde waargenomen nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied grasland op podzol, bouwland op podzol en loofbos op podzol.

3.1.6 Elektrisch geleidingsvermogen (EGV)

Het elektrisch geleidingsvermogen is een maat voor het totale gehalte aan zouten in het grondwater. Er is de meeste gevallen dan ook een verband tussen het waargenomen elektrisch geleidingsvermogen en het aanwezige chloridegehalte.

In figuur 3.20 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet de langjarige gemiddelde meetwaarde voor het elektrisch geleidingsvermogen in het bovenste deel van het grondwater voor de periode 1995 - 2000 weergegeven. Voor de jaren 2001 t/m 2009 is de waarde voor het elektrisch geleidingsvermogen aangeleverd als veldwaarneming en is daarom niet opgenomen in de database met meetwaarden. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven.

Uit figuur 3.20 blijkt dat de hoogste meetwaarden op de landbouwgebieden op zandgronden voorkomt (homogene deelgebied grasland op podzol en bouwland op podzol) en op de veengronden (homogene deelgebied natuurlijk grasland op eerdveen en grasland op eerdveen). De homogene deelgebieden naaldbos op podzol en heide op podzol laten de laagste waarnemingen zien (figuur 3.20).



Figuur 3.20 Langjarige gemiddelde meetwaarden voor het elektrisch geleidingsvermogen (periode 1995 - 2000) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

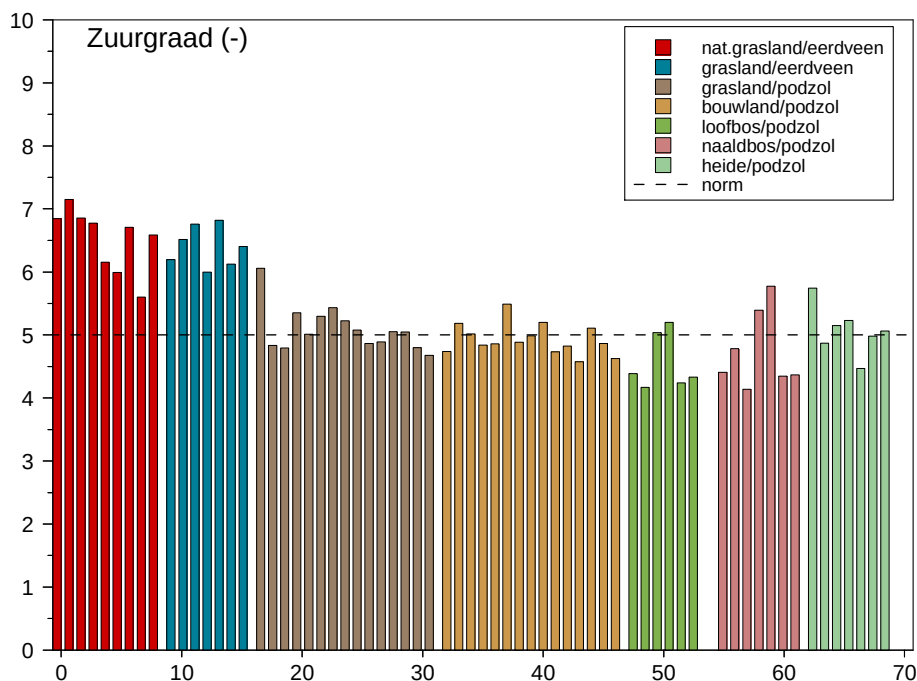
Omdat er voor een beperkte periode meetgegevens in de database zijn van het elektrisch geleidingsvermogen (1995 - 2000) is niet gekeken naar trends in de meetreeksen. In het algemeen mag worden aangenomen dat trends van het elektrisch

geleidingsvermogen overeenkomsten vertoont met trends in het waargenomen chloridegehalte.

3.1.7 Zuurgraad (pH)

Bij verzuring van bodem of water is er sprake van een verhoogde concentratie H^+ -ionen in bodem of water. Dit kan worden veroorzaakt door atmosferische depositie (stikstof- en zwavelverbindingen) of door omzettingen van stikstofverbindingen in dierlijke mest welke aan landbouwbodems wordt toegediend. De zuurgraad (of pH) is een indicator voor de vermesting of verzuring van het milieu. Bij een lagere pH (verzuring) kunnen metalen, met name aluminium, uit de bodem vrij komen en in oplossing gaan. Voor de zuurgraad is streefwaarde van 5,0 opgesteld.

In figuur 3.21 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet de langjarige gemiddelde meetwaarde voor de zuurgraad (pH) in het bovenste deel van het grondwater voor de periode 1995 - 2000 weergegeven. Voor de jaren 2001 t/m 2009 is de waarde voor de zuurgraad aangeleverd als veldwaarneming en is daarom niet opgenomen in de database met meetwaarden. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven.



Figuur 3.21 Langjarige gemiddelde meetwaarden voor de zuurgraad (periode 1995 - 2000) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

Uit figuur 3.21 blijkt dat voor de veengronden een iets hogere waarde voor de pH wordt gevonden (gemiddeld een pH van ca. 6,5). Voor de twee homogene deelgebieden landbouw op podzolgronden is de zuurgraad min of meer gelijk (gemiddeld een

pH van ca. 5,0). Onder bouwland en grasland worden pH-waarden gemeten die in hoofdzaak tussen de 5,0 en 5,5 liggen (Boukes en Baggelaar, 2002). Er zijn enkele redenen waarom lagere pH-waarden gevonden worden. De aanwezige stikstof in dierlijke mest (zogenaamde organo-NH₃-verbindingen) kan in de bodem en het grondwater omgezet worden naar nitraat waarbij H⁺-ionen vrijkomen. Ook bij omzetting van organische stof in de bodem kan verzuring plaatsvinden. De lage pH onder landbouwgronden kan er op duiden dat de chemische buffercapaciteit van de bodem uitgeput raakt. Daarnaast kunnen lage pH-waarden aangeven dat boeren een beperktere kalkgift toepassen. Uit de metingen van het meetnet Drentsche Aa blijkt dat voor de natuurgronden de zuurgraad gemiddeld iets onder de streefwaarde van 5,0 ligt.

Omdat er voor een beperkte periode meetgegevens in de database zijn van de zuurgraad (1995 - 2000) is niet gekeken naar trends in de meetreeksen.

3.1.8 Zware metalen

Zware metalen komen van nature in lage hoeveelheden in bodem en grondwater voor. In grote hoeveelheden echter zijn zware metalen schadelijk voor mens en milieu. Bronnen van zware metalen zijn industrie, vuilverbranding, verkeer en landbouw (tabel 3.4). Door middel van atmosferische depositie en bemesting van landbouwgronden kunnen verhoogde concentraties aan zware metalen in de bodem tot gevolg hebben. In combinatie met verzuring van bodem en grondwater (zie paragraaf 3.1.7) kunnen sommige zware metalen in oplossing gaan en zo in het grond- en oppervlaktewater terecht komen. In het meetnet Drentsche Aa en Elperstroom is gekeken naar de aanwezigheid van de zware metalen arseen, cadmium, chroom, koper, lood en zink. Voor deze zware metalen zijn de volgende streefwaarden in het freatisch grondwater (bovenste grondwater) opgesteld: 10 µg.l⁻¹ (arsen), 0,4 µg.l⁻¹ (cadmium), 1 µg.l⁻¹ (chroom), 15 µg.l⁻¹ (koper), 15 µg.l⁻¹ (lood) en 65 µg.l⁻¹ (zink).

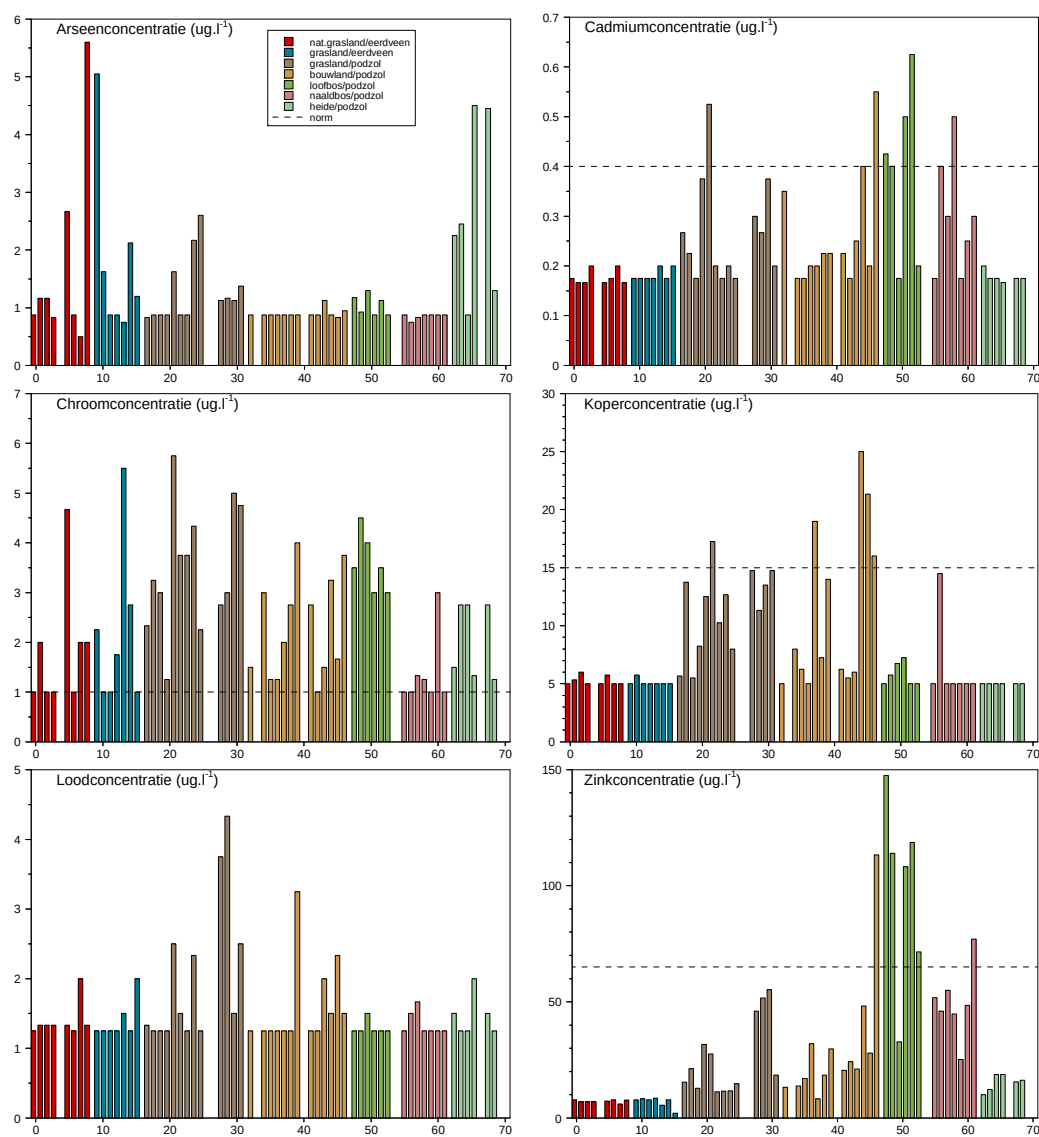
Tabel 3.4 Emissie van zware metalen naar de bodem ingedeeld naar bronnen (RIVM, <http://www.rivm.nl/rvs/stoffen/prio>).

	Land- bouw	Industrie	Doelgroepen consumenten	Verkeer en vervoer	Afvalver- wijderings- bedrijven	Handel, diensten en overheid	Natuurlijke bronnen
Arsen	X*	-	-	-	-	X*	-
Cadmium	70%	-	-	1%	4%	-	25%
Chroom	**	70%	30%	-	-	-	-
Koper	74%	15%	15%	4%	-	3%	4%
Lood	10%	-	8%	1%	-	81%	-
Zink	82%	-	-	10%	-	-	8%

* Niet gekwantificeerd.

** Niet onderzocht in de emissieregistratie.

In figuur 3.22 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet de langjarige gemiddelde concentratie aan zware metalen (arsenen, cadmium, chroom, koper, lood en zink) in het bovenste deel van het grondwater voor de periode 2000 - 2008 weer-gegeven. In deze periode is voor het meetjaar 2000, 2002, 2004 en 2008 het grondwater op hoeveelheid zware metalen geanalyseerd. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven.



Figuur 3.22 Langjarige gemiddelde concentratie aan zware metalen (meetjaren 2000, 2002, 2004 en 2008) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

Er dient te worden opgemerkt dat veel waarnemingen van zware metalen in het bovenste grondwater onder de detectielimiet zijn. De detectielimieten voor de onderzochte zware metalen zijn $<1 \mu\text{g.l}^{-1}$ (arsenen), $<0,1 \mu\text{g.l}^{-1}$ (cadmium), $<1 \mu\text{g.l}^{-1}$ (chroom), $<5 \mu\text{g.l}^{-1}$ (koper), $<1 \mu\text{g.l}^{-1}$ (lood) en $<10 \mu\text{g.l}^{-1}$ (zink). In de database zijn

metingen onder de detectielimiet ingevoerd met een meetwaarde gelijk aan de detectielimiet (zie figuur 3.22). In de praktijk liggen de concentraties echter onder de detectielimiet.

Omdat er voor een beperkt aantal jaren meetgegevens zijn van de concentraties aan zware metalen in het bovenste grondwater is niet gekeken naar trends in de meetreeksen.

Arseen

Uit figuur 3.22 blijkt dat voor een paar meetlocaties op de eerdveengronden hogere arseenconcentraties worden gevonden. Dit is vooralsnog niet te verklaren. Verder is het opvallend dat met name in het homogene deelgebied heide op podzol hoge arseenconcentraties worden waargenomen. Ook dit is vooralsnog niet te verklaren. Alle waarnemingen van arseen zijn echter onder de streefwaarde van $10 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Cadmium

Voor een aantal meetlocaties op de landbouwgebieden op podzolgronden worden hogere cadmiumconcentraties waargenomen (figuur 3.22). Deze hogere concentraties worden hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door mestgiften (met name kunstmestgiften). Daarnaast is het opvallend dat vooral in de homogene deelgebieden loofbos op podzol en naaldbos op podzol hoge cadmiumconcentraties worden waargenomen. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door atmosferische depositie, welke doorgaans hoger is in bosgebieden dan in gebieden met korte vegetatie zoals heide. Zowel op de landbouwgronden als in de bosgebieden wordt op enkele locaties de streefwaarde van $0,4 \mu\text{g.l}^{-1}$ overschreden.

Chroom

Voor de homogene deelgebieden bouwland op podzol, grasland op podzol en loofbos op podzol worden hogere chroomconcentraties waargenomen (figuur 3.22). Voor de homogene deelgebieden natuurlijk grasland op eerdveen en naaldbos op podzol wordt gemiddeld genomen lagere chroomconcentraties waargenomen. Voor chroom is de variatie in waarnemingen binnen een homogeen gebied groot, terwijl de variatie in waarnemingen tussen de homogene gebieden minder zichtbaar is. In bijna alle meetlocaties wordt de streefwaarde van $1 \mu\text{g.l}^{-1}$ overschreden.

Koper

Net als voor cadmium is de herkomst van koper sterk gerelateerd aan het gebruik van mest in de landbouw (zie tabel 3.4). Uit de meetresultaten blijkt dan ook dat hogere koperconcentraties worden waargenomen in de homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol (figuur 3.22). Voor enkele meetlocaties in deze twee homogene deelgebieden wordt dan ook de streefwaarde van $15 \mu\text{g.l}^{-1}$ overschreden.

Lood

Voor een aantal meetlocaties in het homogene deelgebied grasland op podzol en bouwland op podzol worden hogere loodconcentraties waargenomen (figuur 3.22). Deze hogere concentraties worden waarschijnlijk veroorzaakt door mestgiften. Alle waarnemingen van lood zijn echter onder de streefwaarde van $15 \mu\text{g.l}^{-1}$.

Zink

Eveneens als voor cadmium en koper is het voorkomen van zink sterk gerelateerd aan het gebruik van mest (vooral dierlijke mest) in de landbouw. Echter, uit figuur 3.22 blijkt dat met name voor het homogene deelgebied loofbos op podzol en in mindere mate naaldbos op podzol hogere zinkconcentraties worden waargenomen. Omdat het voorkomen van zink is gerelateerd aan het gebruik van meststoffen is het vooralsnog niet te verklaren waarom juist in het homogene deelgebied loofbos hogere zinkconcentraties worden waargenomen. Wellicht dat de iets lagere zuurgraad voor deze twee homogene deelgebieden hierbij een rol kan spelen (zie paragraaf 3.1.7). Voor bijna alle meetlocaties in het homogene deelgebied loofbos op podzol wordt de streefwaarde van $65 \mu\text{g.l}^{-1}$ overschreden. Voor zowel het homogene deelgebied bouwland op podzol als naaldbos op podzol wordt op één meetlocatie de streefwaarde overschreden (figuur 3.22).

3.2 Bodem

De waarnemingen van de bodemparameters is eenmaal in de vier jaar, beginnende in het jaar 1994. De waarnemingen hebben plaatsgevonden in het najaar van de meetjaren. Voor de landbouwgronden is bemonsterd voor het bodemprofiel 0 - 10 cm minus maaiveld. Voor het bepalen van de fosfaatverzadigingsgraad zijn tevens monsters genomen van het profiel 0 - 25 en 0 - 40 cm minus maaiveld. Voor de natuurgebieden is de strooisellaag geanalyseerd. Eenmaal per acht jaar is op de aanwezigheid van zware metalen (arsen, cadmium, chroom, koper, lood en zink) bemonsterd (meetjaren 1994 en 2002).

3.2.1 Fosfaat (Pw-getal, P-Al-getal en fosfaatverzadiging)

In paragraaf 3.1 is al aangegeven dat de fosfaattoestand in de bodem een belangrijke parameter is met betrekking tot vermesting van het milieu (zie paragraaf 3.1.3). De fosfaattoestand van de bodem wordt in een aantal parameters uitgedrukt. De bodemvruchtbaarheid (hoeveelheid beschikbaar fosfaat voor het gewas in de bodem) wordt uitgedrukt als Pw-getal voor bouwlandgronden en als P-Al-getal voor graslanden (tabel 3.5). Het Pw-getal is een maat voor de fosfaatintensiteit van de bodem (gemakkelijk beschikbaar fosfaat) en het P-Al-getal een maat voor de fosfaatcapaciteit (fosfaatvoorraad). Voor zowel het Pw-getal als het P-Al-getal is een systeem van waarderingen van de bodemvruchtbaarheid vanaf zeer laag (Pw-getal) tot hoog. Als grenswaarde voor het Pw-getal en P-Al-getal is de overgang van ruim voldoende naar vrij hoog / hoog, respectievelijk $45 \text{ mg P}_2\text{O}_5$ per l grond en $55 \text{ mg P}_2\text{O}_5$ per 100 gram

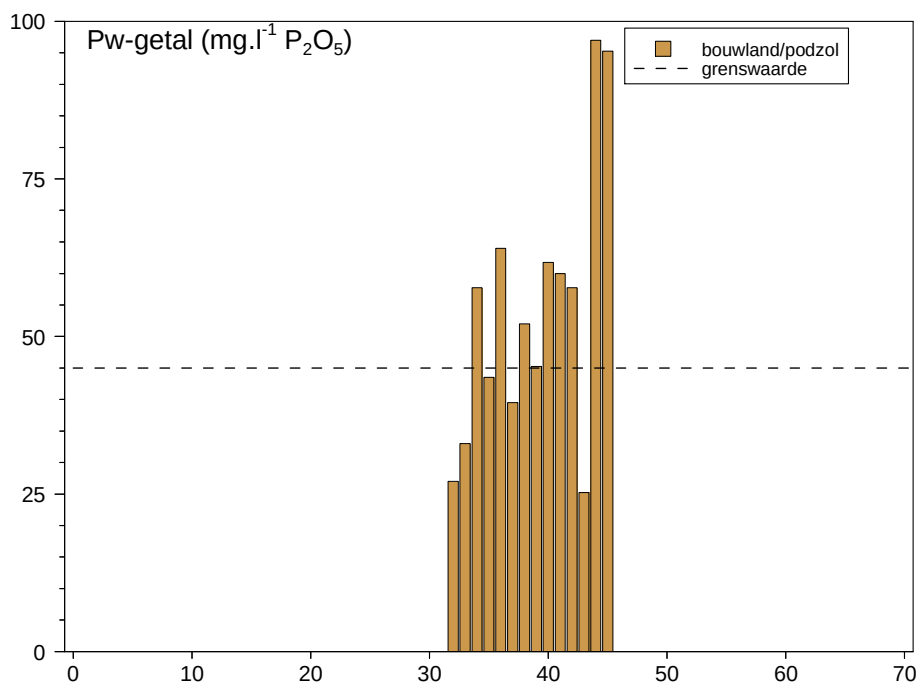
grond. Deze grenswaarde komt overeen met de POP-doelstelling (Boukes en Baggelaar, 2002).

Tabel 3.5 Waardering van de fosfaattoestand van bouwland (Pw-getal in mg P₂O₅ per l grond) en grasland (P-Al-getal in mg P₂O₅ per 100 gram grond).

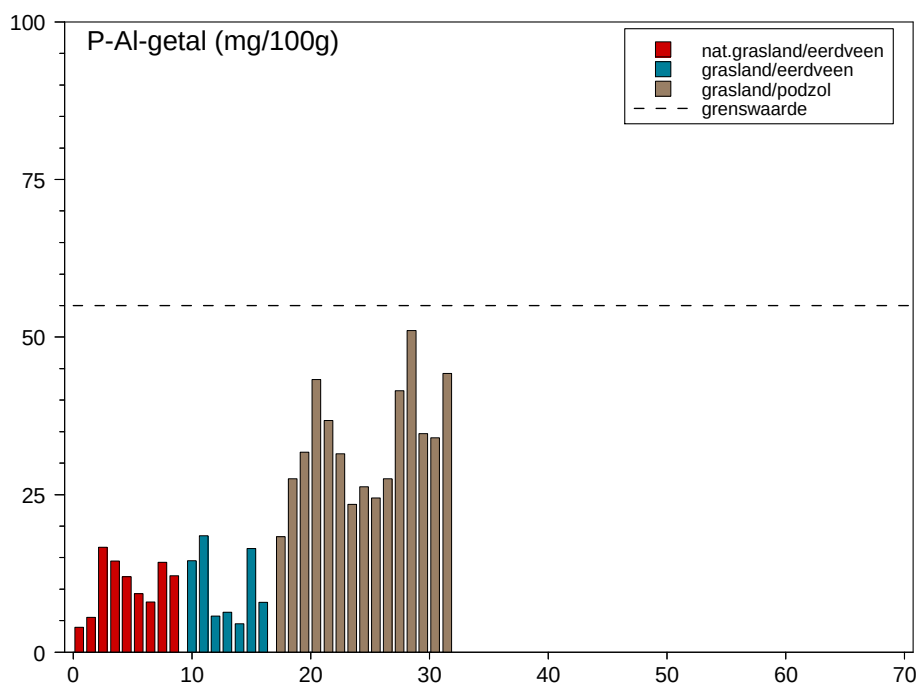
Waardering	Pw-getal (bouwland)	P-Al-getal (grasland)		
	alle gronden	zeeklei, veen zand, dalgrond	rivierklei	löss
Zeer laag	<11	-	-	-
Laag	11 - 20	<18	<15	<13
Vrij laag	-	18 - 29	15 - 24	13 - 19
Voldoende	21 - 30	30 - 39	25 - 34	20 - 29
Ruim voldoende	31 - 45	40 - 55	35 - 55	30 - 45
Vrij hoog	46 - 60	-	-	-
Hoog	>60	>55	>55	>45

Een andere belangrijke parameter om de fosfaattoestand van de bodem te beschrijven is de fosfaatverzadiging. Bij fosfaatverzadigde gronden is (een deel) van de bindingscapaciteit van de bodem benut en zal extra aan de bodem toegediende fosfaat kunnen uitspoelen naar grond- en oppervlaktewater. Bij een fosfaatverzadiging van 25% (op zandgronden) zal voor het bovenste grondwater een ortho-fosfaatconcentratie worden aangetroffen die boven de 0,10 mg.l⁻¹ ligt. In de praktijk wordt voor de zandgronden een fosfaatverzadiging van 25% als streefwaarde aangehouden.

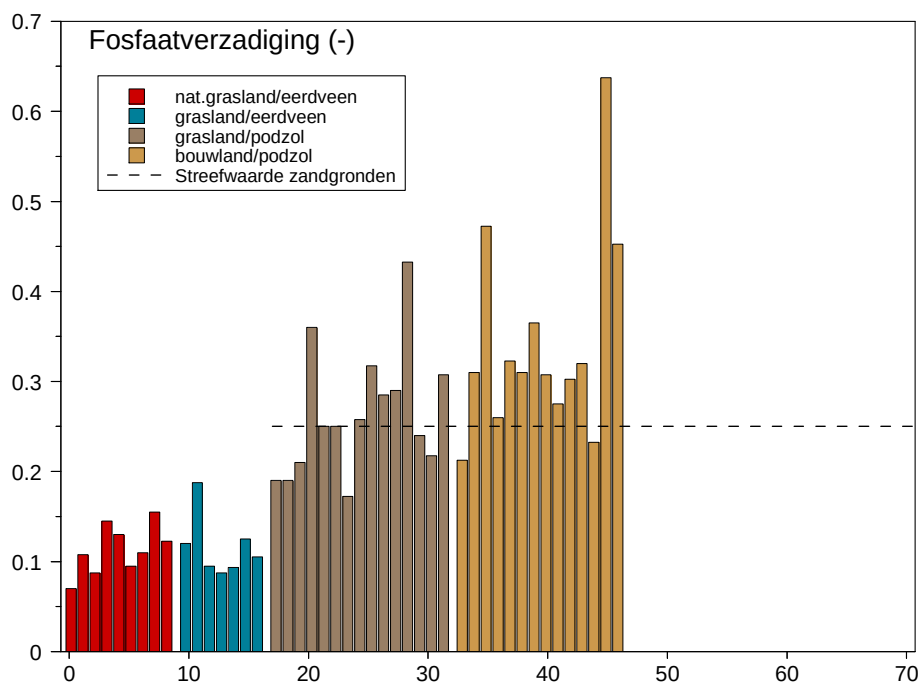
In figuur 3.23, 3.24 en 3.25 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet de langjarige gemiddelde fosfaatparameters in de bodem voor de meetjaren 1994, 1998, 2002 en 2006 weergegeven. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven. Voor de homogene deelgebieden loofbos, naaldbos en heide op podzol is geen bemonstering uitgevoerd. Voor het Pw-getal (figuur 3.23) is voor het homogene deelgebied natuurlijk grasland op eerdveen alleen in het jaar 2006 een bemonstering uitgevoerd; voor de homogene deelgebieden grasland op eerdveen en grasland op podzol zijn alleen in de jaren 2002 en 2006 bemonsteringen uitgevoerd. Voor het P-Al-getal (figuur 3.24) is voor het homogene deelgebied bouwland op podzol alleen in het jaar 2002 en 2006 een bemonstering uitgevoerd.



Figuur 3.23 Langjarige gemiddelde Pw-getal (meetjaar 1994, 1998, 2002 en 2006) in de bodem voor de meetlocaties op bouwland van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

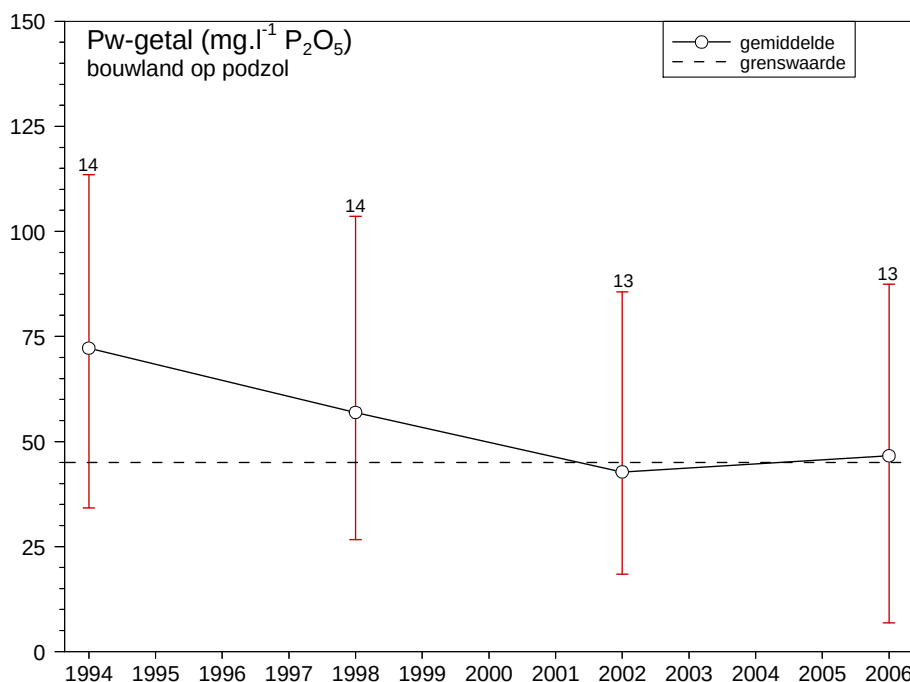


Figuur 3.24 Langjarige gemiddelde P-Al-getal (meetjaar 1994, 1998, 2002 en 2006) in de bodem voor de meetlocaties op grasland van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).



Figuur 3.25 Langjarige gemiddelde fosfaatverzadiging (meetjaar 1994, 1998, 2002 en 2006) in de bodem voor de meetlocaties op landbouwgronden van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

Uit figuur 3.23, 3.24 en 3.25 blijkt dat de hoogste waarnemingen voor de fosfaatparameters op de landbouwgebieden op podzol voorkomen en met name in het homogene deelgebied bouwland op podzol. Voor de waardering van het Pw-getal geldt dat meerdere meetlocaties een langjarig gemiddelde laten zien die hoger is dan de classificatie 'ruim voldoende' (figuur 3.23). Voor de waardering van het P-Al-getal geldt dat slechts één meetlocatie een langjarig gemiddelde laat zien die hoger is dan de classificatie 'ruim voldoende' (figuur 3.24). Voor de fosfaatverzadiging geldt dat twaalf van de veertien meetlocaties in het homogene deelgebied bouwland op podzol verzadigd zijn (figuur 3.25). Voor het homogene deelgebied grasland op podzol geldt dit voor zeven van de vijftien meetlocaties. Voor de homogene deelgebieden natuurlijk grasland op eerdveen en grasland op eerdveen geldt dat geen enkele meetlocatie verzadigd is. De hoge waarden voor de fosfaatparameters in de homogene deelgebieden grasland op podzol en bouwland op podzol zijn direct gerelateerd aan het gebruik van meststoffen en met name dierlijke mestgiftten.

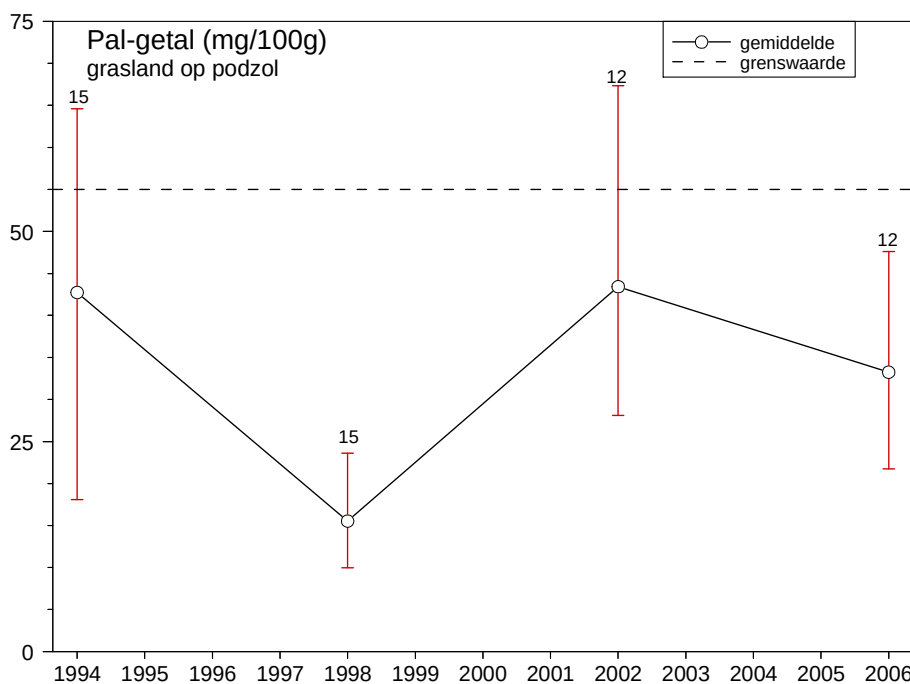


Figuur 3.31 Gemiddeld Pw-getal in de bodem voor het homogene deelgebied bouwland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

In figuur 3.31 is het verloop van het Pw-getal voor de periode 1994 - 2006 voor het homogene deelgebied bouwland op podzol weergegeven. Tevens is de spreiding in de meetwaarden per jaar weergegeven. Als maat voor de spreiding is de 5% (ondergrens) en 95% (bovengrens) van de meetwaarden gekozen. Voor een overzicht van de gemeten waarden van het Pw-getal in de resterende homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.

Uit figuur 3.31 blijkt dat het Pw-getal vanaf 1994 daalt tot net onder de waardering 'ruim voldoende' voor bouwland in 2002 en daarna licht stijgt. De lichte stijging van het Pw-getal in 2006 kan worden veroorzaakt door de introductie van de nieuwe mestwetgeving (zie ook paragraaf 3.1.1 Nitraat). Voor de homogene deelgebieden grasland op eerdveen en grasland op podzol is eveneens een stijging van het Pw-getal in 2006 waar te nemen (zie bijlage 1).

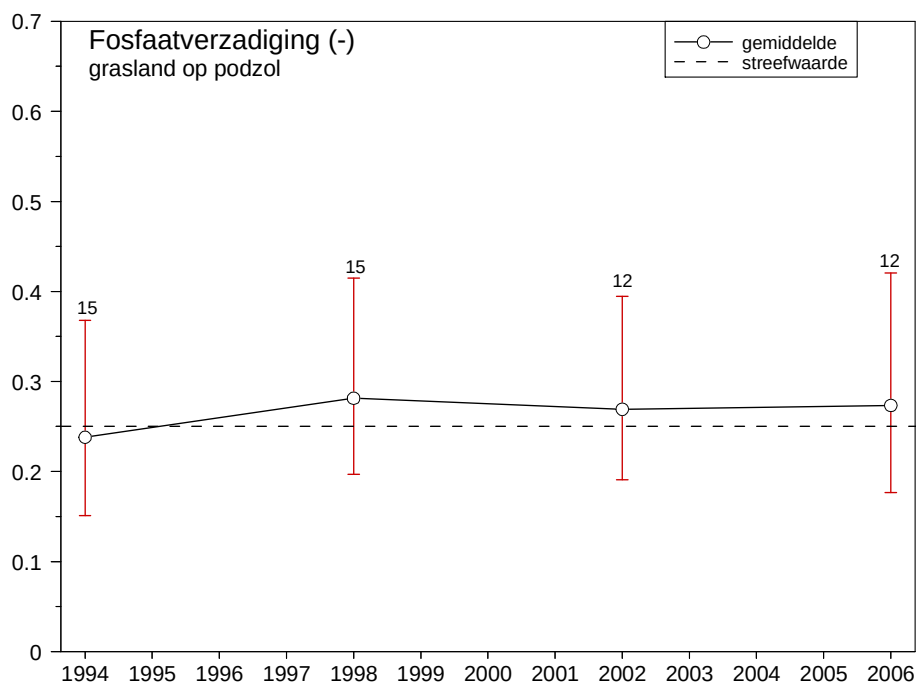
In figuur 3.32 is het verloop van het P-Al-getal voor de periode 1994 - 2006 voor het homogene deelgebied grasland op podzol weergegeven. Tevens is de spreiding in de meetwaarden per jaar weergegeven. Als maat voor de spreiding is de 5% (ondergrens) en 95% (bovengrens) van de meetwaarden gekozen. Voor een overzicht van de gemeten waarden van het P-Al-getal in de resterende homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.



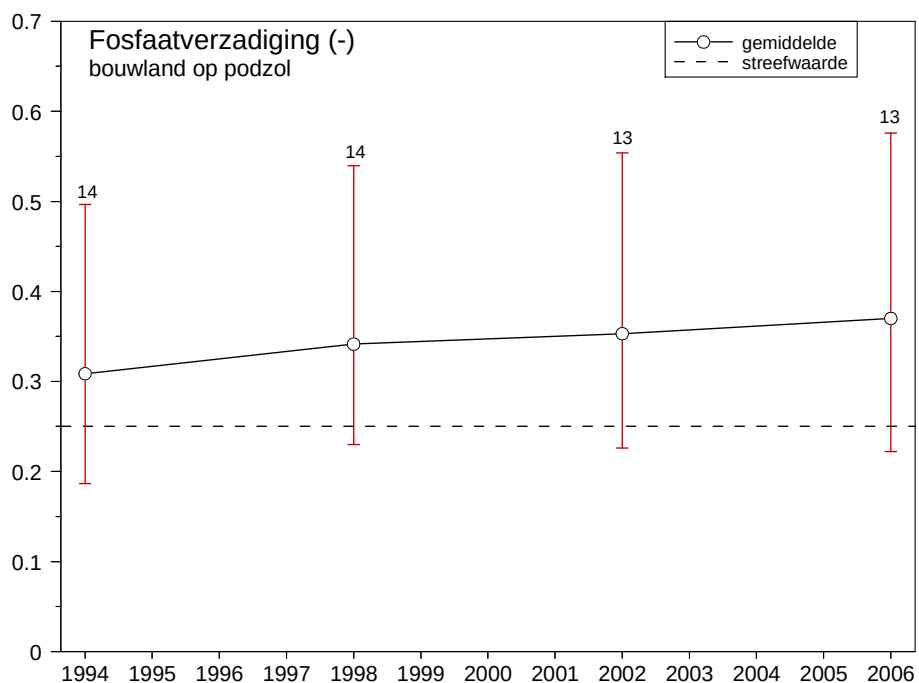
Figuur 3.32 Gemiddeld P-Al-getal in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

Uit figuur 3.32 blijkt dat het P-Al-getal vanaf 1994 daalt, maar weer stijgt in 2002 en daarna weer daalt in 2006. Voor de homogene deelgebieden natuurlijk grasland op eerdveen en grasland op eerdveen laten een gelijke trend zien (bijlage 1). Voor het homogene deelgebied bouwland op podzol zijn alleen waarnemingen in de jaren 2002 en 2006, maar ook voor dit deelgebied is een dalende trend van 2002 naar 2006 waar te nemen. Voor de gehele waarnemingsperiode blijft de gemiddelde waarde voor het P-Al-getal voor het homogene deelgebied grasland op podzol onder de waardering 'ruim voldoende' (figuur 3.32). Waarom het Pw-getal stijgt in de periode 2002 - 2006 en het P-Al-getal juist daalt in dezelfde periode is vooralsnog niet duidelijk.

In figuur 3.33 en 3.34 is het verloop van de fosfaatverzadiging voor de periode 1994 - 2006 voor respectievelijk het homogene deelgebied grasland op podzol en bouwland op podzol weergegeven. Tevens is de spreiding in de meetwaarden per jaar weergegeven. Als maat voor de spreiding is de 5% (ondergrens) en 95% (bovengrens) van de meetwaarden gekozen. Voor een overzicht van de gemeten waarden van de fosfaatverzadiging in de resterende homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.



Figuur 3.33 Gemiddelde fosfaatverzadiging in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

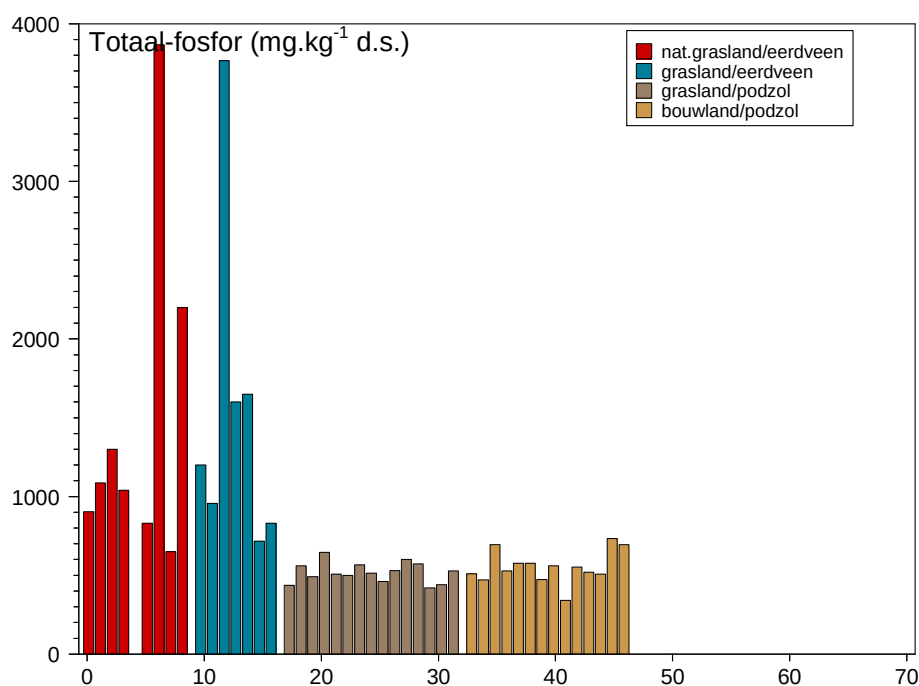


Figuur 3.34 Gemiddelde fosfaatverzadiging in de bodem voor het homogene deelgebied bouwland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

Uit figuur 3.33 blijkt dat de fosfaatverzadiging in het homogene deelgebied grasland op podzol vanaf 1994 stijgt en na 2002 min of meer stabiel blijft op een waarde welke boven de fosfaatverzadiging van 25% ligt. Voor het homogene deelgebied bouwland op podzol stijgt de fosfaatverzadiging vanaf 1994 in de gehele waarnemingsperiode (figuur 3.34). Voor de gehele waarnemingsperiode ligt het gemiddelde van het homogene deelgebied bouwland op podzol boven de fosfaatverzadiging van 25%. Voor het homogene deelgebied grasland op eerdveen wordt een licht stijgende fosfaatverzadiging waargenomen; voor het homogene deelgebied natuurlijk grasland op eerdveen blijft de fosfaatverzadiging over de gehele waarnemingsperiode min of meer gelijk (zie bijlage 1).

3.2.2 Totaal-fosfor

Een andere maat voor de beschrijving van de fosfaattoestand van de bodem is het gemeten hoeveelheid totaal-fosfor in de bodem. Dit is naast de hoeveelheid beschikbare fosfaat eveneens de aan de bodem gebonden fosfaat. Voor het gehalte totaal-fosfor in de bodem is geen streefwaarde opgesteld.



Figuur 3.35 Langjarig gemiddelde gehalte aan totaal-fosfor (meetjaar 1998, 2002 en 2006) in de bodem voor de meetlocaties op landbouwgronden van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

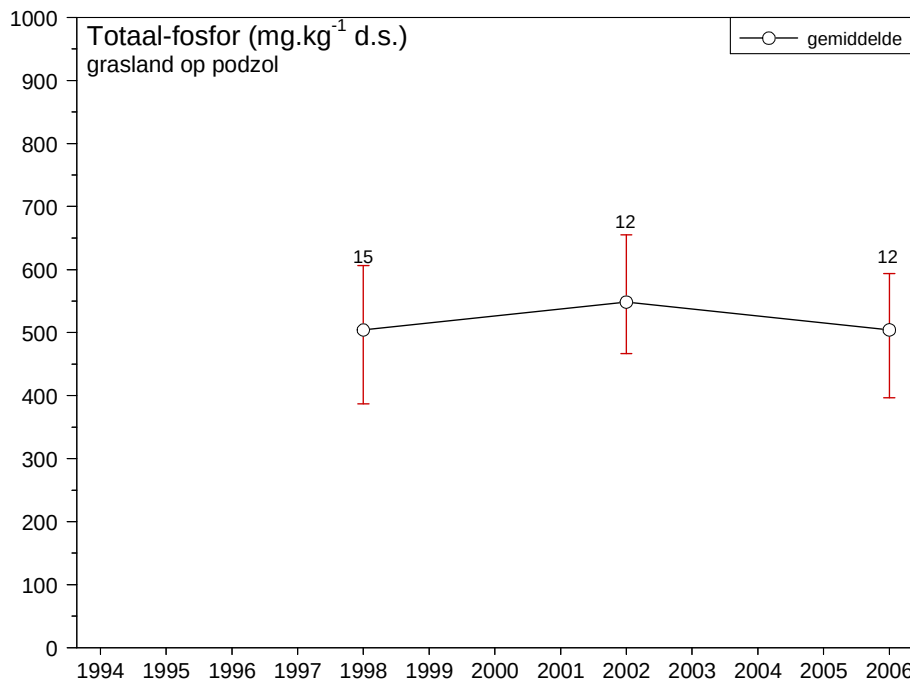
In figuur 3.35 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet het langjarig gemiddelde gehalte aan totaal-fosfor in de bodem voor de meetjaren 1998, 2002 en 2006 weergegeven. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven. Voor de homogene deelgebieden loofbos, naaldbos en heide op podzol is geen bemonstering uitgevoerd. Voor alle vier

homogene deelgebieden, welke zijn bemonsterd op totaal-fosfor in de bodem, heeft geen bemonstering in het jaar 1994 plaatsgevonden.

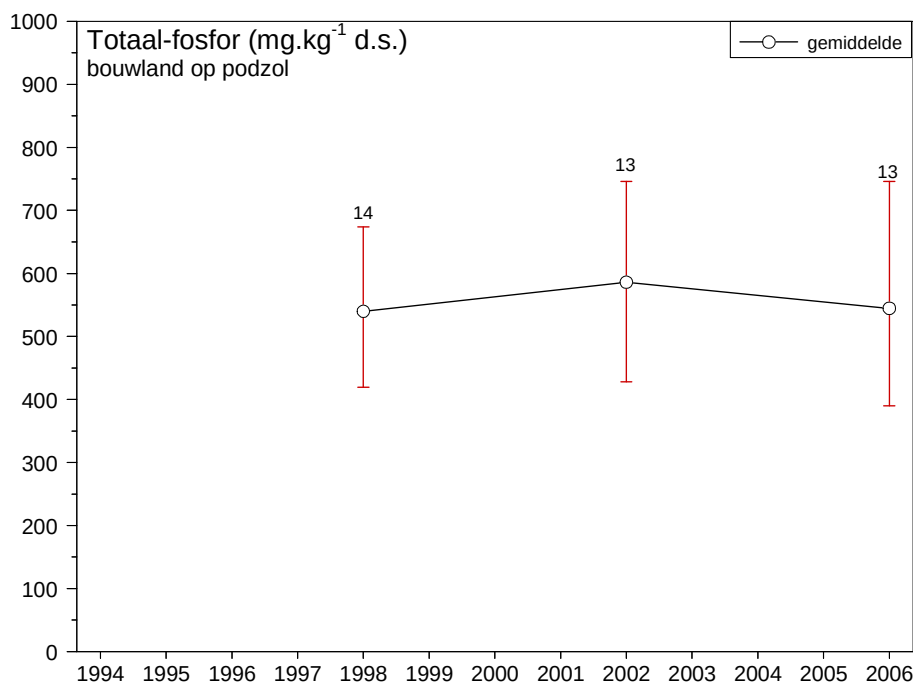
De eenheid voor de gemeten gehalten aan totaal-fosfor in de bodem is mg.kg^{-1} droge stof. Aangezien de hoeveelheid droge stof in eerdveengronden hoger is dan voor podzolgronden zijn de waarnemingen in podzolgronden niet te vergelijken met de waarnemingen in de eerdveengronden. Zoals te verwachten vallen de waarnemingen op eerdveengronden om die reden hoger uit (figuur 3.35). De waarnemingen in het homogene deelgebied grasland op podzol en in het homogene deelgebied grasland op podzol zijn min of meer gelijk.

In figuur 3.36 en 3.37 is het verloop van het gehalte aan totaal-fosfor voor de periode 1998 - 2006 voor respectievelijk het homogene deelgebied grasland op podzol en bouwland op podzol weergegeven. Tevens is de spreiding in de meetwaarden per jaar weergegeven. Als maat voor de spreiding is de 5% (ondergrens) en 95% (boven-grens) van de meetwaarden gekozen. Voor een overzicht van de gemeten gehalten aan totaal-fosfor in de resterende homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.

Uit figuur 3.36 en 3.37 blijkt dat het gehalte aan totaal-fosfor in de bodem in het homogene deelgebied grasland op podzol en bouwland op podzol vanaf 1998 licht stijgt en na 2002 weer licht daalt. Alleen voor het homogeen deelgebied grasland op eerdveen stijgt het gehalte aan totaal-fosfor in de gehele waarnemingsperiode (zie bijlage 1).



Figuur 3.36 Gemiddeld gehalte totaal-fosfor in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

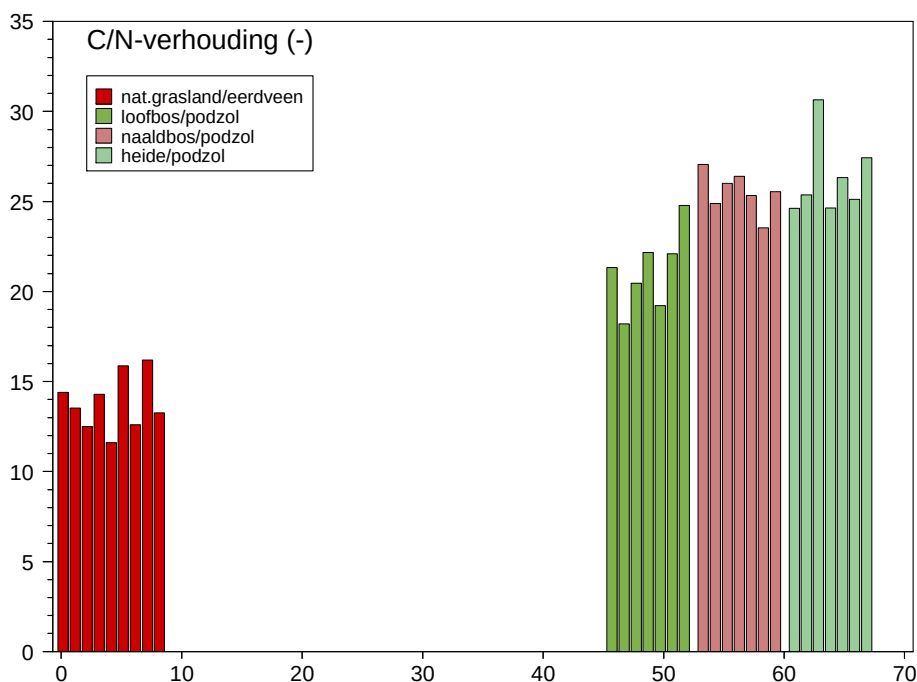


Figuur 3.37 Gemiddeld gehalte totaal-fosfor in de bodem voor het homogene deelgebied bouwland op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

3.2.3 C/N-ratio

In figuur 3.38 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet de langjarig gemiddelde ratio koolstof/stikstof (C/N-ratio) in de bodem en strooisellaag voor de meetjaren 1994, 1998, 2002 en 2006 weergegeven. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven. Voor de homogene deelgebieden grasland op eerdveen, grasland op podzol en bouwland op podzol is geen bemonstering uitgevoerd.

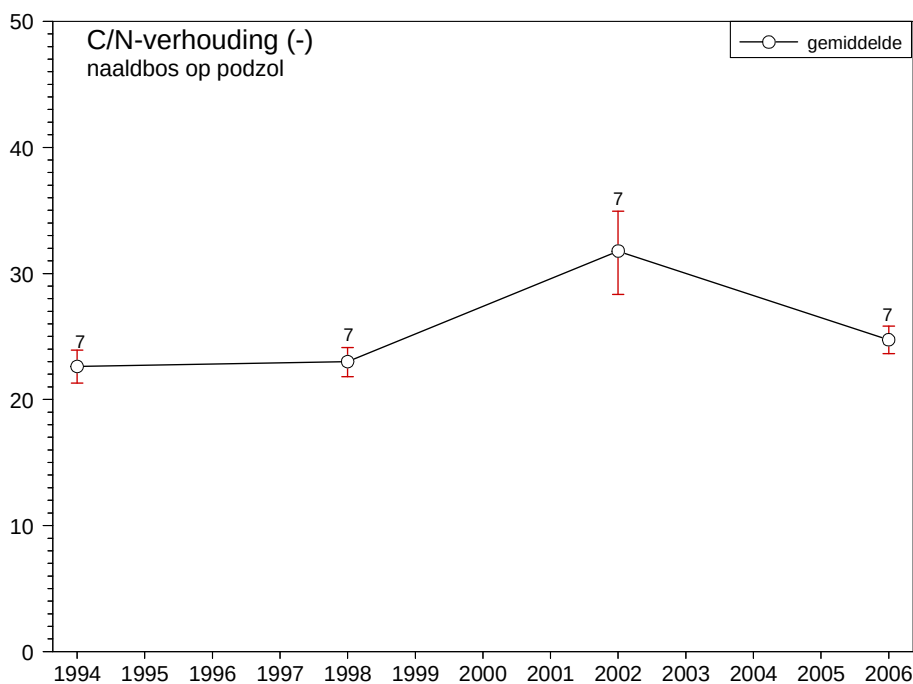
Uit figuur 3.38 blijkt dat voor de eerdveengronden een lagere C/N-ratio wordt gevonden dan voor de podzolgronden. De C/N-ratio is een maat voor de stikstofrijkdom van de organische stof in de bodem. Een hoge C/N-ratio betekent veel koolstof per eenheid stikstof, dus een laag stikstofgehalte. Bij de veengronden hangt de C/N-ratio in de bovengrond samen met de aard van het veen: eutroof, mesotroof of oligotroof veen. In de literatuur wordt voor eerdveengronden (madeveengronden) een C/N-ratio van 15 à 20 gevonden, terwijl voor de podzolgronden een C/N-ratio van 20 à 25 wordt gevonden.



Figuur 3.38 Langjarig gemiddelde C/N-ratio (meetjaar 1994, 1998, 2002 en 2006) in de bodem (natuurlijk grasland op eerdveen) en strooisellaag (loofbos, naaldbos en heide op podzol) voor de meetlocaties op natuurgronden van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

In figuur 3.39 is het verloop van de C/N-ratio voor de periode 1994 - 2006 voor het homogene deelgebied heide op podzol weergegeven. Tevens is de spreiding in de meetwaarden per jaar weergegeven. Als maat voor de spreiding is de 5% (ondergrens) en 95% (bovengrens) van de meetwaarden gekozen. Voor een overzicht van de gemeten C/N-ratio's in de resterende homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.

Uit figuur 3.39 blijkt dat de C/N-ratio in het homogene deelgebied naaldbos op podzol in 2002 hogere waarnemingen laat zien. Dit geldt ook voor de andere drie bemonsterde homogene deelgebieden (zie bijlage 1). Waardoor deze hogere waarden voor de C/N-ratio's in 2002 worden veroorzaakt is vooralsnog niet duidelijk. Voor de andere meetjaren blijven de C/N-ratio's vrij constant.



Figuur 3.39 Gemiddelde C/N-ratio in de strooisellaag voor het homogene deelgebied naaldbos op podzol. In rood is de spreiding weergegeven (5% en 95% van de meetwaarden). Het getal boven de spreiding geeft het aantal metingen in het betreffende jaar aan.

3.2.4 Zware metalen

In het meetnet Drentsche Aa en Elperstroom is, naast de aanwezigheid van zware metalen in het ondiepe grondwater (zie paragraaf 3.1.8), eveneens gekeken naar de aanwezigheid van zware metalen in de bodem (landbouwgronden) en strooisellaag (natuurgronden). Hierbij is geanalyseerd op de hoeveelheid en aanwezigheid van de zware metalen arseen, cadmium, chroom, koper, lood, nikkel en zink. De streefwaarde van deze zware metalen is afhankelijk van de hoeveelheid aanwezige organische stof in de bodem en strooisellaag. Daarom kan de streefwaarde per homogeen deelgebied variëren (figuur 3.40).

In figuur 3.40 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet het langjarig gemiddelde gehalte aan zware metalen (arsen, cadmium, chroom, koper, lood, nikkel en zink) in de bodem en strooisellaag voor de meetjaren 1994 en 2002 weergegeven. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden (zie hoofdstuk 2) zijn in verschillende kleuren weergegeven.

De eenheid voor de gemeten gehalten aan zware metalen in de bodem en strooisellaag is mg.kg^{-1} droge stof. Aangezien de hoeveelheid droge stof in eerdveengronden hoger is dan voor podzolgronden zijn de waarnemingen in podzolgronden niet te vergelijken met de waarnemingen in de eerdveengronden. Zoals te verwachten vallen de waarnemingen op eerdveengronden om die reden hoger uit (figuur 3.40).

In de natuurgebieden worden het gehalte aan zware metalen in de strooisellaag bepaald. In natuurgebieden is de strooisellaag in tegenstelling tot landbouwgronden meestal ongestoord. Deze strooisellaag bestaat voor het overgrote deel uit een laag van organisch materiaal. Stoffen als zware metalen hebben de eigenschap zich te hechten aan het organisch materiaal in deze laag. Het is dan ook te verwachten dat zware metalen in de strooisellaag in hogere concentraties zullen voorkomen dan in de bodem van natuurgebieden (Seine, 1996).

Omdat er voor slechts twee meetjaren (1994 en 2002) meetgegevens van het gehalte aan metalen beschikbaar zijn is niet gekeken naar trends in de meetreeksen. Voor een overzicht van de waarnemingen van de gehalten aan metalen in de twee meetjaren voor de verschillende homogene deelgebieden wordt de lezer naar bijlage 1 verwezen.

Arseen

De waarnemingen van het arseengehalte in de landbouwgebieden op de podzolgronden zijn iets hoger dan de natuurgebieden op podzolgronden. Dit komt hoogstwaarschijnlijk door het gebruik van meststoffen. In alle gevallen blijven de waarnemingen onder de streefwaarde.

Cadmium

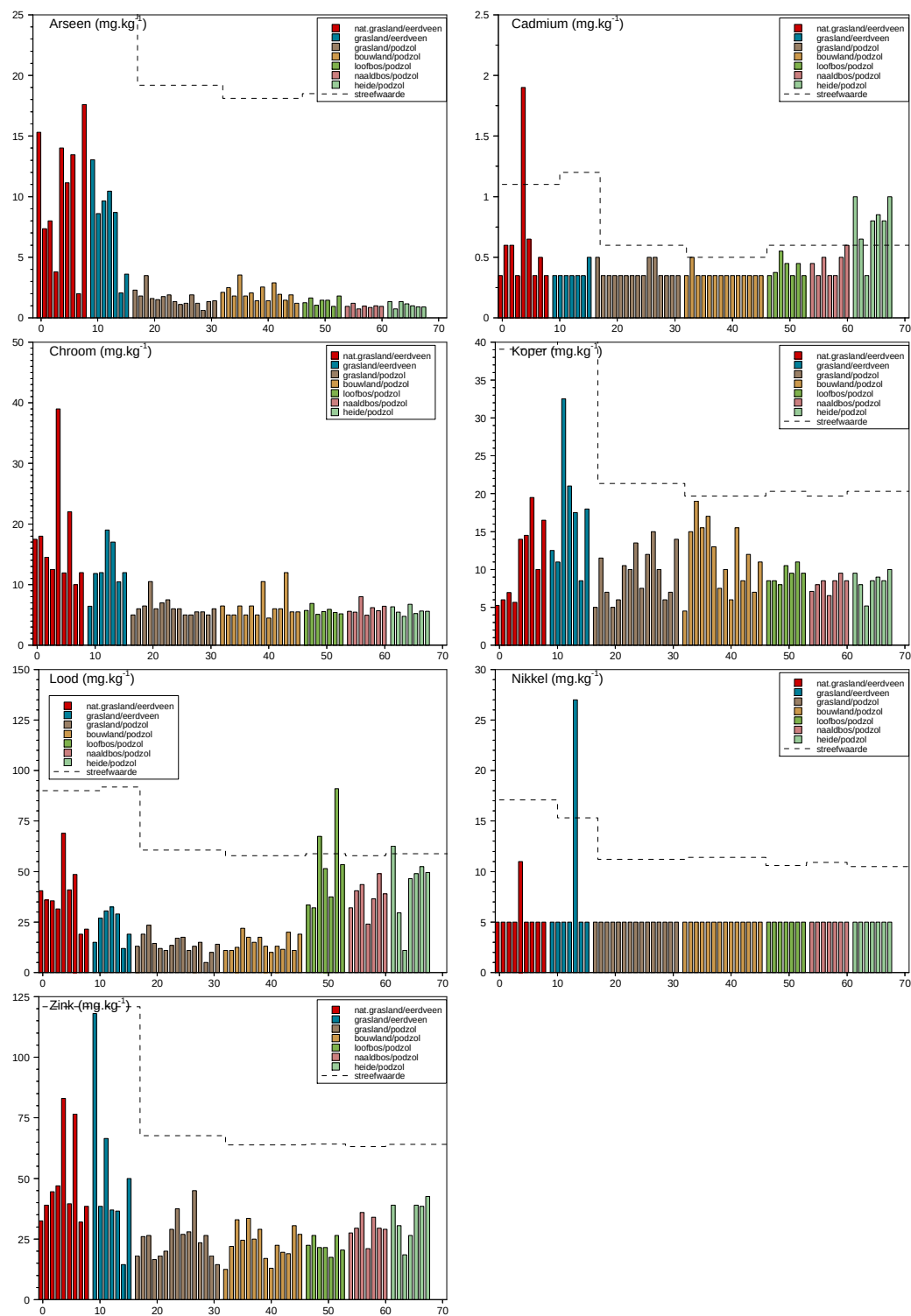
Voor het homogene deelgebied heide op podzol zijn de hogere waarnemingen van het cadmiumgehalte in de strooisellaag opvallend. Zes van de zeven meetlocaties hebben waarnemingen boven de streefwaarde. De aanwezigheid van veel organisch materiaal in de strooisellaag, waaraan de metalen zich kunnen binden, zou hiervoor een verklaring kunnen zijn. Dit wordt bevestigd door de lage waarnemingen van cadmium in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied heide op podzol (zie paragraaf 3.1.8).

Chroom

Voor de verschillende homogene deelgebieden op de podzolgronden worden voor het chroomgehalte min of meer gelijke meetwaarden gevonden. Voor de twee landbouwgebieden worden enkele hogere meetwaarden gevonden (één meetlocatie in het homogene deelgebied grasland op podzol en twee meetlocaties in het homogene deelgebied bouwland op podzol). In alle gevallen blijven de waarnemingen onder de streefwaarde.

Koper

De waargenomen kopergehalten zijn in de landbouwgebieden op de podzolgronden iets hoger dan de natuurgebieden op podzolgronden. Dit komt hoogstwaarschijnlijk door het gebruik van meststoffen (zie ook tabel 3.4, paragraaf 3.1.8). Voor de homogene deelgebieden op de natuurgronden worden min of meer gelijke meetwaarden aangetroffen. In alle gevallen blijven de waarnemingen onder de streefwaarde.



Figuur 3.40 Langjarig gemiddelde gebalte aan metalen (meetjaar 1994 en 2002) in de bodem (natuurlijk grasland en grasland op eerdveen en grasland en bouwland op podzol) en strooisellaag (loofbos, naaldbos en heide op podzol) voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet (op de X-as staat het nummer van de meetlocatie).

Lood

De waargenomen loodgehalten zijn in de natuurgebieden op de podzolgronden (en met name loofbos op podzol) hoger dan voor de landbouwgebieden op podzolgronden. Hierbij speelt hoogstwaarschijnlijk het binden van metalen aan het organisch materiaal van de strooisellaag een rol. Dit beeld wordt bevestigd doordat in het bovenste grondwater lagere loodconcentraties onder de natuurgebieden, in vergelijking tot de landbouwgronden, werd aangetroffen (zie paragraaf 3.1.8). In de meeste gevallen blijven de waarnemingen onder de streefwaarde. Alleen in het homogene deelgebied loofbos op podzol en heide op podzol worden meetwaarden boven de streefwaarde aangetroffen.

Nikkel

Op een enkele meetlocatie na zijn de meetwaarden voor het nikkelgehalte van de meetlocaties constant, namelijk $5 \text{ mg.kg}^{-1} \text{ Ni}$. Omdat er voor slechts één meetjaar (1994) meetgegevens van het nikkelgehalte beschikbaar zijn is het niet mogelijk om een trend in meetreeksen te kunnen bepalen.

Zink

De waargenomen zinkgehalten zijn in de natuurgebieden min of meer gelijk aan de waarnemingen in de landbouwgebieden. Omdat het voorkomen van zink is gerelateerd aan het gebruik van meststoffen, en dan met name dierlijke meststoffen, is het vooralsnog niet te verklaren waarom de waargenomen zinkgehalten in de natuurgebieden gelijk zijn aan de waarnemingen in de landbouwgebieden. In alle gevallen blijven de waarnemingen onder de streefwaarde.

4 Relatie met andere meetnetten

Om de meetresultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet de Drentsche Aa en Elperstroom beter te kunnen interpreteren wordt in dit hoofdstuk een vergelijking gemaakt met de meetresultaten van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet (paragraaf 4.1) en het meetnet ten behoeve van het project Bedreven Bedrijven Drenthe (paragraaf 4.2). Omwille van de beperktheid van deze studie wordt dit gedaan voor die stoffen met (regelmatige) waarnemingen boven de norm (nitraat in het bovenste grondwater) en/of stijgende trend laten zien (fosfaat in de bodem) in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom.

4.1 Provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe

Het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe is net als het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom verdeeld in een aantal homogene deelgebieden. Voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet zijn de volgende homogene deelgebieden onderscheiden:

- Bouwland op moerig zand, droog (15 meetlocaties);
- Bouwland op podzol, droog (18 meetlocaties);
- Bouwland op veenkoloniaal dek, droog (8 meetlocaties);
- Bouwland op veenkoloniaal dek, nat (8 meetlocaties);
- Grasland op madeveen, nat (14 meetlocaties);
- Grasland op moerig zand, droog (8 meetlocaties);
- Grasland op moerig zand, nat (8 meetlocaties);
- Grasland op podzol, droog (45 meetlocaties).

Het verschil in opzet tussen het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom is dat:

- het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet alleen meetlocaties op landbouwgronden kent;
- het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet onderscheid maakt in droge en natte gronden;
- het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet naast podzolgronden en eerdveen/madeveengronden tevens gronden met een veenkoloniaal dek en moerige zandgronden onderscheidt.

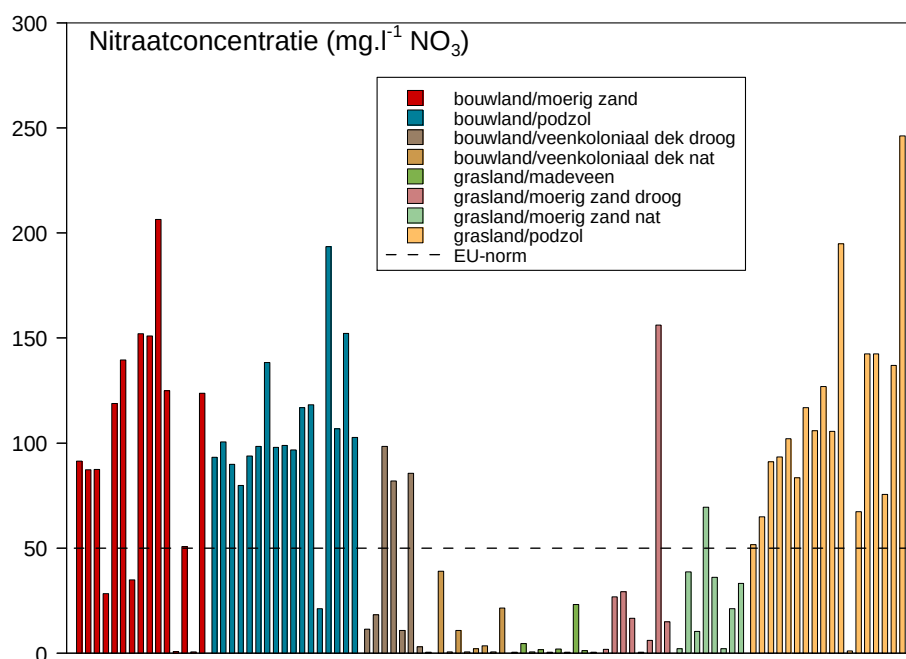
Tussen het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom is er een overlap van drie homogene deelgebieden, te weten:

- Grasland op madeveen/eerdveen;
- Grasland op podzol;
- Bouwland op podzol.

Voor deze drie homogene groepen wordt gekeken in hoeverre de waarnemingen in de Drentsche Aa afwijken van het provinciaal beeld.

4.1.1 Nitraat in het bovenste grondwater

In figuur 4.1 is per meetlocatie van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe de langjarige gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste deel van het grondwater voor de periode 1997 - 2009 weergegeven. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden zijn in verschillende kleuren weergegeven. Hieruit valt duidelijk op te maken dat hoge nitraatconcentraties worden waargenomen onder de podzolgronden en moerige zandgronden, terwijl onder de veengronden en gronden met een veenkoloniaal dek lagere nitraatconcentraties worden waargenomen. Tussen de verschillende landgebruiksvormen (grasland en bouwland) kan weinig onderscheid in nitraatconcentraties in het bovenste grondwater worden gemaakt.



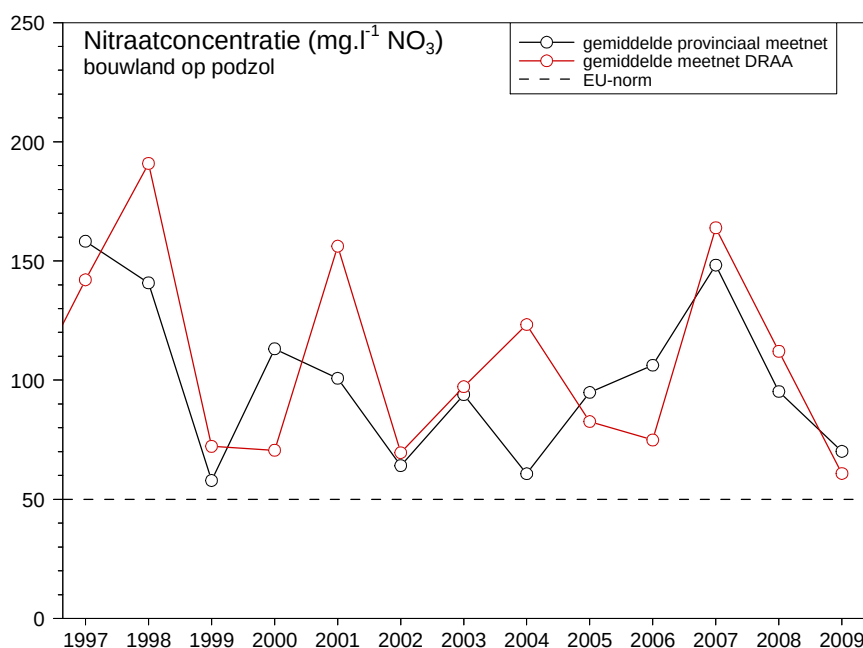
Figuur 4.1 Langjarige gemiddelde nitraatconcentraties (periode 1997- 2009) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe.

In tabel 4.1 zijn de gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor de drie overlappende homogene deelgebieden (bouwland op podzol, grasland op podzol en grasland op madeveen) van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom voor de periode 1997 - 2009 weergegeven. Uit tabel 4.1 blijkt dat de verschillen in nitraatconcentraties tussen de drie overlappende homogene deelgebieden minimaal zijn.

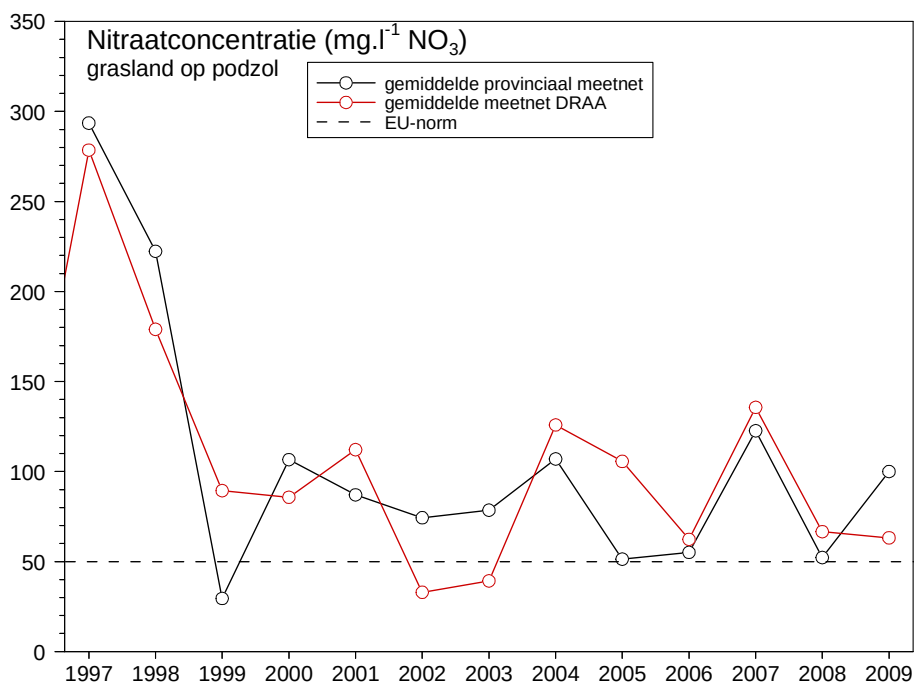
Tabel 4.1 Gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater (periode 1997 - 2009) voor drie homogene deelgebieden van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom. Het aantal waarnemingen per homogeen deelgebied staat tussen haakjes weergegeven.

Homogeen deelgebied	Provinciaal meetnet	Meetnet Drentsche Aa en Elperstroom
	mg.l ⁻¹ NO ₃	mg.l ⁻¹ NO ₃
Bouwland op podzol	101,3 (17)	109,4 (15)
Grasland op podzol	108,5 (18)	109,7 (15)
Grasland op madeveen	3,5 (10)	2,3 (7)

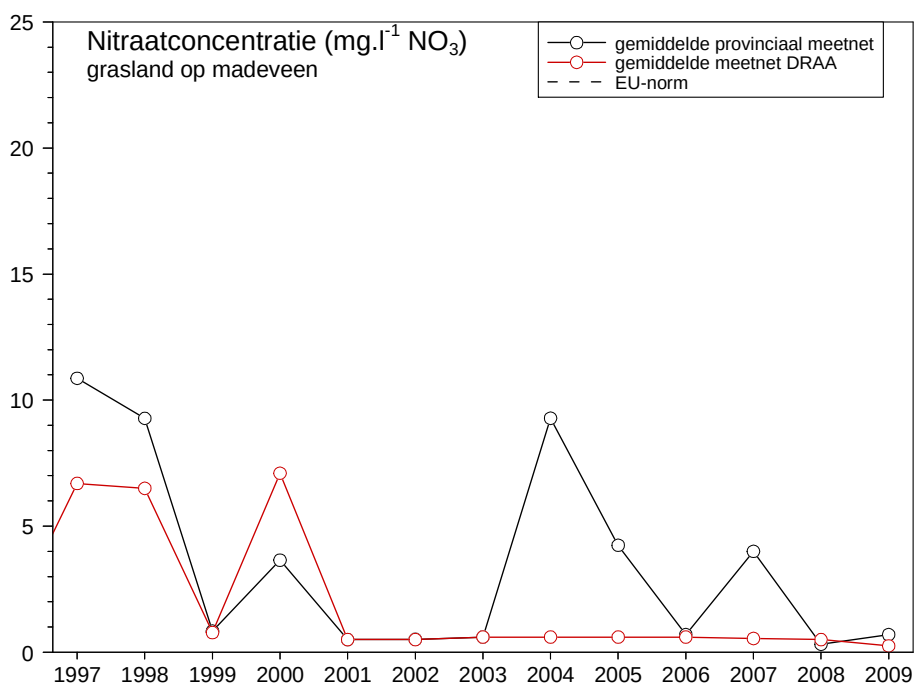
In figuur 4.2, 4.3 en 4.4 zijn de gemiddelde nitraatconcentraties voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom voor de periode 1997 - 2009 voor respectievelijk het homogene deelgebied bouwland op podzol, grasland op podzol en grasland op madeveen weergegeven. Hieruit valt op te maken dat de trend van de nitraatconcentraties van de drie overlappende homogene deelgebieden van beide meetnetten min of meer gelijk is.



Figuur 4.2 Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied bouwland op podzol voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (DRAA).

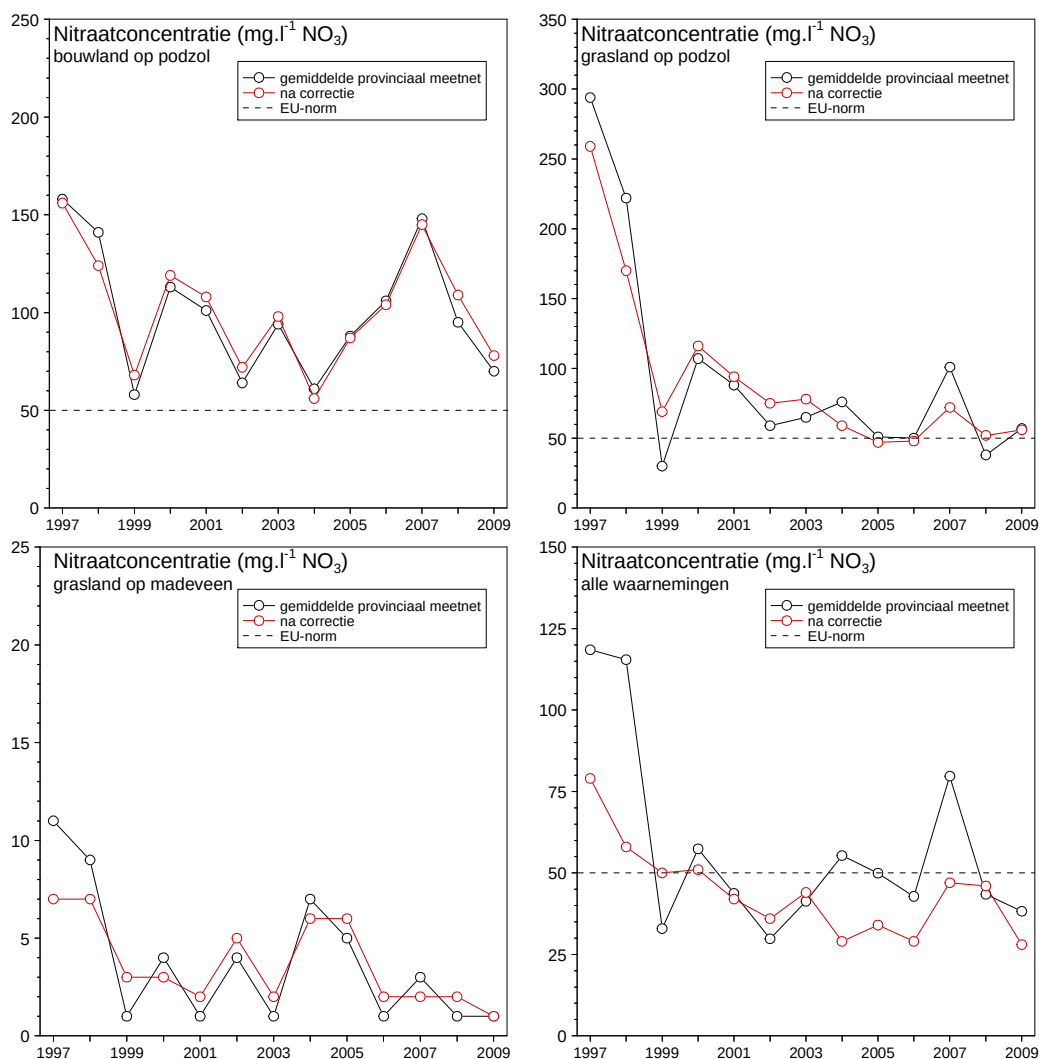


Figuur 4.3 Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied grasland op podzol voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (DRAA).



Figuur 4.4 Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied grasland op madeveen voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (DRAA).

Door het RIVM zijn correcties uitgevoerd voor de variaties in de waargenomen nitraatconcentraties van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet veroorzaakt door variaties in neerslag en grondwaterstanden. De resultaten hiervan staan weergegeven in figuur 4.5. Op basis van de gecorrigeerde meetwaarden van alle meetpunten van het provinciale bodemkwaliteitsmeetnet (zie figuur 4.5 rechtsonder) lijkt er sprake te zijn van een stijging van de waargenomen nitraatconcentraties vanaf 2007. In 2009 lijkt er weer sprake te zijn van een (tijdelijke) daling. Ook voor de gecorrigeerde meetwaarden in het bodemkwaliteitsmeetnet van de Drentsche Aa en Elperstroom werd een stijging van de nitraatconcentraties vanaf 2007 gevonden (zie figuur 3.4 in hoofdstuk 3). Of de stijging in nitraatconcentraties vanaf 2007 is te verklaren door de invoering van de nieuwe mestwetgeving (vanaf 1 januari 2006) is door de beperkte waarnemingen na 2006 nog niet vast te stellen.

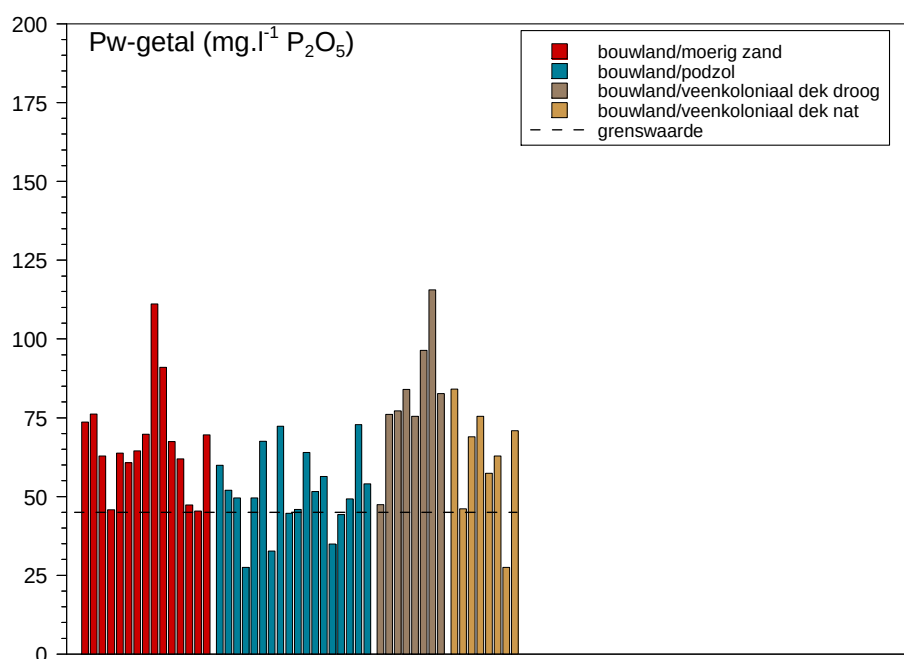


Figuur 4.5 Waargenomen nitraatconcentraties in het bovenste grondwater en de door RIVM gecorrigeerde nitraatconcentraties voor het homogene deelgebied bouwland op podzol (linksboven), grasland op podzol (rechtsboven), grasland op madeveen (linksonder) en alle waarnemingen (rechtsonder) voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe.

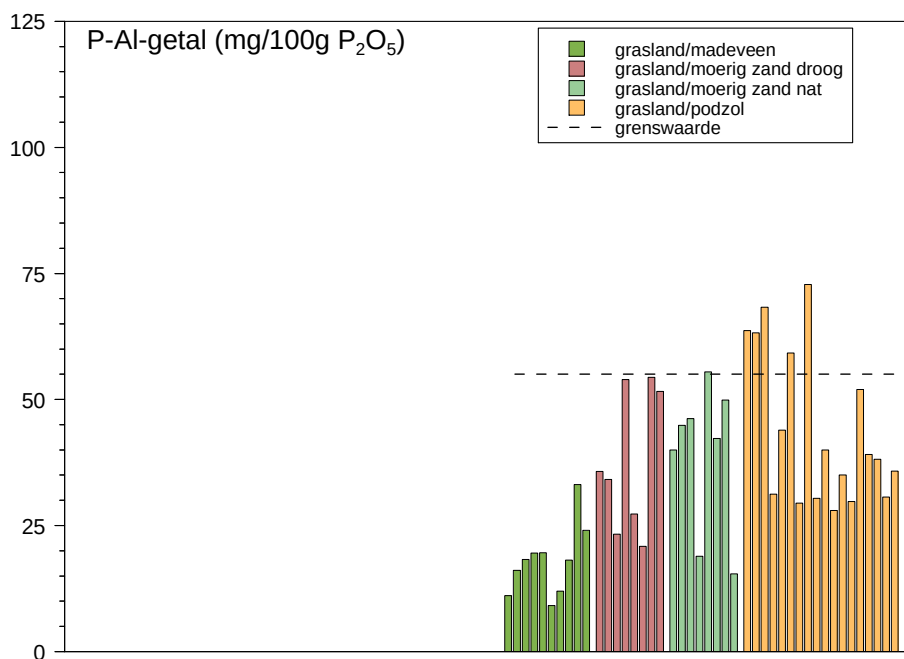
4.1.2 Fosfaat in de bodem

In figuren 4.6 t/m 4.9 is per meetlocatie van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet de langjarige gemiddelde fosfaatparameters in de bodem voor de meetjaren 1996, 2000, 2004 en 2008 weergegeven. De meetresultaten voor de homogene deelgebieden zijn in verschillende kleuren weergegeven.

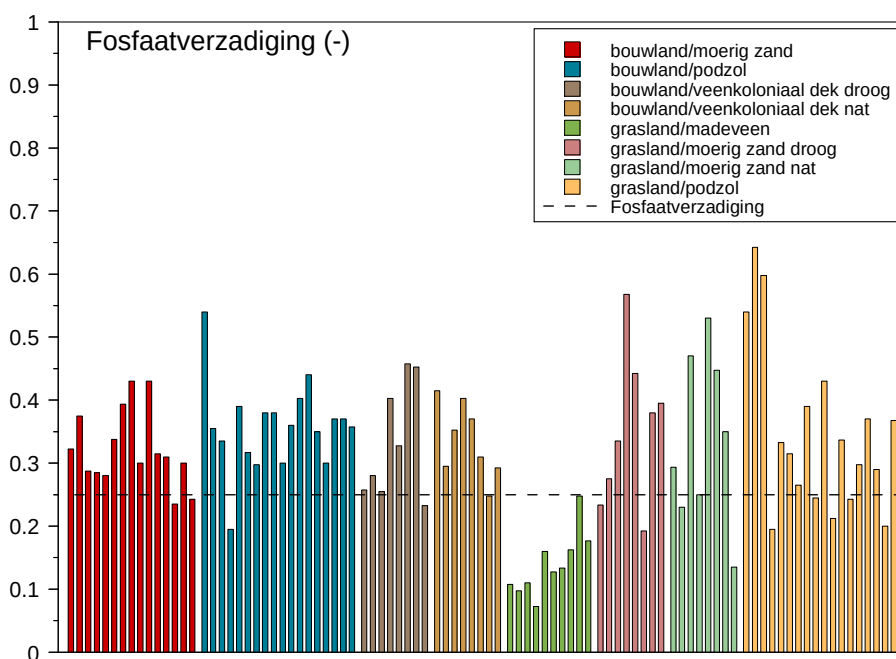
Uit de figuren 4.6 t/m 4.9 valt op te maken dat voor de meeste meetlocaties van het provinciaal meetnet hoge waarnemingen van fosfaat in de bodem wordt gedaan. In het homogene deelgebied grasland op madeveen worden de laagste waarden gemeten met betrekking tot de parameters Pw-getal, P-Al-getal en fosfaatverzadiging. Voor totaal-fosfor wordt in dit deelgebied juist de hoogste waarden gemeten, maar dit wordt veroorzaakt door de eenheid van deze meting: mg per kg droge stof (veengronden bevatten meer organische stof dan zand- of dalgronden). Voor de bodemvruchtbaarheidsparameters Pw-getal en P-Al-getal worden de hoogste waarnemingen voor landgebruik bouwland gevonden. Voor de parameters fosfaatverzadiging van de bodem en totaal-fosfor in de bodem wordt nagenoeg geen verschil gevonden in meetwaarden tussen bouwland en grasland (figuur 4.6 t/m 4.9).



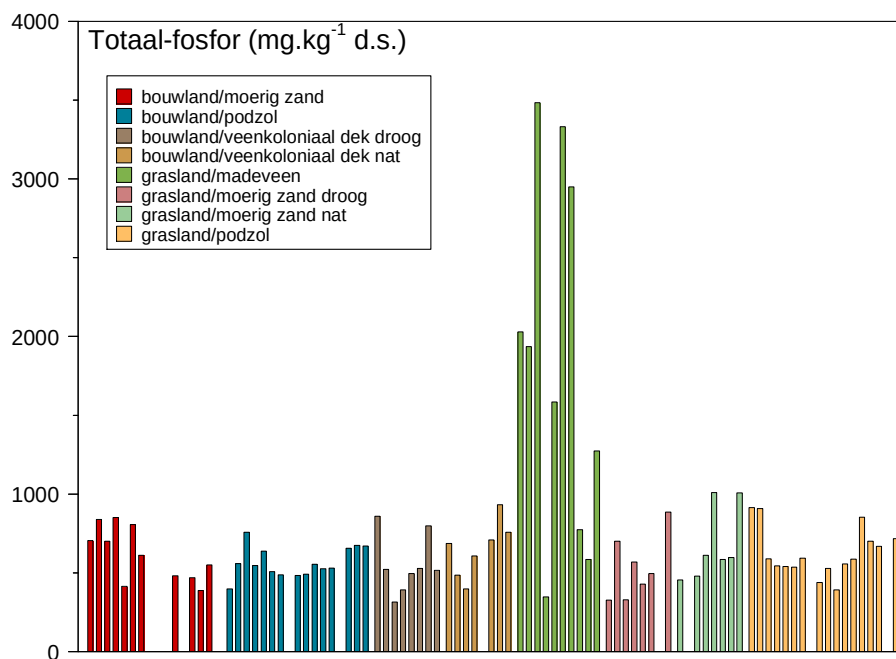
Figuur 4.6 Langjarige gemiddelde Pw-getal voor de meetlocaties op bouwland van het provinciale bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe.



Figuur 4.7 Langjarige gemiddelde P-Al-getal voor de meetlocaties op grasland van het provinciale bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe.

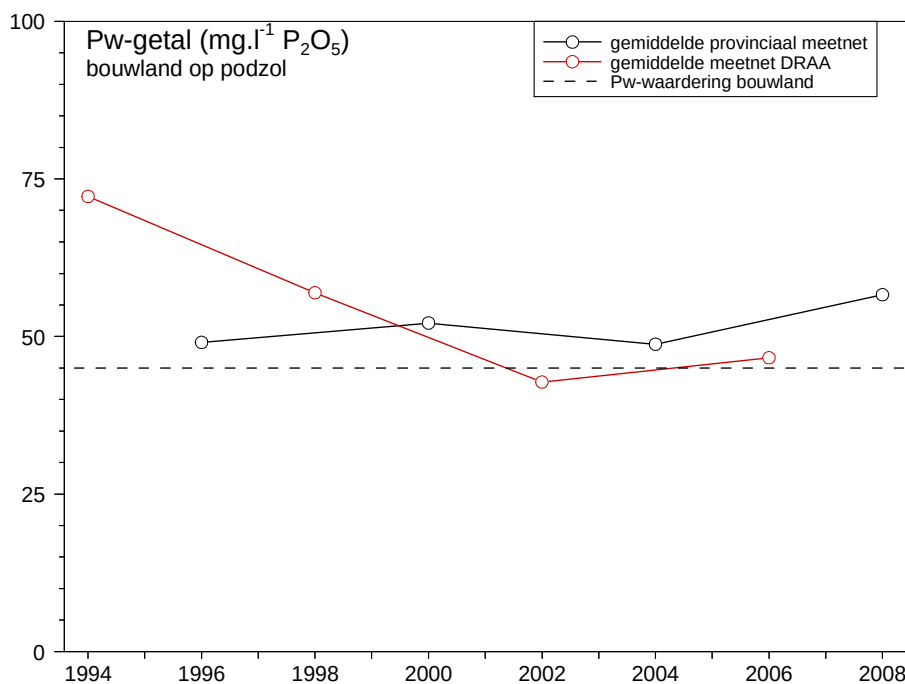


Figuur 4.8 Langjarige gemiddelde fosfaatverzadiging voor alle meetlocaties van het provinciale bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe.

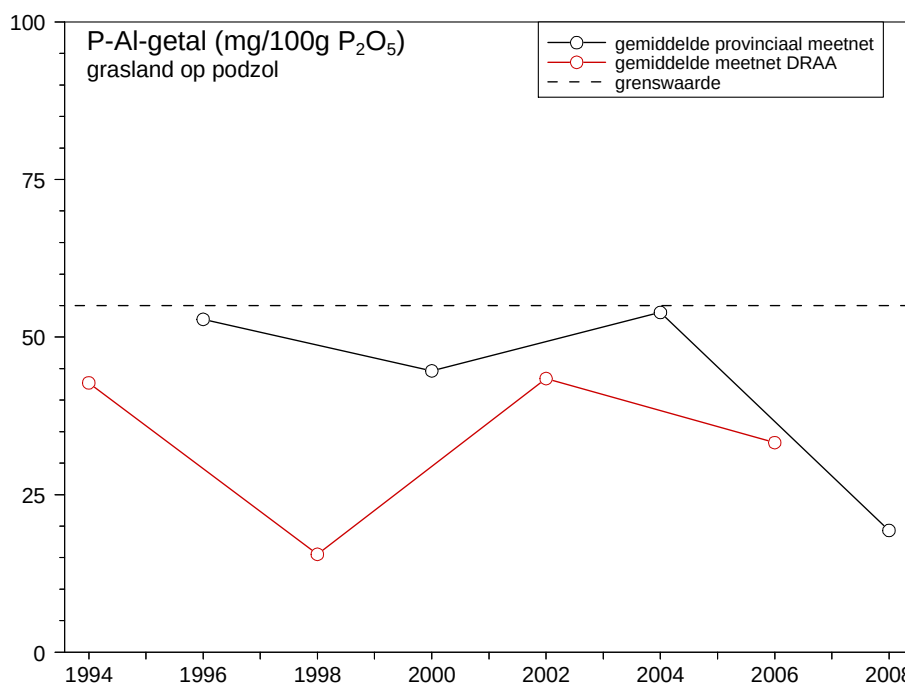


Figuur 4.9 Langjarige gemiddelde totaal-fosfor in de bodem voor alle meetlocaties van het provinciale bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe.

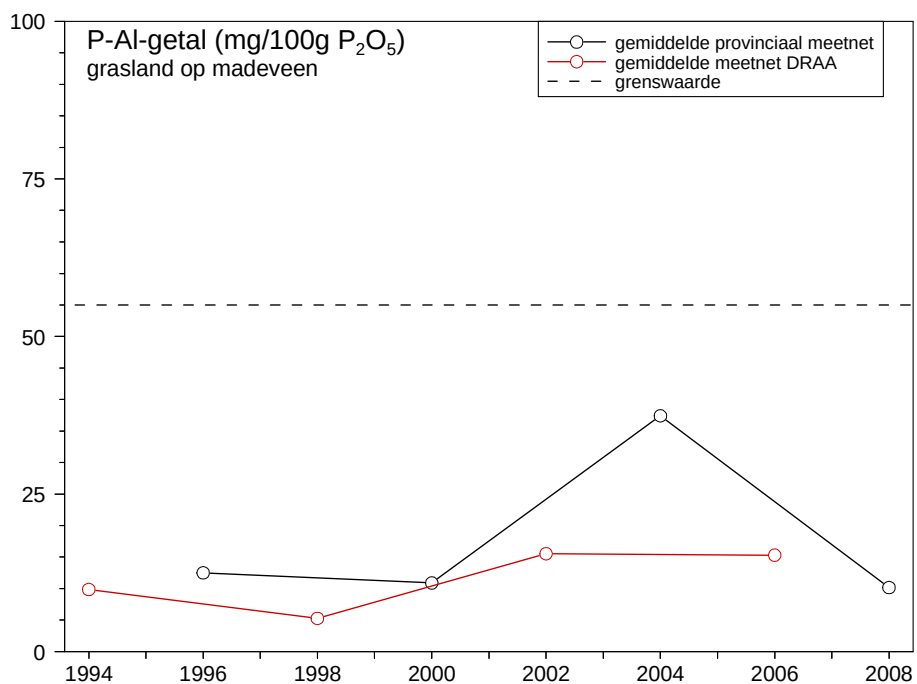
In figuren 4.10 t/m 4.18 zijn de gemiddelde fosfaatparameters (Pw-getal, P-Al-getal, fosfaatverzadiging en totaal-fosfor) voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom voor de periode 1994 - 2008 weergegeven. Hieruit valt op te maken dat de trend van de verschillende fosfaatparameters van de drie overlappende homogene deelgebieden van beide meetnetten voor de homogene deelgebieden bouwland op podzol en grasland op madeveen min of meer gelijk is. Voor het homogene deelgebied grasland op podzol wordt voor het P-Al-getal (figuur 4.11), fosfaatverzadiging van de bodem (figuur 4.14) en totaal-fosfor in de bodem (figuur 4.17) significante hogere meetwaarden in het provinciaal meetnet gevonden.



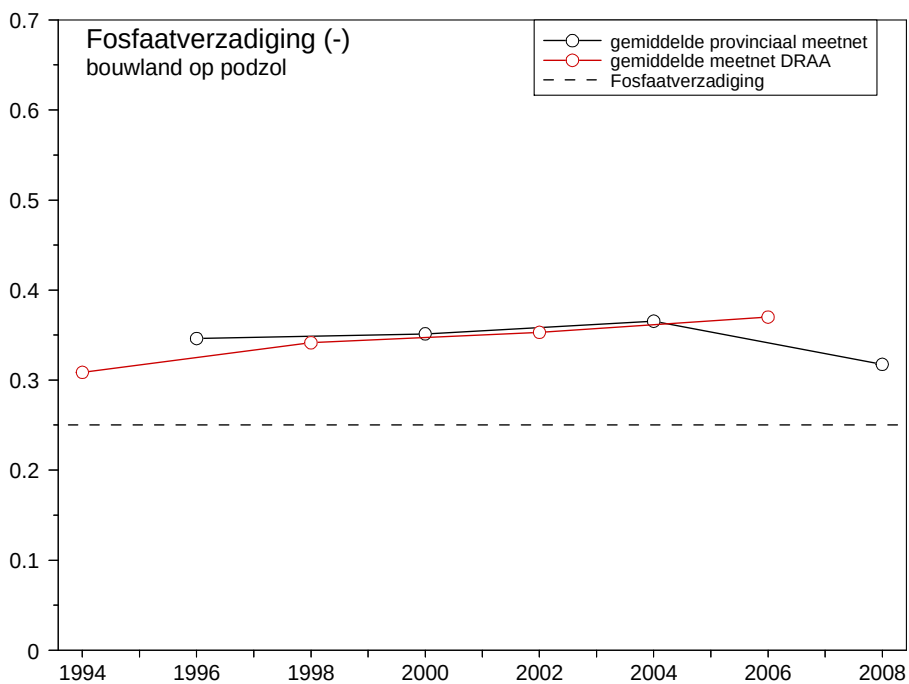
Figuur 4.10 Gemiddeld waargenomen Pw-getal in de bodem voor het homogene deelgebied bouwland op podzol voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het meetnet Drentsche Aa.



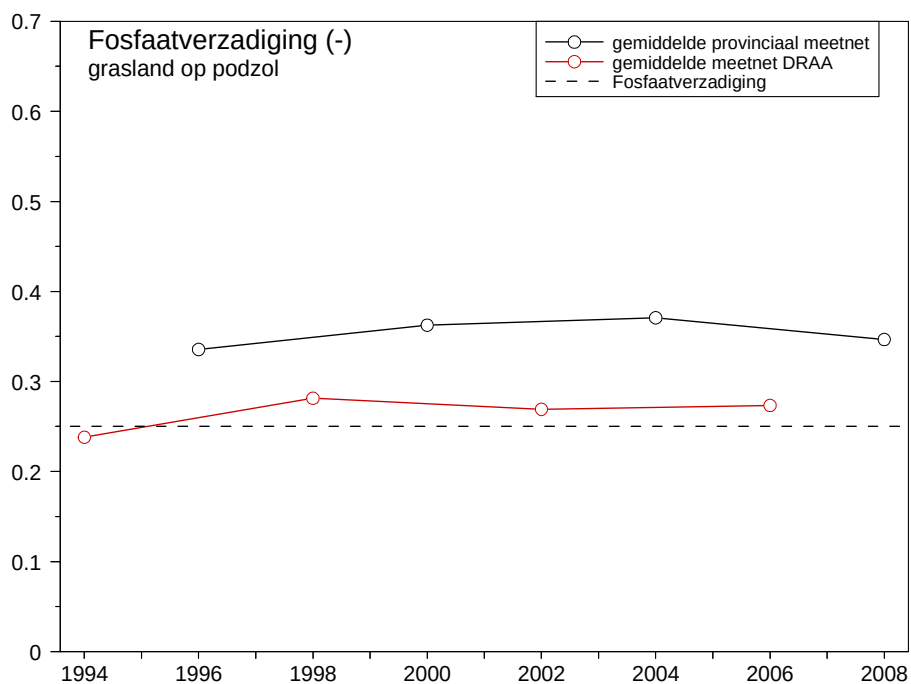
Figuur 4.11 Gemiddeld waargenomen P-Al-getal in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op podzol voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het meetnet Drentsche Aa.



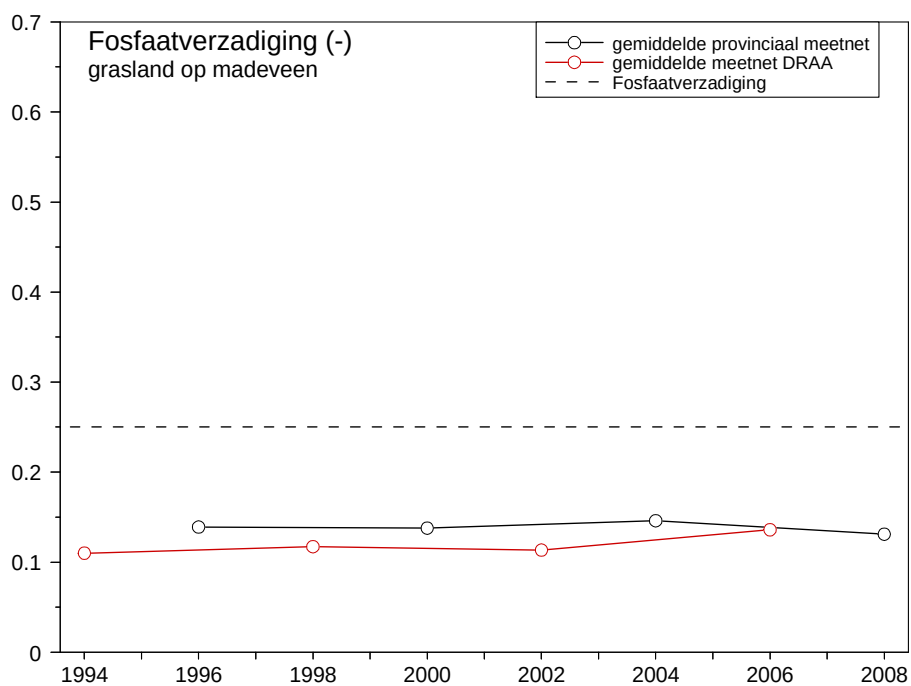
Figuur 4.12 Gemiddeld waargenomen P-Al-getal in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op madeveen voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het meetnet Drentsche Aa.



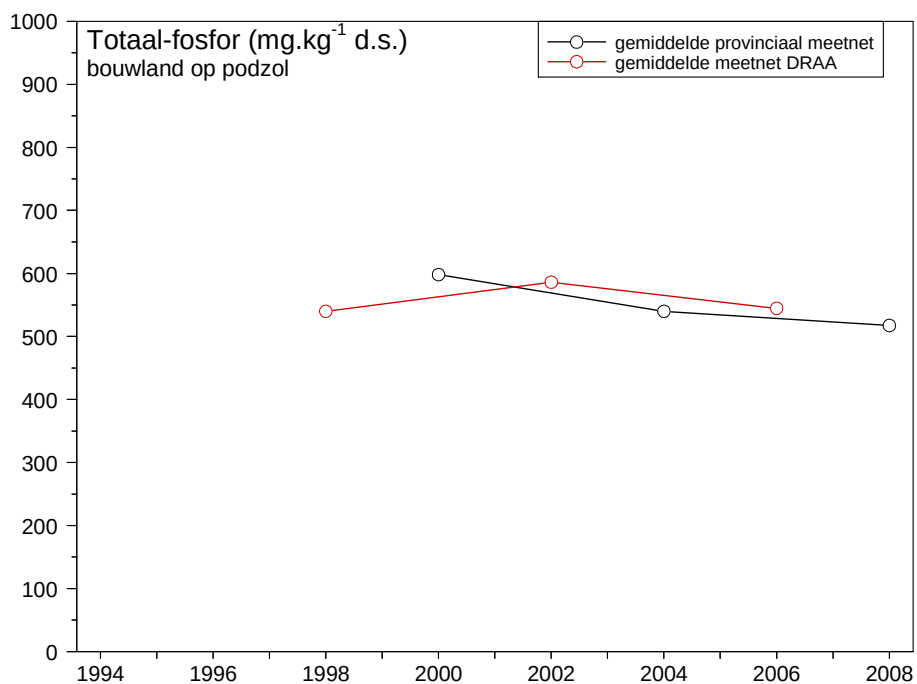
Figuur 4.13 Gemiddeld waargenomen fosfaatverzadiging van de bodem voor het homogene deelgebied bouwland op podzol voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het meetnet Drentsche Aa.



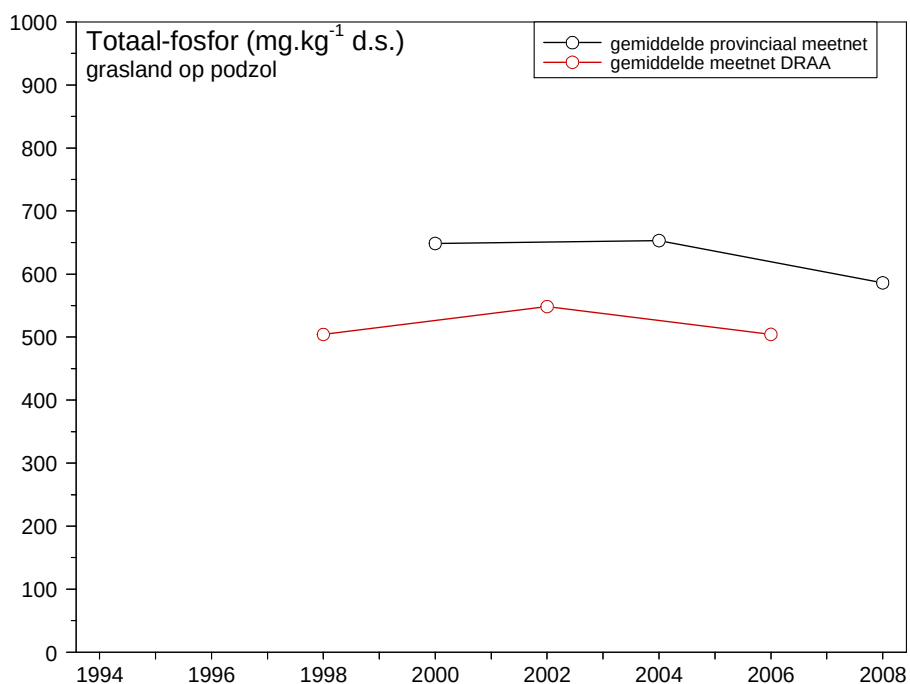
Figuur 4.14 Gemiddeld waargenomen fosfaatverzadiging van de bodem voor het homogene deelgebied grasland op podzol voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het meetnet Drentsche Aa.



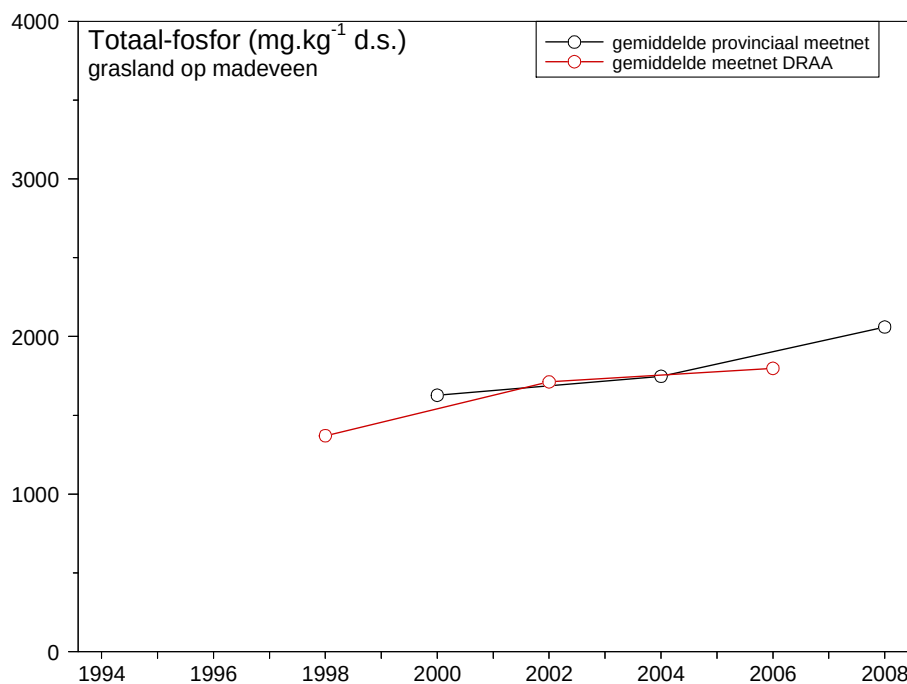
Figuur 4.15 Gemiddeld waargenomen fosfaatverzadiging van de bodem voor het homogene deelgebied grasland op madeveen voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het meetnet Drentsche Aa.



Figuur 4.16 Gemiddeld waargenomen totaal-fosfor in de bodem voor het homogene deelgebied bouwland op podzol voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het meetnet Drentsche Aa.



Figuur 4.17 Gemiddeld waargenomen totaal-fosfor in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op podzol voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het meetnet Drentsche Aa.



Figuur 4.18 Gemiddeld waargenomen totaal-fosfor in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op madeveen voor het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet en het meetnet Drentsche Aa.

4.2 Bedreven Bedrijven Drenthe

De deelnemende landbouwbedrijven aan het project Bedreven Bedrijven Drenthe (nu genaamd: Duurzaam boer blijven in Drenthe) hebben tot doel het verder terugdringen van verliezen van nutriënten door beter gebruik te maken van de nutriëntenkringlopen binnen het bedrijf. Met het project Duurzaam Boer Blijven in Drenthe wordt gestreefd naar een duurzame en weerbare melkveehouderijsector.

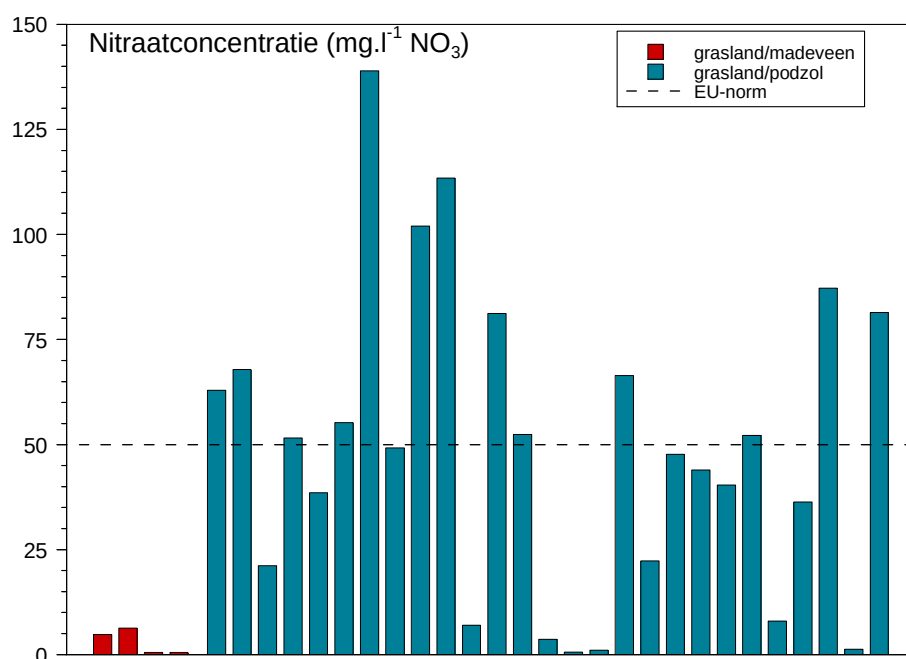
De meetlocaties op de bedrijven van Bedreven Bedrijven Drenthe zijn een onderdeel van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet. Het meetnet van Bedreven Bedrijven Drenthe is verdeeld in een tweetal homogene deelgebieden, te weten:

- Grasland op madeveen, nat (4 meetlocaties);
- Grasland op podzol, droog (27 meetlocaties).

4.2.1 Nitraat in het bovenste grondwater

In figuur 4.19 is per meetlocatie van het meetnet Bedreven Bedrijven Drenthe de langjarige gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste deel van het grondwater voor de periode 2002 - 2009 weergegeven. De meetresultaten voor de twee homogene deelgebieden zijn in verschillende kleuren weergegeven. Hieruit valt op te maken dat de nitraatconcentraties in het bovenste deel van het grondwater van landbouwgronden welke deelnemen aan het project Bedreven Bedrijven Drenthe lager zijn dan de waarnemingen in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en

Elperstroom en het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet. Desalniettemin wordt nog voor bijna de helft van de meetlocaties van het homogene deelgebied grasland op podzol de Nitraatrichtlijn van 50 mg.l⁻¹ NO₃ overschreden (figuur 4.19).



Figuur 4.19 Langjarige gemiddelde nitraatconcentraties (periode 2002 - 2009) in het bovenste grondwater voor alle meetlocaties van het bodemkwaliteitsmeetnet ten behoeve van Bedreven Bedrijven Drenthe.

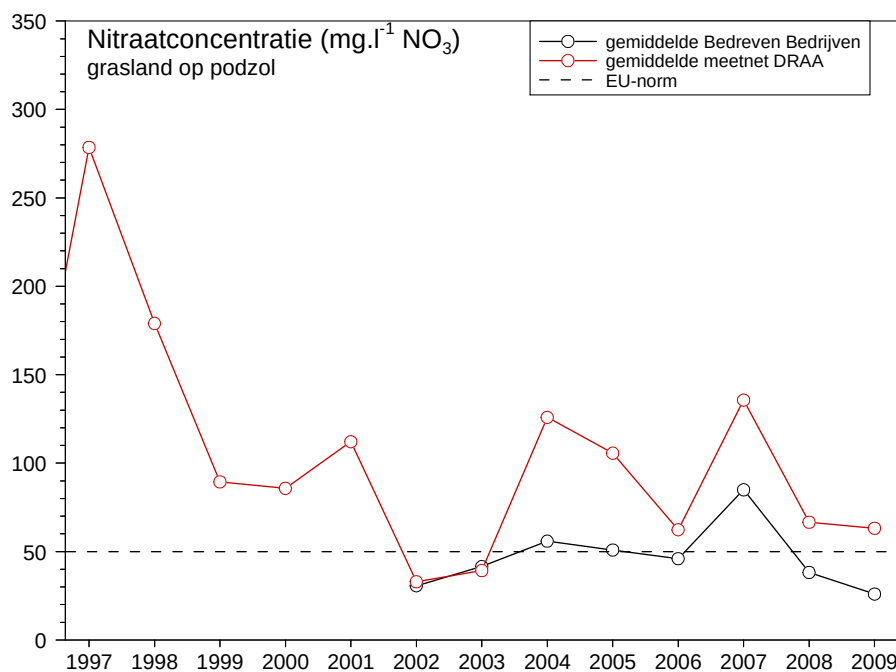
In tabel 4.2 zijn de gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor de twee overlappende homogene deelgebieden (grasland op podzol en grasland op madeveen) van het meetnet Bedreven Bedrijven Drenthe en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom voor de periode 2002 - 2009 weergegeven. Uit tabel 4.2 blijkt dat de nitraatconcentraties voor het homogene deelgebied grasland op podzol voor de waarnemingen in het meetnet van de Bedreven Bedrijven Drenthe significant lager zijn dan voor de waarnemingen in het meetnet Drentsche Aa en Elperstroom en het gemiddelde ligt voor deze periode net onder de Nitraatrichtlijn van 50 mg.l⁻¹ NO₃.

Tabel 4.2 Gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater (periode 2002 - 2009) voor de twee homogene deelgebieden van het meetnet Bedreven Bedrijven Drenthe en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom. Het aantal waarnemingen per homogeen deelgebied staat tussen haakjes weergegeven.

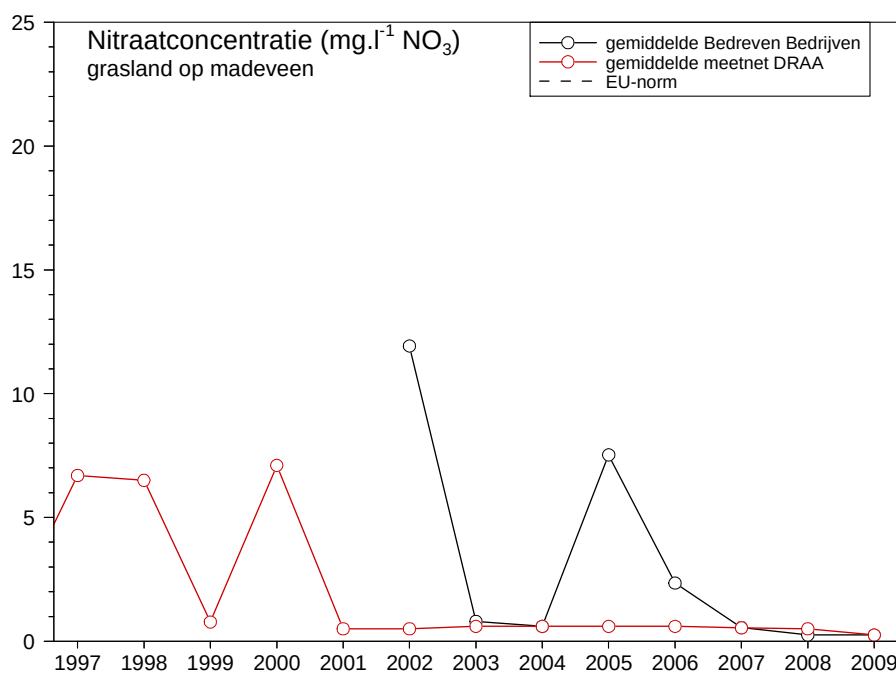
Homogeen deelgebied	Meetnet Bedreven Bedrijven Drenthe	Meetnet Drentsche Aa en Elperstroom
	mg.l ⁻¹ NO ₃	mg.l ⁻¹ NO ₃
Grasland op podzol	46,7 (27*)	78,9 (15)
Grasland op madeveen	3,0 (4)	0,5 (7)

* Negen meetlocaties in de periode 2002 - 2003; 24 meetlocaties in het jaar 2004; 27 meetlocaties in de periode 2005 - 2009.

In figuur 4.20 en 4.21 zijn de gemiddelde nitraatconcentraties voor het bodemkwaliteitsmeetnet Bedreven Bedrijven en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom voor de periode 2002 - 2009 voor respectievelijk het homogene deelgebied grasland op podzol en grasland op madeveen weergegeven.



Figuur 4.20 Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied grasland op podzol voor Bedreven Bedrijven en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (DRAA).



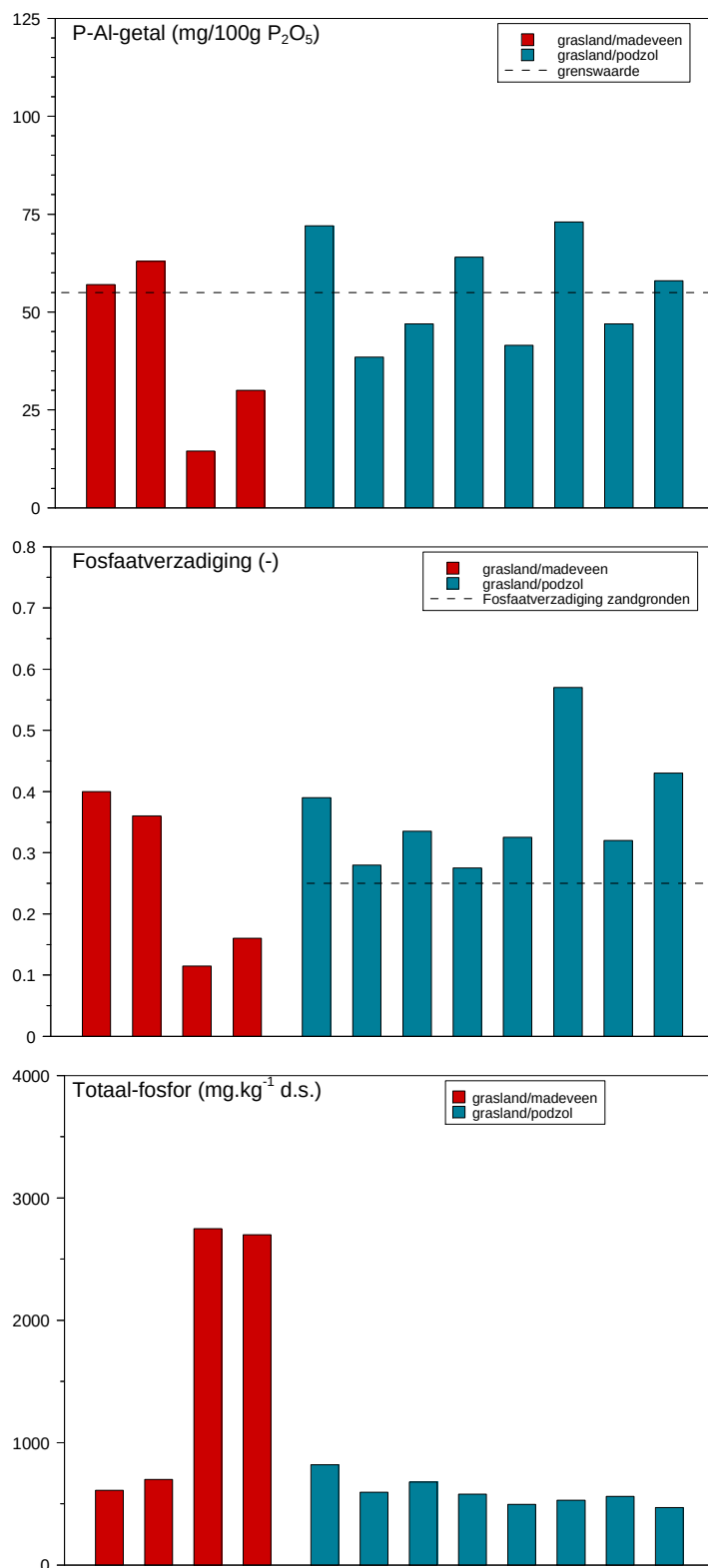
Figuur 4.21 Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor het homogene deelgebied grasland op madeveen voor Bedreven Bedrijven en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (DRAA).

Uit de meetresultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom valt op te maken dat de meeste waarnemingen van nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor de periode 2002 - 2009 boven de Nitraatrichtlijn van 50 mg.l⁻¹ NO₃ zijn (figuur 4.20). De waarnemingen op de bedrijven van Bedreven Bedrijven echter zijn voor de meeste jaren lager dan de Nitraatrichtlijn. Alleen de waarnemingen in het meetjaar 2007 liggen significant boven de Nitraatrichtlijn (figuur 4.20). Hieruit blijkt dat het optimaliseren van de nutriëntenkringlopen op bedrijfsniveau stikstofverliezen naar het grondwater verkleint.

Uit figuur 4.21 valt op te maken dat de waarnemingen op madeveen ver beneden de norm van de Nitraatrichtlijn blijven, zowel voor bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom als het bodemkwaliteitsmeetnet Bedreven Bedrijven.

4.2.2 Fosfaat in de bodem

In figuur 4.22 is per meetlocatie van het bodemkwaliteitsmeetnet Bedreven Bedrijven de langjarige gemiddelde fosfaatparameters in de bodem voor de twee meetjaren 2004 en 2008 weergegeven. De meetresultaten voor de twee homogene deelgebieden zijn in verschillende kleuren weergegeven.

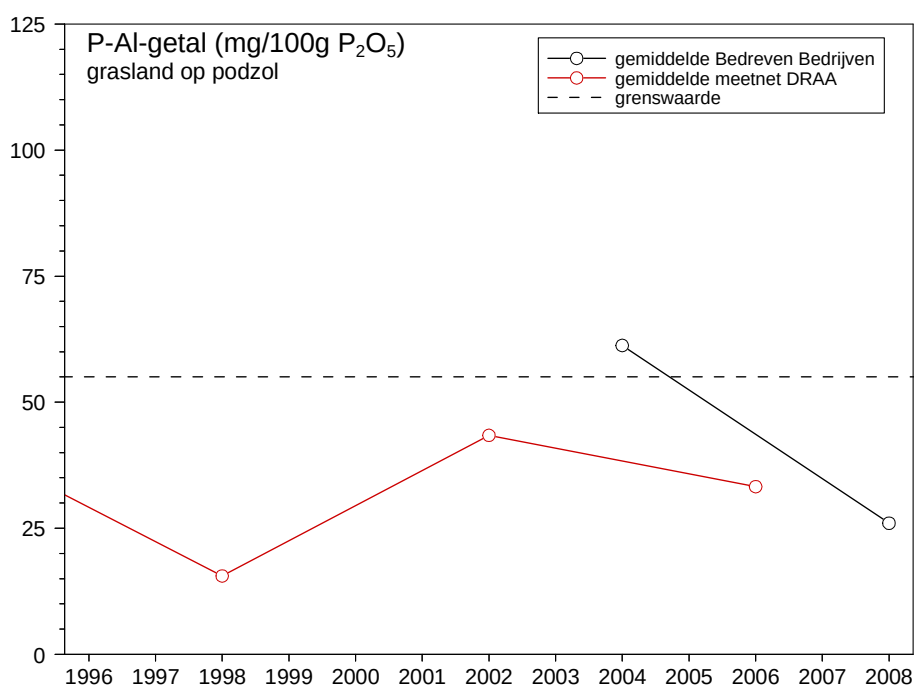
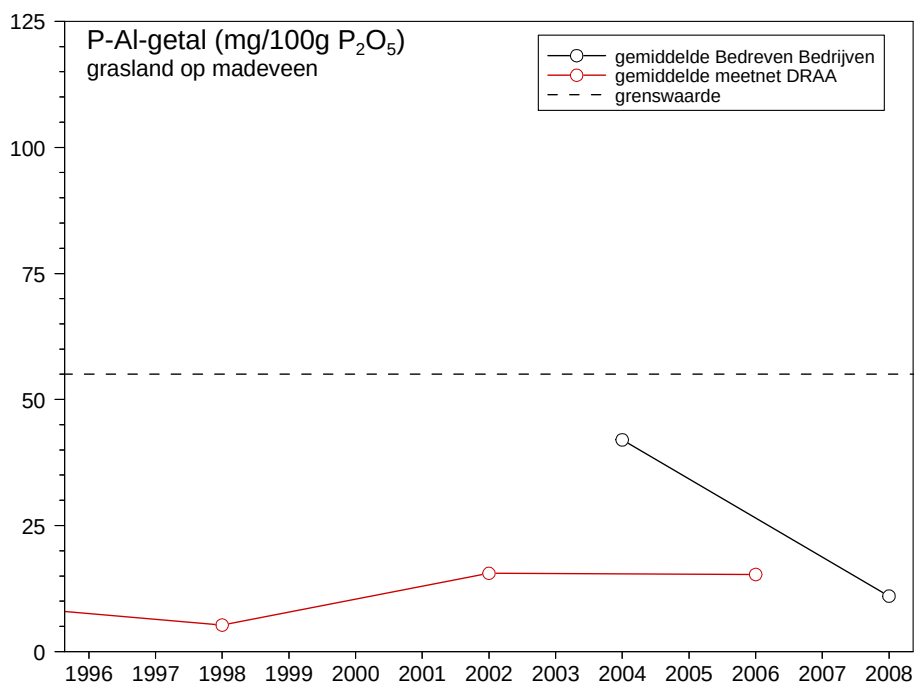


Figuur 4.22 Langjarige gemiddelde P-Al-getal (boven), fosfaatverzadiging (midden) en totaal-fosfor (onder) in de bodem voor alle meetlocaties van het meetnet van Bedreven Bedrijven Drenthe.

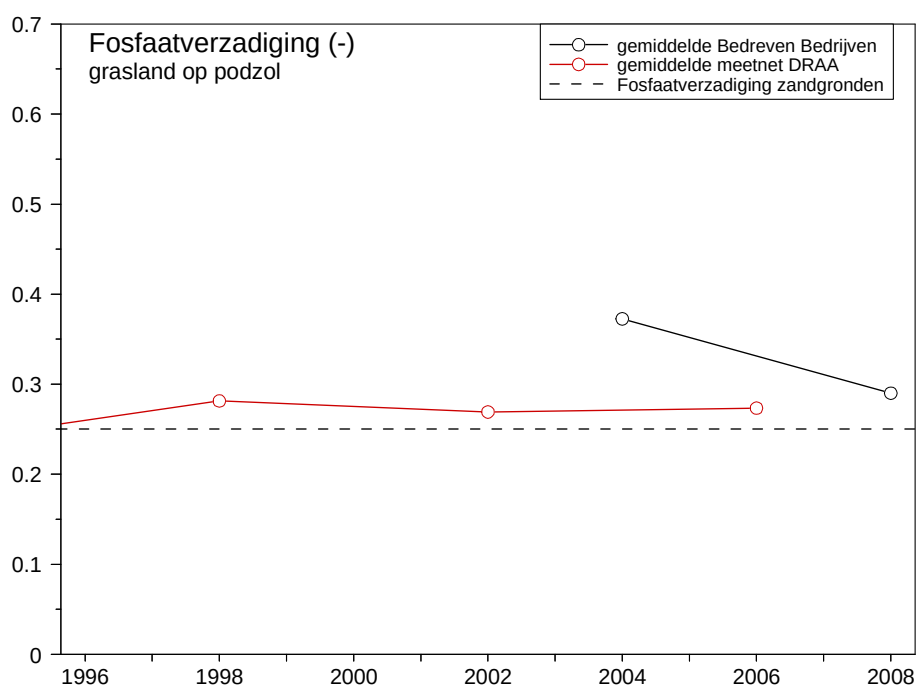
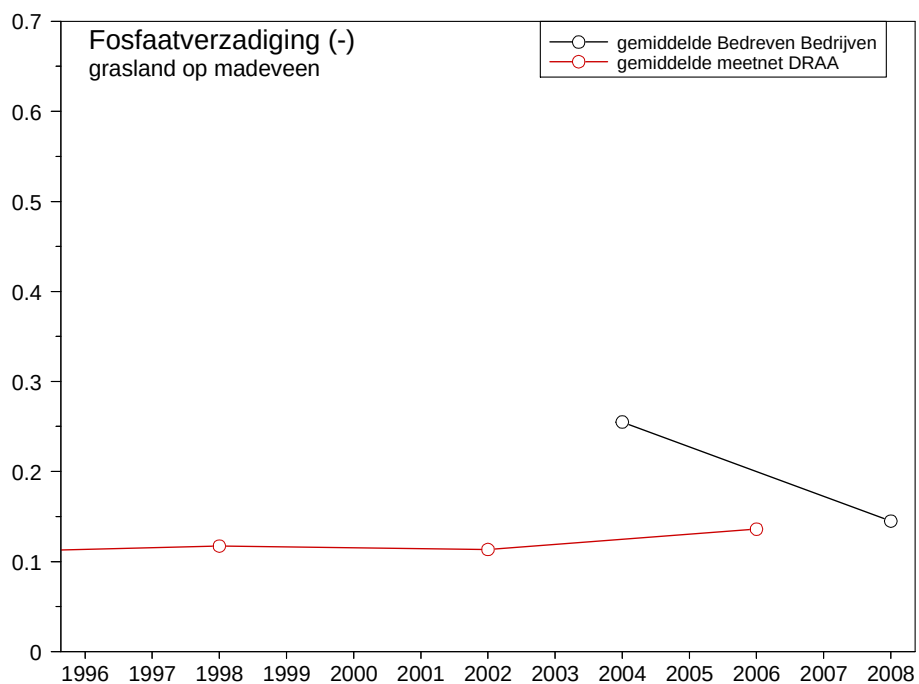
Uit figuur 4.22 valt op te maken dat nog relatief hoge waarnemingen van fosfaat in de bodem voor de bedrijven van Bedreven Bedrijven Drenthe wordt gedaan. Wat hierbij een rol kan spelen is het relatief lage aantal waarnemingen in het meetjaar 2008. Hierdoor kan het gemiddelde wat hoger komen te liggen dan met een evenredig aantal waarnemingen in het laatste meetjaar.

In figuur 4.23, 4.24 en 4.25 zijn de gemiddelde fosfaatparameters (P-Al-getal, fosfaatverzadiging en totaal-fosfor in de bodem) voor het meetnet Bedreven Bedrijven en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom voor de periode 2004 - 2008 weergegeven. Uit deze figuren valt het volgende op te maken:

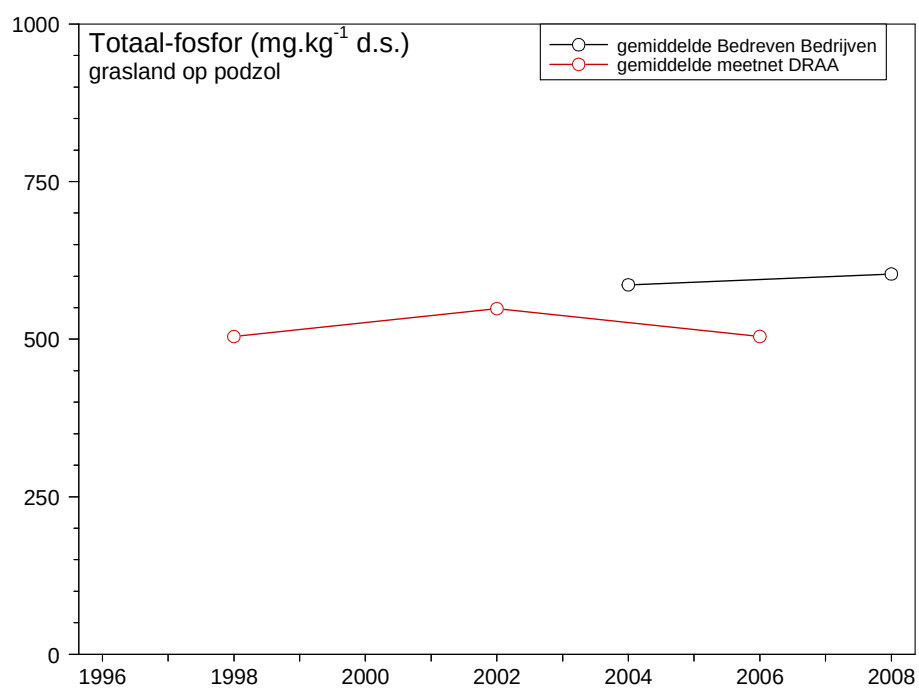
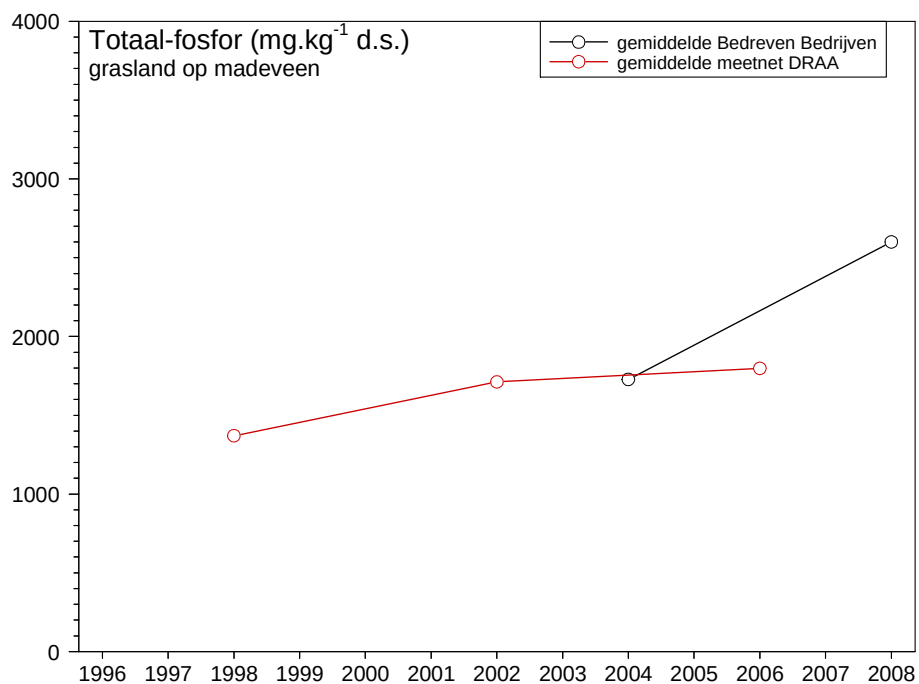
- De gemiddelde 'startwaarden' voor de fosfaatparameters in 2004 zijn voor de meetlocaties op Bedreven Bedrijven significant hoger dan de gemiddelde meetwaarden voor dezelfde homogene deelgebieden in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom. Alleen voor totaal-fosfor in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op madeveen is de gemiddelde startwaarde gelijk aan de gemiddelde meetwaarde in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom.
- Voor de fosfaatparameters P-Al-getal en fosfaatverzadiging van de bodem is een sterke afname van 2004 tot 2008 waar te nemen. De gemiddelde meetwaarde voor deze fosfaatparameters in 2008 is vergelijkbaar met de gemiddelde meetwaarde voor het meetjaar 2006 voor dezelfde homogene deelgebieden in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (figuur 4.23 en 4.24). Echter, aan de scherpe daling van het P-Al-getal en fosfaatverzadiging dienen wat kanttekeningen geplaatst te worden. Voor de podzolgronden daalt bijvoorbeeld het P-Al-getal van 61 (mg P_2O_5 per 100 gram bodem) in 2004 naar 26 (mg P_2O_5 per 100 gram bodem) in 2008. Het P-Al-getal is gebaseerd op de bovenste 10 cm van de bodem. Uitgaande van een bodemdichtheid van ca. 1300 kg.m^{-3} voor een podzolgrond komen deze meetwaarden overeen met ca. $800 \text{ kg.ha}^{-1} P_2O_5$ en $340 \text{ kg.ha}^{-1} P_2O_5$ in respectievelijk 2004 en 2008. Dit betekent dus een jaarlijkse daling van het bodemoverschot met ruim $100 \text{ kg.ha}^{-1} P_2O_5$. Zulke getallen voor graslanden zijn alleen haalbaar als volledig gestopt wordt met bemesting. Dit is niet aan de orde bij deze bedrijven. Omdat in het meetjaar 2008 er maar een beperkt aantal waarnemingen zijn (drie voor podzol, één voor madeveen) is het de vraag of de meetronde in 2008 voldoende representatief is voor het beschrijven van de fosfaattoestand op de locaties voor Bedreven Bedrijven in 2008.
- Voor de fosfaatparameters totaal-fosfor in de bodem neemt de gemeten hoeveelheid juist toe (figuur 4.25). Dit, tezamen met het feit dat het P-Al-getal juist daalt, duidt er op dat de verhouding mineraal en organisch fosfor is veranderd; namelijk een afname van mineraal fosfaat (daling P-Al-getal) en een toename of constant blijven van de voorraad organische fosfor in de bodem.



Figuur 4.23 Gemiddeld waargenomen P-Al-getal in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op madeveen en grasland op podzol voor het bodemkwaliteitsmeetnet van Bedreven Bedrijven Drenthe en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (DRAA).



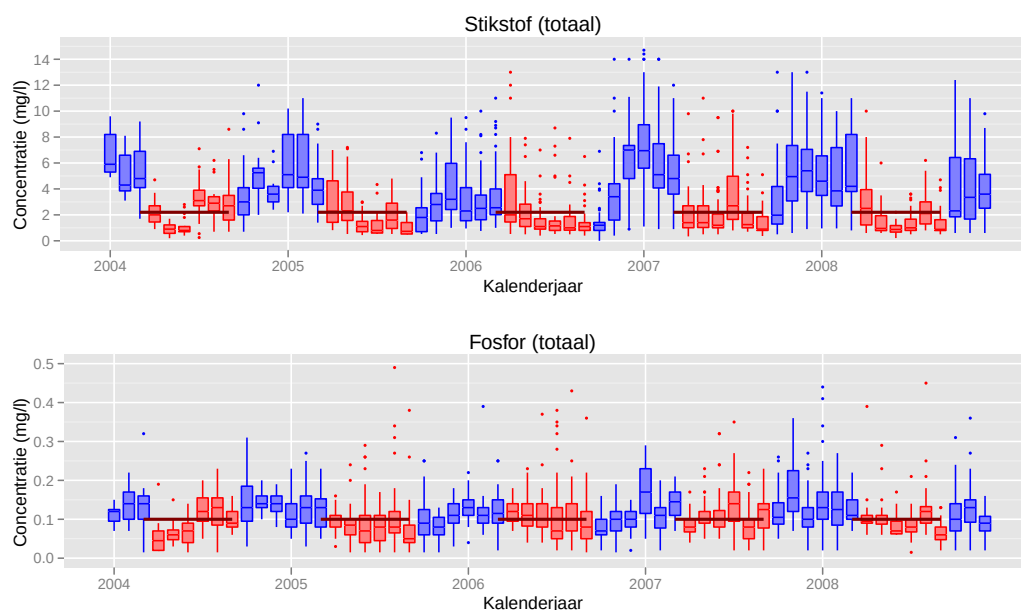
Figuur 4.24 Gemiddeld waargenomen fosfaatverzadiging in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op madeveen en grasland op podzol voor het bodemkwaliteitsmeetnet van Bedreven Bedrijven Drenthe en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (DRAA).



Figuur 4.25 Gemiddeld waargenomen totaal-fosfor in de bodem voor het homogene deelgebied grasland op madeveen en grasland op podzol voor het bodemkwaliteitsmeetnet van Bedreven Bedrijven Drenthe en het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (DRAA).

4.3 Meetnet oppervlaktewaterkwaliteit Drentsche Aa

Om het effect van het mestbeleid op de waterkwaliteit van oppervlaktewateren te kunnen vaststellen is in 2003 gestart met het project Monitoring Stroomgebieden (verwijzing tussenrapport). Hiervoor zijn vier proefgebieden geselecteerd waar de waterkwaliteit intensief wordt gemeten. Eén van deze proefgebieden is de Drentsche Aa. In figuur 4.26 en 4.27 zijn de gemeten stikstof- en fosforconcentraties voor de periode 2004 - 2008 in de Drentsche Aa weergegeven. Uit deze figuren blijkt dat de gemiddelde gemeten fosforconcentraties in het zomerhalfjaar gelijk zijn aan de norm en dat de gemiddelde gemeten stikstofconcentraties in het zomerhalfjaar net iets onder de norm liggen. Verder neemt het aantal piekconcentraties voor fosfor in de laatste twee jaar toe. Dit laatste kan er op duiden dat er meer fosfaat uitspoelt vanuit het bodemsysteem naar het oppervlaktewatersysteem. Dit beeld komt overeen met de stijging van de fosfaatparameters in de bodem in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom (zie paragraaf 3.2). De metingen van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom kunnen op deze wijze beschouwd worden als een vroeg waarschuwingssignaal met betrekking tot de oppervlaktewaterkwaliteit in het stroomgebied van de Drentsche Aa en Elperstroom. Op die manier vormt het bodemkwaliteitsmeetnet een nuttig instrument voor de haalbaarheid van specifieke doelen met betrekking tot de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW).



Figuur 4.26 Gemeten stikstof- en fosforconcentraties (in mg.l^{-1} N of P) in het oppervlaktewater van de Drentsche Aa. De rode lijn geeft de gebiedsspecifieke norm weer.



Figuur 4.27 Gemeten zomergemiddelde concentraties stikstof en fosfor in het oppervlaktewater van de Drentsche Aa. De rode lijn geeft de gebiedsspecifieke norm weer.

5 Discussie, conclusies en aanbevelingen

Het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom is in 1994 versneld ingericht in verband met het ROM/WCL project in de Drentsche Aa en Elperstroom (ROM/WCL, 1998). Het doel van het meetnet is een beeld te krijgen van de huidige toestand van de bodem en het ondiep grondwater met betrekking tot de thema's vermessing en verspreiding. Daarnaast dient het meetnet om veranderingen in de bodemkwaliteit (en het bovenste grondwater) te signaleren, zodat vastgesteld kan worden of maatregelen effect hebben gehad en doelstellingen met betrekking tot de bodemkwaliteit gehaald worden.

Effecten van de maatregelen in het kader van het ROM/WCL-project

Het inrichten van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom is onderdeel van een ROM-project behorende bij het thema Water- en Bodemkwaliteit (ROM-project 'Extra'; ROM/WCL, 1998). De maatregelen in het kader van het ROM/WCL-project hebben met name betrekking op het aanpakken van puntbronnen zoals saneren van alle regenwateroverstorten (ROM-project 2.1) en saneren van alle overige lozingen (riolering in het buitengebied; ROM-project 2.2) of het aanpakken van de kwaliteit van het oppervlaktewater zoals het inrichten van spuitvrije zones langs de Drentsche Aa (ROM-project 2.3), realisering van alternatieve vulplaatsen en reinigingsplaatsen van landbouwsputmachines (ROM-project 2.4a en 2.4b) en het saneren van verontreinigde waterbodems en afvoeren van baggerspecie (ROM-project 2.6/2.7). De meetresultaten laten zien dat voor het thema Vermesting geen verbetering (nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater) tot verslechtering (fosfaatverzadigde gronden) voor de milieukwaliteit oplevert. Er kan dan ook worden geconcludeerd dat de maatregelen in het kader van het ROM/WCL-project geen effect hebben (niet gericht zijn) op het verbeteren van de kwaliteit van de bodem en het ondiepe grondwater met betrekking tot het thema vermessing van het milieu. Hiervoor geldt de generieke mestwetgeving.

Huidige toestand van de bodem en het ondiep grondwater

Uit de meetresultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom komt naar voren dat in de periode 1995 - 2009 onder de landbouwgronden op podzolbodems hoge nitraatconcentraties in het bovenste grondwater ($>100 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$) worden aangetroffen. Deze waarden overschrijden de Nitraatrichtlijn van $50 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$ ruimschoots (gemiddelde overschrijding in deze periode van de norm met ruim een factor twee). Voor de landbouwgronden op veenbodems en natuurgonden op podzolbodems blijven de meetwaarden wel onder de $50 \text{ mg.l}^{-1} \text{ NO}_3$. Bij het omzetten van grasland naar bouwland (scheuren van grasland) is een verhoogde nitraatconcentratie waarneembaar, welke gedurende 2 à 3 jaar hoger ligt dan de gemiddelde waarde.

Circa de helft van de meetlocaties op landbouwgronden op podzolbodems heeft een fosfaatverzadiging boven de 25%. Hierdoor is er een verhoogd risico op uitspoeling van fosfaat naar grond- en oppervlaktewater. Met name voor de bouwlandgronden is er een overschrijding van de streefwaarden waarneembaar. In termen van bodemvruchtbaarheid kan worden geconcludeerd dat de waardering van de bodemvruchtbaarheid van de bouwlandgronden (Pw-getal) ruim voldoende is. Voor de graslanden (P-Al-getal) op podzolbodems is de waardering van de bodemvruchtbaarheid voldoende tot ruim voldoende. Alleen op de veenbodems is de waardering van de bodemvruchtbaarheid laag tot vrij laag. Dit laatste geeft aan dat hoogstwaarschijnlijk de (fosfaat)bemesting voor deze bodems lager is dan voor de zandgronden.

Het gehalte aan zware metalen in de bodem en/of strooisellaag is voor de meeste onderzochte zware metalen (arseen, cadmium, chroom, koper, lood, nikkel en zink) onder de streefwaarde. Alleen op enkele meetlocaties wordt de streefwaarde voor cadmium en lood overschreden. Voor beide zware metalen vindt deze overschrijding op de meetlocaties in de natuurgebieden plaats. Dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door atmosferische depositie, welke doorgaans hoger is in bosgebieden dan in gebieden met korte vegetatie. Bovendien is het mogelijk dat de lagere zuurgraad voor deze gebieden een rol kan spelen bij de mobilisatie van zware metalen.

In het ondiepe grondwater worden voor meerdere meetlocaties voor de zware metalen cadmium, chroom, koper en zink meetwaarden boven de streefwaarden gevonden. De verhoogde concentraties van cadmium en koper en mindere mate voor lood lijkt gerelateerd aan het gebruik van meststoffen, gezien de verhoogde meetwaarden op locaties op landbouwgronden. De verhoogde concentraties van cadmium en zink op natuurgronden is mogelijk ook weer een gecombineerd effect van atmosferische depositie en lagere zuurgraad van de bodem voor deze gebieden waarbij metalen gemakkelijker kunnen uitspoelen.

Signaleren veranderingen van de kwaliteit van de bodem en het ondiep grondwater

Voor de nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater is geen eenduidige verandering (trend) waarneembaar. Na correctie voor weersinvloeden is er voor de periode na 2006 een verhoging van nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater waarneembaar. Een mogelijke verklaring voor deze stijging zou de introductie van de nieuwe mestwetgeving (stelsel van gebruiksnormen) per 1 januari 2006 kunnen zijn. Op basis van het toegenomen aantallen vergunningaanvragen voor mestopslag in het gebied de Drentsche Aa sinds 2006/2007 kan worden aangenomen dat vanwege de nieuwe mestwetgeving de aanvoer en het gebruik van dierlijke mest in dit gebied is toegenomen. De stijging van de nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater vanaf 2007 komt overeen met dit beeld. Vanaf 2009 lijken de nitraatconcentraties onder bouwlandgronden weer te dalen, maar is er nog een stijging onder graslanden waarneembaar.

Sinds de introductie van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom in 1994 is er een stijging in het aandeel van fosfaatverzadigde gronden waarneembaar. Vooral voor de meetlocaties op bouwland is deze stijging duidelijk waarneembaar.

baar. Voor de meetwaarden voor de bodemvruchtbaarheid (Pw-getal en P-Al-getal) en totaal-fosfor in de bodem is geen eenduidige trend waarneembaar.

Het aantal waarnemingen van het gehalte aan zware metalen in de tijd is te beperkt (slechts tweemaal in de periode 1994 - 2009) om een uitspraak over veranderingen van de kwaliteit van de bodem en het ondiep grondwater te kunnen doen.

Meetnetinrichting

1. Statusmonitoring

De beperking tot bemonstering van de meest dominante homogene deelgebieden brengt met zich mee dat alleen uitspraak kan worden gedaan over ca. 55% van het oppervlak van het totale stroomgebied. Er blijven dus 'witte vlekken' (niet- onderzochte gebieden) in het stroomgebied van de Drentsche Aa en Elperstroom bestaan. Extrapolatie van meetgegevens naar het gehele stroomgebied is alleen mogelijk met een model dat de relatie beschrijft tussen de waargenomen doelvariabelen in het onderzoeksgebied en gebiedsdekkende hulpinformatie. De variatie in meetwaarden van de meeste parameters binnen de homogene deelgebieden is gering.

2. Trendmonitoring

Het aantal waarnemingen, voor met name de parameters in de bodem, zijn te klein om betrouwbare statistisch significante veranderingen in de bodem- en grondwaterkwaliteit aan te tonen. Grafische data-exploratie kan wel een indicatie geven van trends in de kwaliteit van de bodem en het ondiepe grondwater.

3. Compliance-monitoring

Compliance-monitoring is het vaststellen of doelstellingen met betrekking tot grondwater- en bodemkwaliteit worden gehaald. Voorwaarde hierbij is dat de meetlocaties zijn geselecteerd volgens een kanssteekproef. Als dit niet het geval is, dan zijn veronderstellingen over de ruimtelijke variatie nodig om te beoordelen of de doelstellingen zijn gehaald.

Relatie met andere bodemkwaliteitsmeetnetten in Drenthe

De waarnemingen met betrekking tot nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater laten zien dat zowel de toestand als de trend van meetlocaties in het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet Drenthe grote gelijkenissen vertoont met de waarnemingen in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom. Met betrekking tot de fosforparameters in de bodem kan worden geconcludeerd dat in de meetlocaties van het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet hogere waarden worden aangetroffen (toestand), maar dat de trend van de waarnemingen grote gelijkenissen vertoont met de waarnemingen in het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom.

De meetresultaten van de meetlocaties op de landbouwbedrijven van Bedreven Bedrijven Drenthe tonen aan dat het optimaliseren van de nutriëntenkringlopen op landbouwbedrijven kan leiden tot significante dalingen van de nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater. De gemeten fosfaatparameters in de bodem van de

percelen van de deelnemers aan Bedreven Bedrijven Drenthe laten in de eerste ronde van metingen (2004) hogere waarden zien dan voor vergelijkbare meetlocaties in het meetnet Drentsche Aa en Elperstroom. In de tweede ronde van metingen (2008) worden meetwaarden gevonden welke vergelijkbaar zijn met meetwaarden in het meetnet Drentsche Aa en Elperstroom. Dit toont aan dat optimalisatie van de nutriëntenkringlopen op bedrijfsniveau ook fosfaatbodemoverschotten terug kan dringen. Er dient wel bij aangetekend te worden dat dit is gebaseerd op slechts twee meetrondes en dat in het tweede meetjaar (2008) maar een beperkt aantal zelfde meetlocaties ten opzichte van het meetjaar 2004 konden worden bemonsterd.

Relatie met oppervlaktewaterkwaliteit Drentsche Aa

De in de bodem en het ondiepe grondwater aanwezige nutriënten en zware metalen kunnen op termijn uitspoelen naar het oppervlaktewater. De meetresultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom kunnen dan ook worden gezien als een vroeg waarschuwingssignaal (early warning system) met betrekking tot de oppervlaktewaterkwaliteit in het stroomgebied van de Drentsche Aa en Elperstroom. Uit metingen in het oppervlaktewater van de Drentsche Aa blijkt dat met name voor fosfor de gemiddelde meetwaarde voor de periode 2004 - 2008 gelijk is aan de norm. Echter, het aantal piekconcentraties voor fosfor neemt in de laatste twee jaar toe. Dit beeld is in overeenstemming met de toename in de waargenomen fosfaattoestand van de bodem zoals gemonitord in het bodemkwaliteitsmeetnet de Drentsche Aa en Elperstroom.

Relatie met florameetnet Drenthe

Een toename van het aandeel fosfaatverzadigde gronden in de Drentsche Aa kan leiden tot een toename van de uitspoeling van fosfaat naar grond- en oppervlaktewater (zie relatie met oppervlaktewaterkwaliteit Drentsche Aa). Fosfaat in het oppervlaktewater kan zich binden aan bodemdeeltjes of zwevende deeltjes in het oppervlaktewater. Ten tijde van hoog water kunnen deze fosfaatrijke deeltjes door het oppervlaktewater worden meegevoerd en in de overstromingsgebieden, benedenstrooms in het stroomgebied van de Drentsche Aa, op de bodem neerslaan. Op deze wijze kunnen nutriëntenarme gronden worden verrijkt met fosfaat. Hierdoor kan de soortensamenstelling van flora op deze locaties veranderen van voedselarm naar voedselrijk. Uit de meetlocaties van het florameetnet, welke benedenstrooms van de Drentsche Aa zijn gelegen, komt naar voren dat er een verschuiving is van voedselarme naar voedselrijke soorten (pers. mededeling E. Dijk, provincie Drenthe). Dit geeft aan dat er nutriënten (met name fosfaat) via het oppervlaktewater wordt aangevoerd. Ook dit beeld is in overeenstemming met de gemeten fosfaatparameters van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom.

Aanbevelingen

- Het generieke mestbeleid heeft in het gebied de Drentsche Aa en Elperstroom (nog) niet geleid tot verbetering van de toestand van de bodem en ondiep grondwater met betrekking tot het thema vermesting van het milieu. Om deze toestand wel te bereiken is extra (regionaal) beleid nodig. De aanpak waarbij het sluiten van nutriëntenkringlopen op bedrijfsniveau wordt doorgevoerd (vergelijkbaar met de deelnemende agrarische bedrijven van het project Bedreven Bedrijven Drenthe) laat goede resultaten zien met betrekking tot de milieutoestand van bodem en ondiep grondwater. Via de gebiedsaangerichte aanpak van het Provinciale Meerjarenprogramma Landelijk Gebied (PMJP) kan hier verdere invulling aan gegeven worden.
- Het dient tot aanbeveling om de bemestingstoestand in de Drentsche Aa en Elperstroom met het huidige bodemkwaliteitsmeetnet te blijven monitoren. Vooral de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater reageren snel (gemiddeld binnen één tot twee jaar) op veranderingen in het gebruik van meststoffen.
- De noodzaak voor het monitoren van de parameters met betrekking tot het thema verspreiding (o.a. zware metalen) lijkt minder groot dan voor de parameters van het thema vermesting. Bovendien is het voorkomen van enkele zware metalen in de bodem en het ondiepe grondwater (o.a. koper) duidelijk verbonden met het agrarisch gebruik van het gebied. Door het monitoren van de parameters met betrekking tot het thema vermesting kan dan indirect eveneens uitspraken gedaan worden over het voorkomen van enkele zware metalen.
- De waargenomen stoffen in de bodem en het ondiepe grondwater kunnen zich onder bepaalde omstandigheden verplaatsen van het bodemsysteem (inclusief het ondiepe grondwater) naar het oppervlaktewatersysteem. Op die manier kunnen bijvoorbeeld doelen gesteld naar aanleiding van de Kaderrichtlijn Water (KRW) met betrekking tot chemische en ecologische waterkwaliteit in gevaar komen. Eveneens kunnen stoffen (bijvoorbeeld fosfaat en stikstof), welke op deze wijze in het oppervlaktewater terecht komen, in voedselarme overloopgebieden zorgen voor een toename van nutriënten in deze gebieden waardoor voedselarme, en vaak zeldzame, flora kan verdwijnen. Meetresultaten uit het bodemkwaliteitsmeetnet kunnen worden beschouwd als een vroeg waarschuwingssignaal richting het oppervlaktewatersysteem. Het strekt dan ook tot aanbeveling dat meetresultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom gedeeld en gecommuniceerd wordt met het Waterschap, Waterbedrijf en verschillende sectoren binnen de provincie Drenthe.
- Voor een statistisch verantwoorde trendanalyse dient een langere reeks van waarnemingen verzameld te worden. Vooral de waarnemingen in de bodem en/of strooisellaag kennen een beperkte waarnemingreeks.

- Op basis van de meetresultaten van het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom en het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet kan worden onderzocht op welke wijze het meetnet voor de Drentsche Aa efficiënter in ruimte en tijd kan worden ingericht. Een aantal resultaten uit het bodemkwaliteitsmeetnet geven hier richting aan:
 - o de geringe variatie van de meeste waargenomen stoffen binnen een homogeen deelgebied;
 - o de (kleine) overlap in meetlocaties tussen het bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom en het provinciaal bodemkwaliteitsmeetnet;
 - o de geringere noodzaak voor het monitoren van zware metalen in de bodem of strooisellaag en het ondiepe grondwater.

Bij het efficiënter inrichten (optimalisatie) van een meetnet is het cruciaal op voorhand vast te leggen hoe betrouwbaar de uitspraken van een dergelijk meetnet in ruimte en tijd moeten zijn. In het algemeen geldt dat de meet- onnauwkeurigheid toeneemt bij een afname van het aantal meetlocaties (ruimte) of afname van het aantal meetmomenten (tijd).

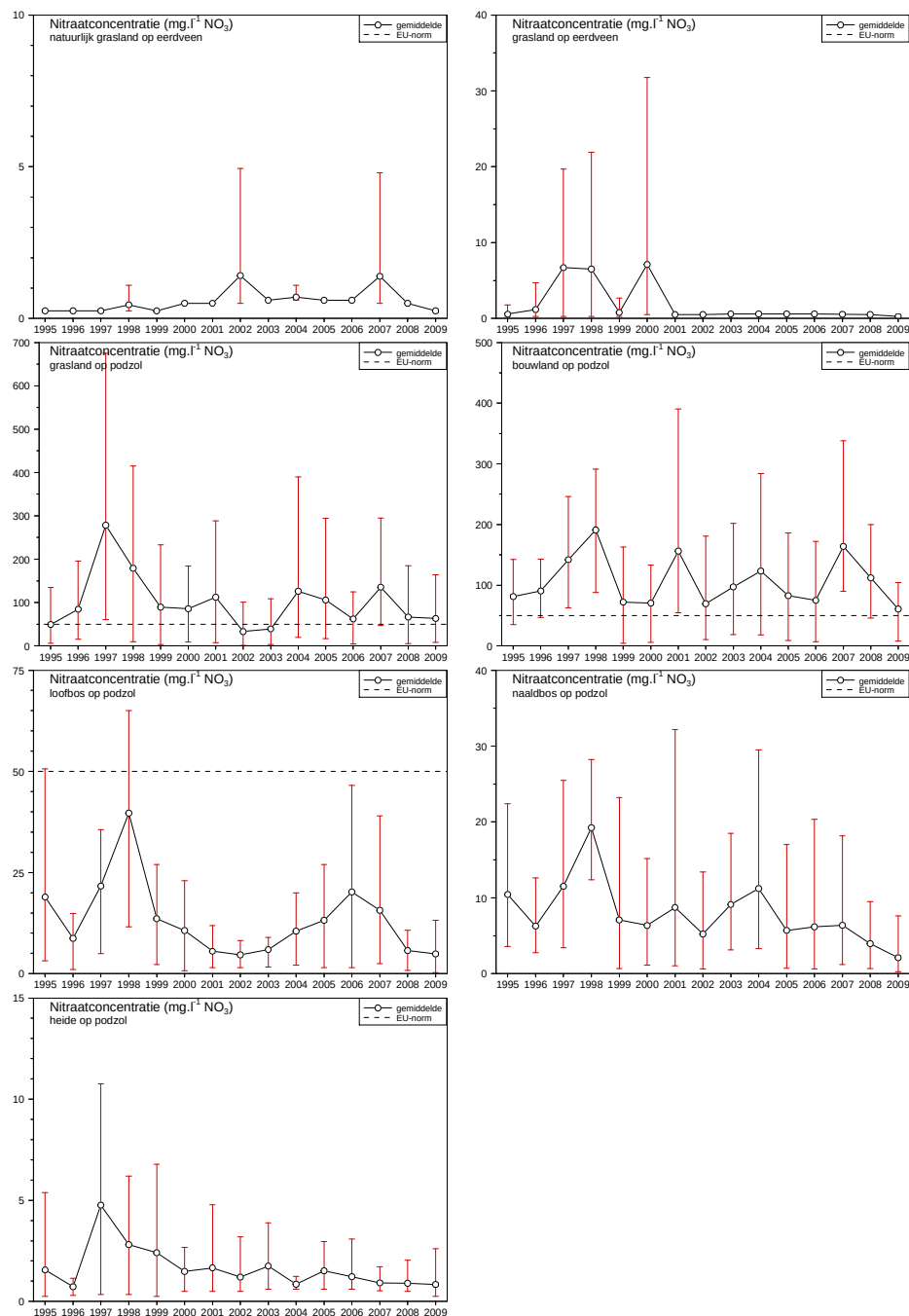
Literatuur

- Boukes, H. en P.K. Baggelaar, 2002. *Integrale rapportage bodem- en grondwatermeetnetten Provincie Drenthe*. Hoofdrapport.
- Boumans, L.J.M., G. van Drecht, B. Fraters, T. de Haan en W. de Hoop, 1997. *Effect van neerslag op nitraat in het bovenste grondwater onder landbouwbedrijven in de zandgebieden; gevolgen voor de inrichting van het MONitoringsnetwerk effecten mestbeleid op Landbouwbedrijven (MOL)*. RIVM-rapport 714831002, RIVM, Bilthoven.
- Brus, D.J. en E. Kiestra, 2002. *Kan de efficiëntie van bodemkarteringen op schaal 1 : 10.000 worden vergroot met het Actuele Hoogtebestand Nederland?* Wageningen, Alterra-rapport 498, 54 blz.
- Dries, A., 2000. *Grondwater Drentsche Aa. Bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa/Elperstroom. Resultaten ondiep grondwater 1995 tot en met 1999*. Assen, provincie Drenthe, 28 blz.
- Griendt, J.S. van de, 1994. *Bodemkwaliteitsmeetnet stroomgebied Drentsche Aa en Elperstroom (ontwerp)* (met bijlagen). Deventer, Tauw rapport nr. 3313964, 51 blz.
- Knotters, M. (red.), 2008. *Een blik op monitoring van de natuurlijke leefomgeving*. Wageningen, Alterra Wettelijke Onderzoekstaken Natuur en Milieu, WOt-studie 6.
- Marsman, B.A. en J.J. de Gruijter, 1986. *Quality of soil maps. A comparison of survey methods in a sandy area*. Wageningen, Stiboka, Soil Survey Papers 15, 103 blz.
- ROM/WCL, 1998. *Drentsche Aa: waaROM, daaROM. Een tussentijdse evaluatie ROM/WCL Drentsche Aa/Elperstroom*. Stuurgroep ROM/WCL.
- Seine, W., 1996. *De resultaten van de eerste meetronde van het Bodemkwaliteitsmeetnet stroomgebieden Drentsche Aa en de Elperstroom*. Assen, Provincie Drenthe, 20 blz.

Bijlage 1 Resultaten bodemkwaliteitsmeetnet Drentsche Aa en Elperstroom

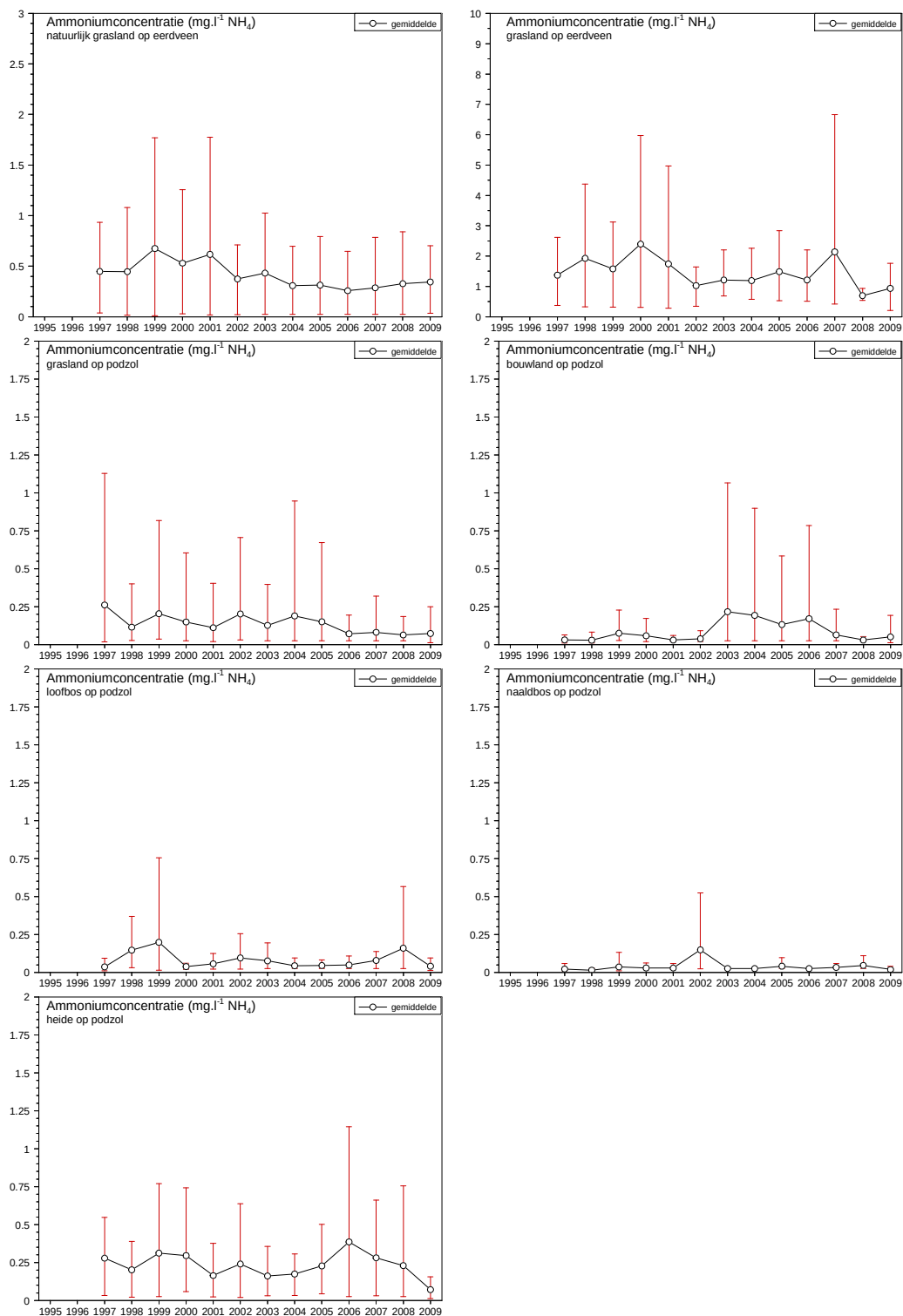
1. Grondwaterkwaliteit

Nitraat



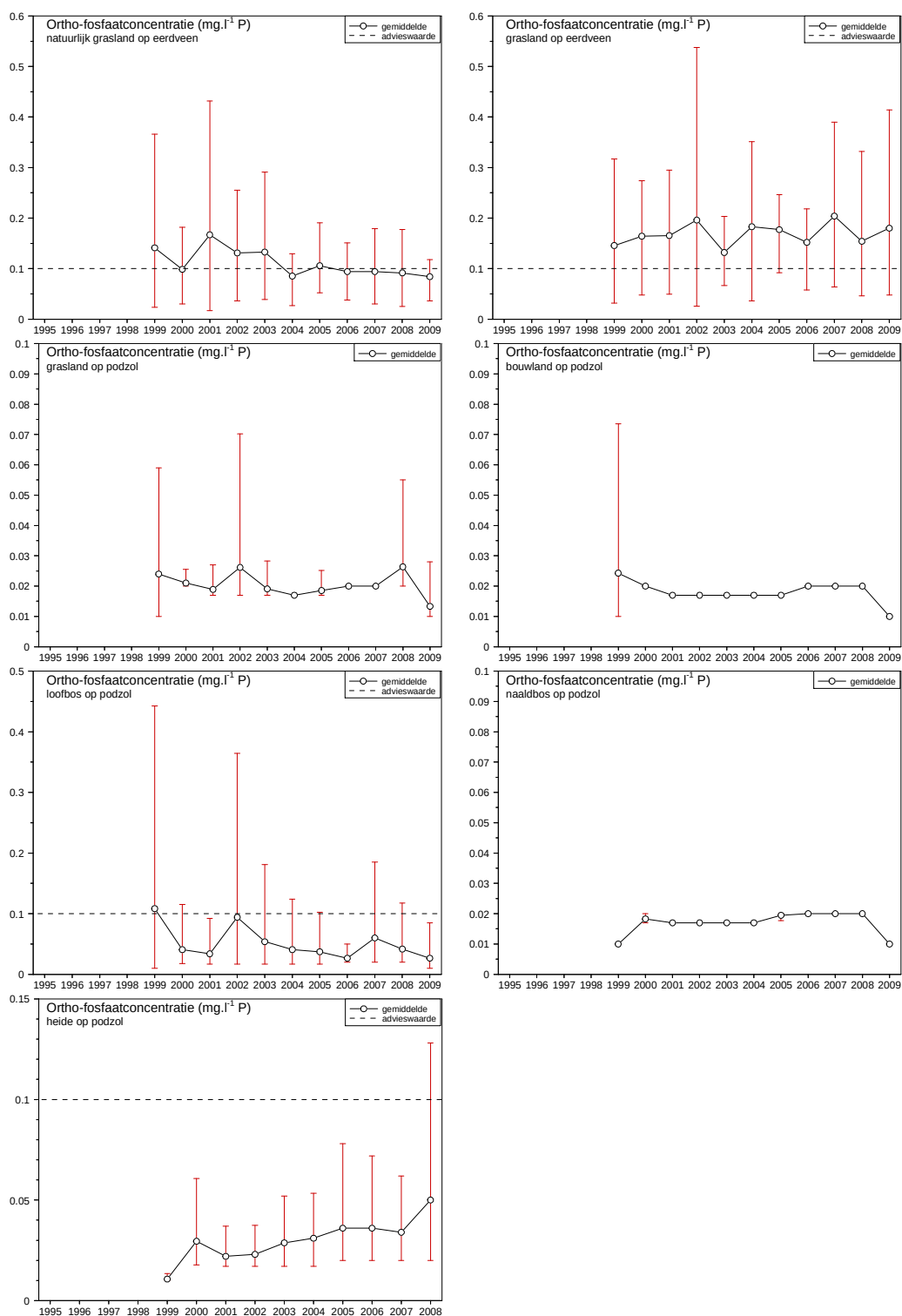
Figuur B1 Gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1995 - 2009.

Ammonium



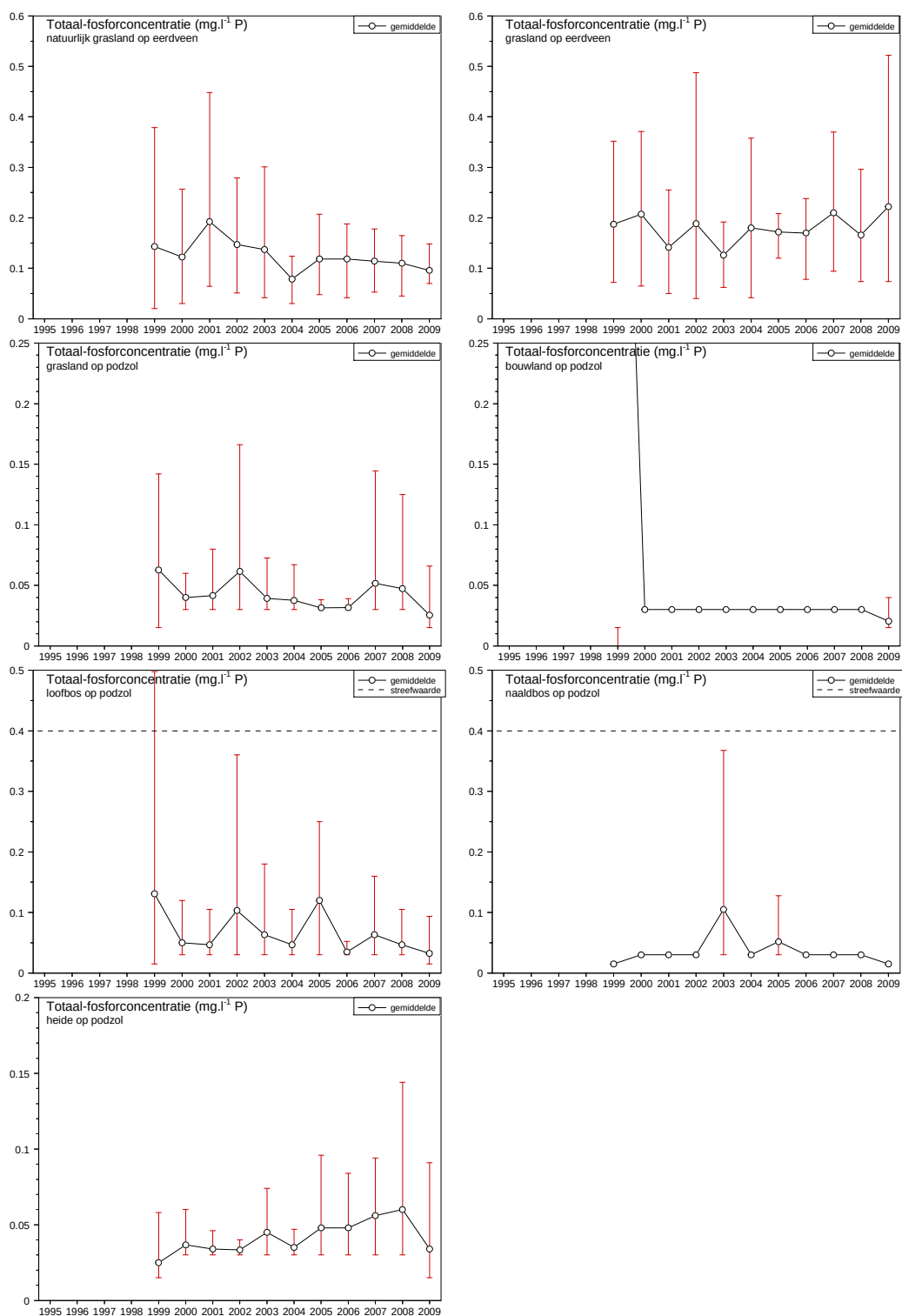
Figuur B2 Gemiddelde ammoniumconcentraties in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1995 - 2009.

Ortho-fosfaat



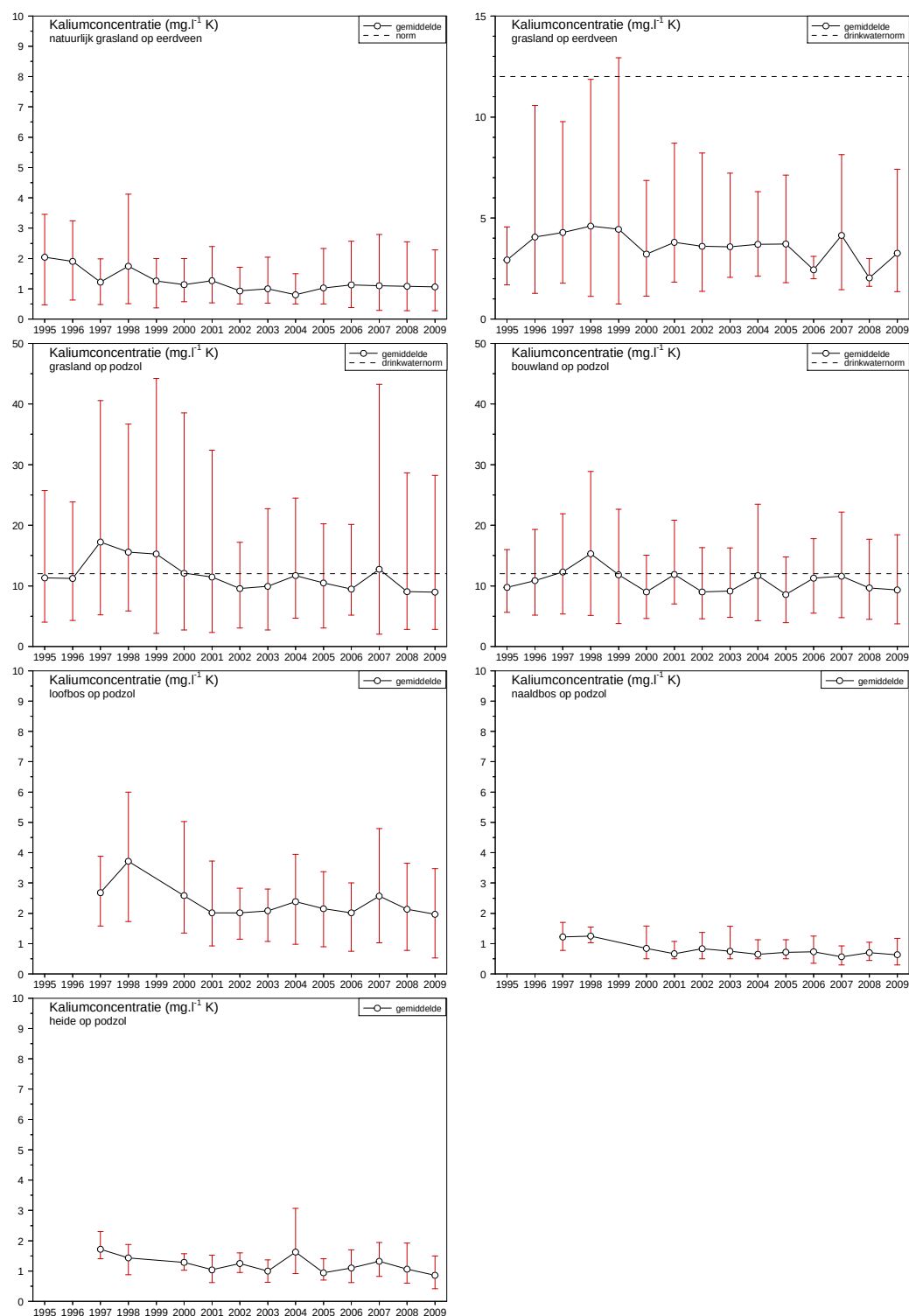
Figuur B3 Gemiddelde ortho-fosfaatconcentraties in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1995- 2009.

Totaal-fosfor



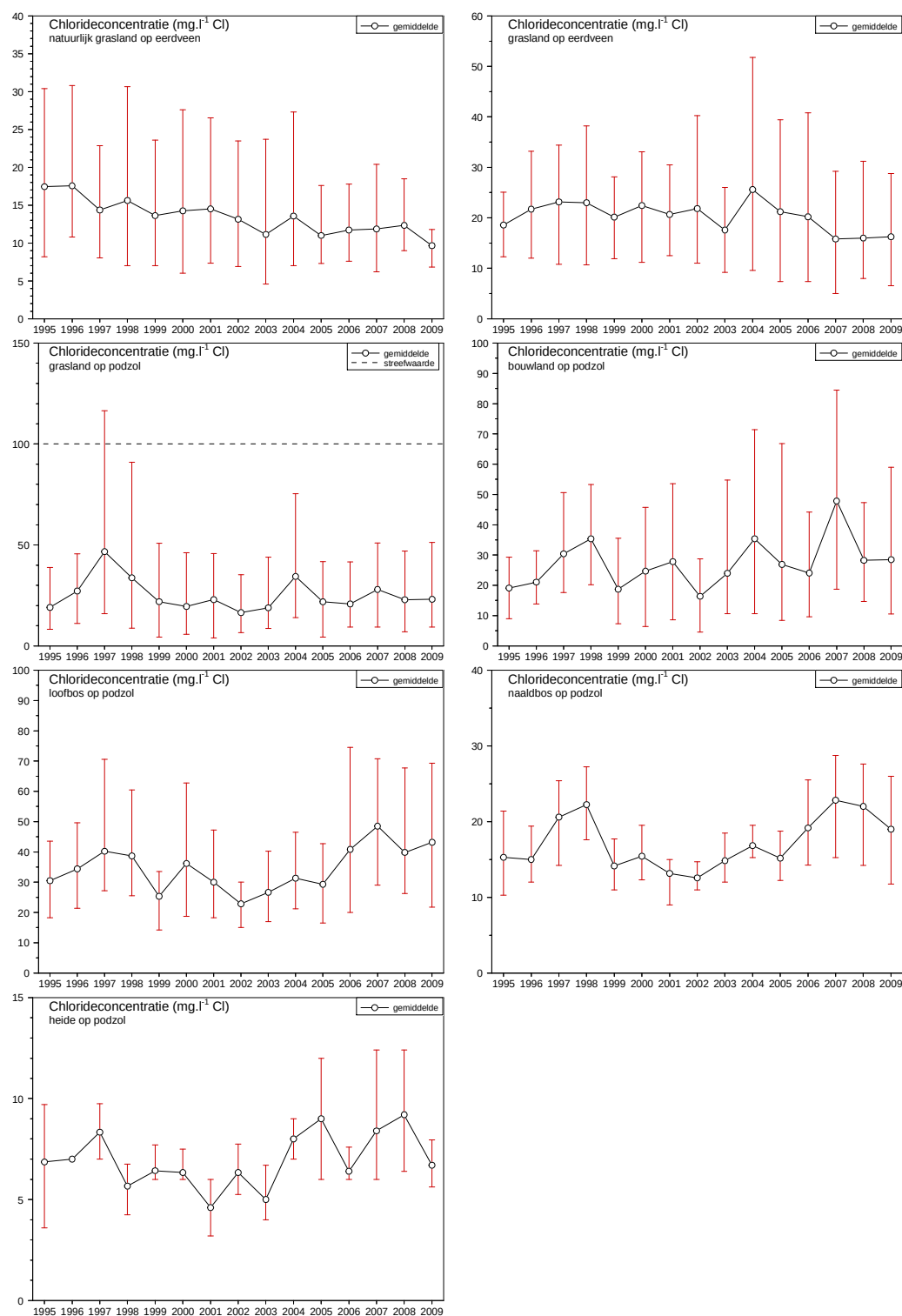
Figuur B4 Gemiddelde totaal-fosforconcentraties in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1995 - 2009.

Kalium



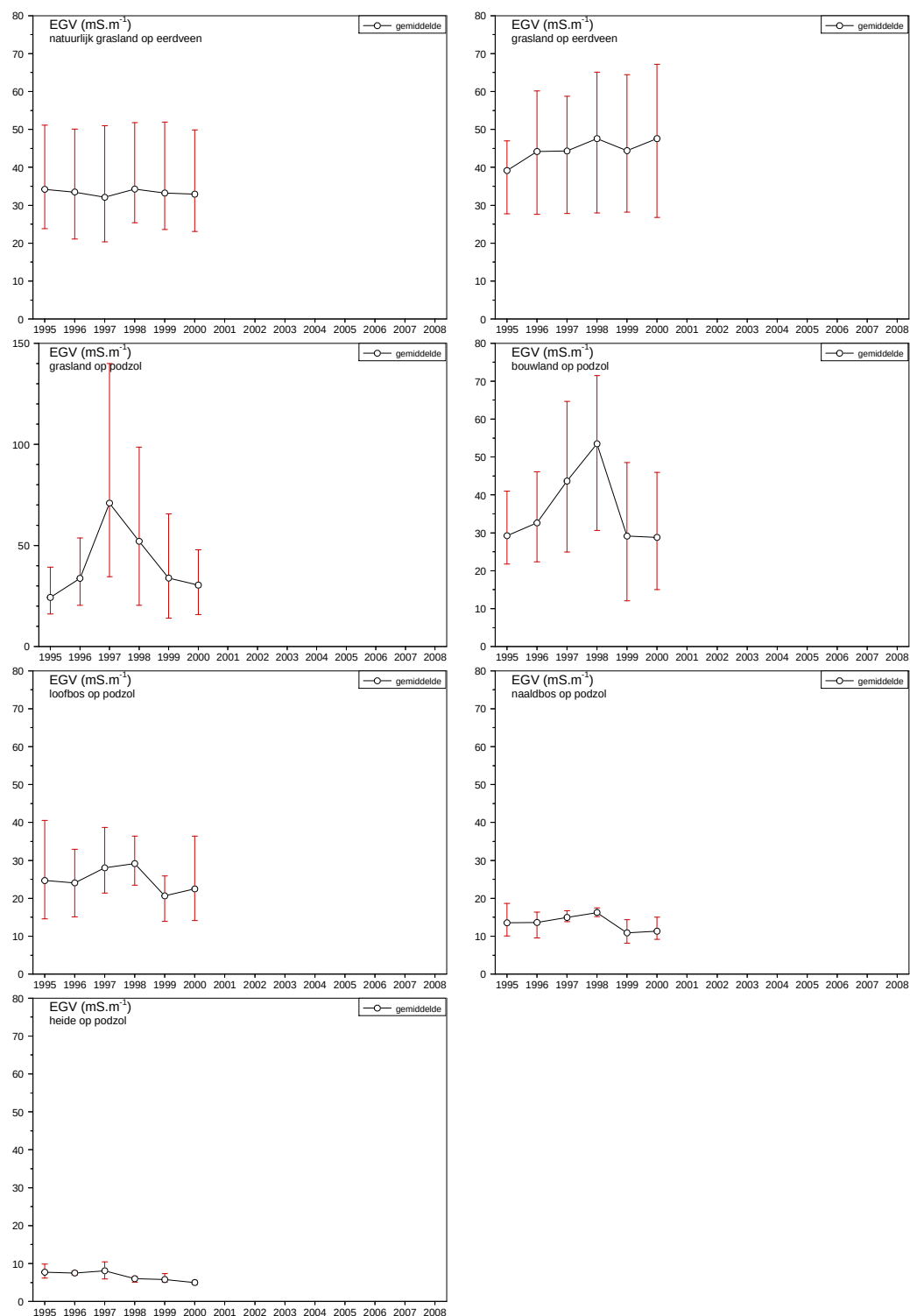
Figuur B5 Gemiddelde kaliumconcentraties in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1995 - 2009.

Chloride



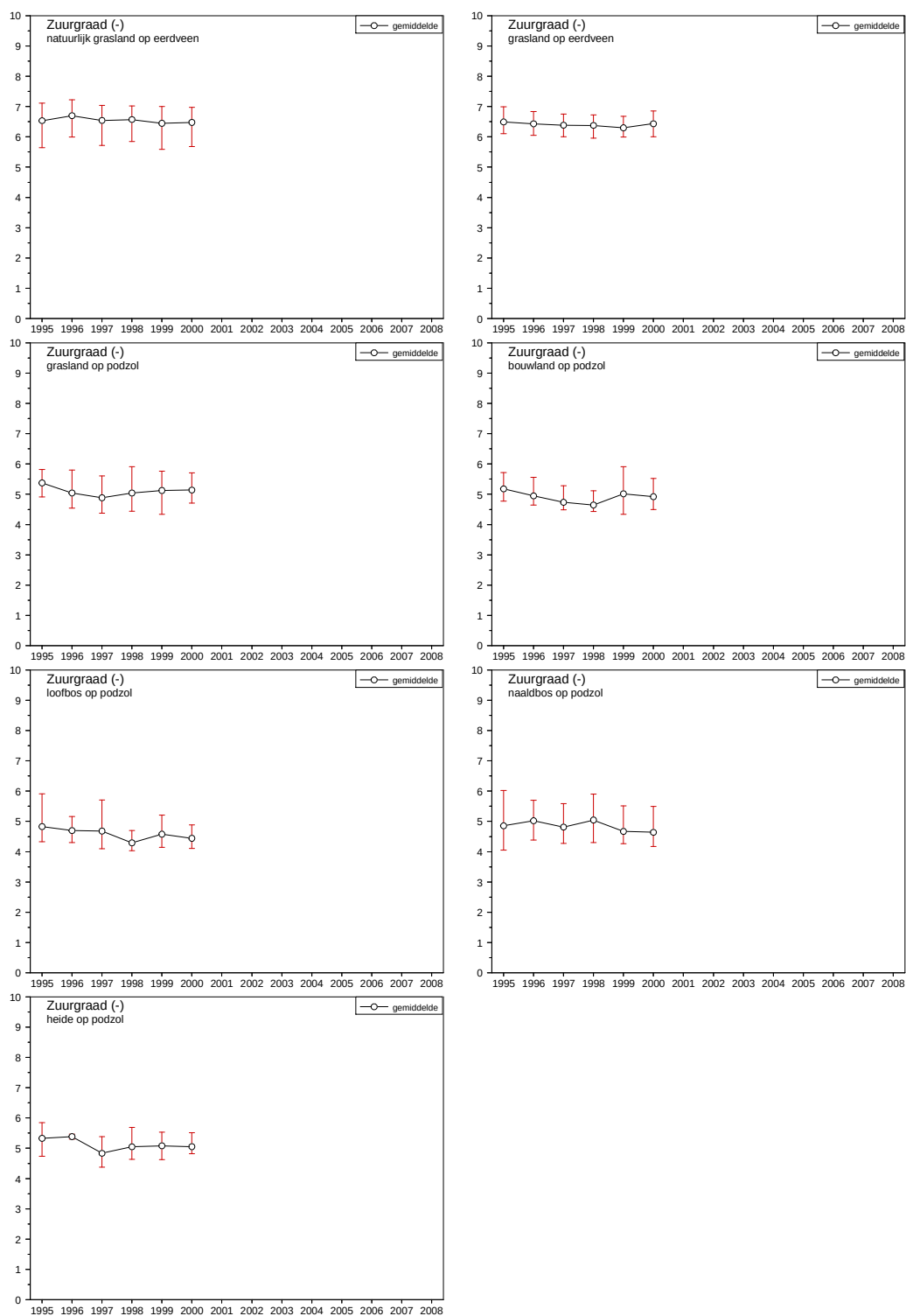
Figuur B6 Gemiddelde chlorideconcentraties in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1995 - 2009.

Elektrisch geleidingsvermogen



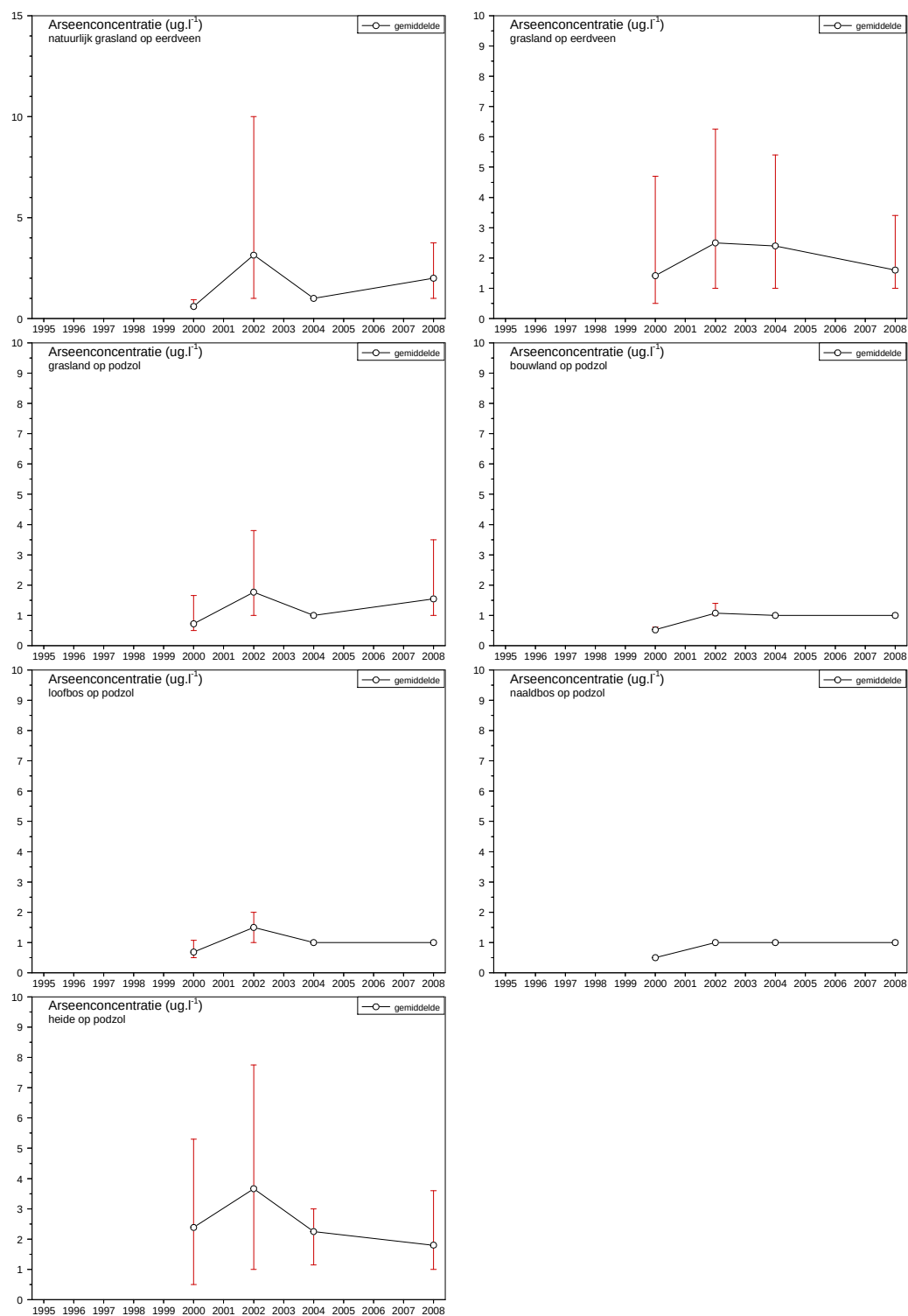
Figuur B7 Gemiddeld elektrisch geleidingsvermogen (EGV) in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1995 - 2000.

Zuurgraad



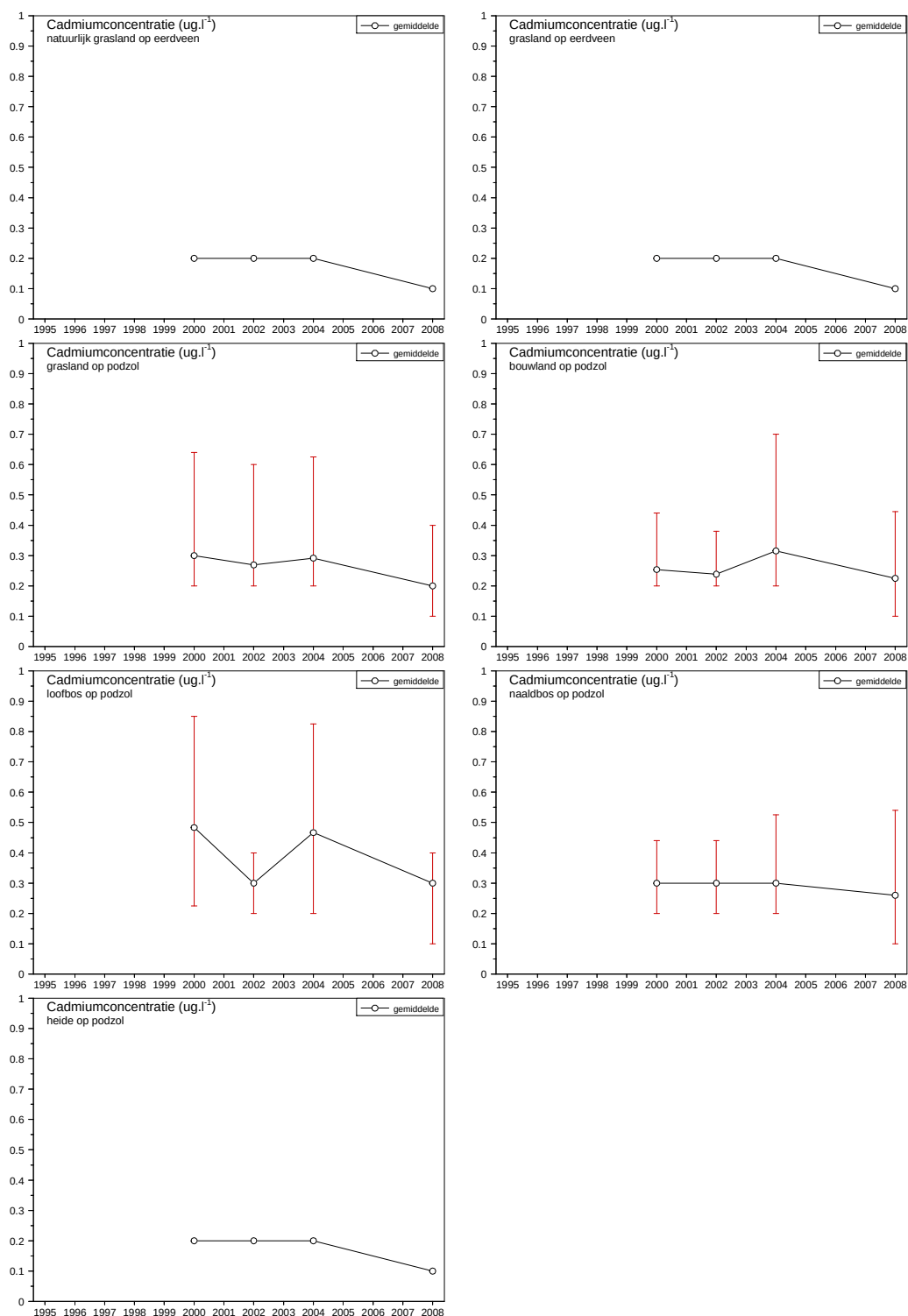
Figuur B8 Gemiddelde zuurgraad (pH) in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1995 - 2000.

Arseen



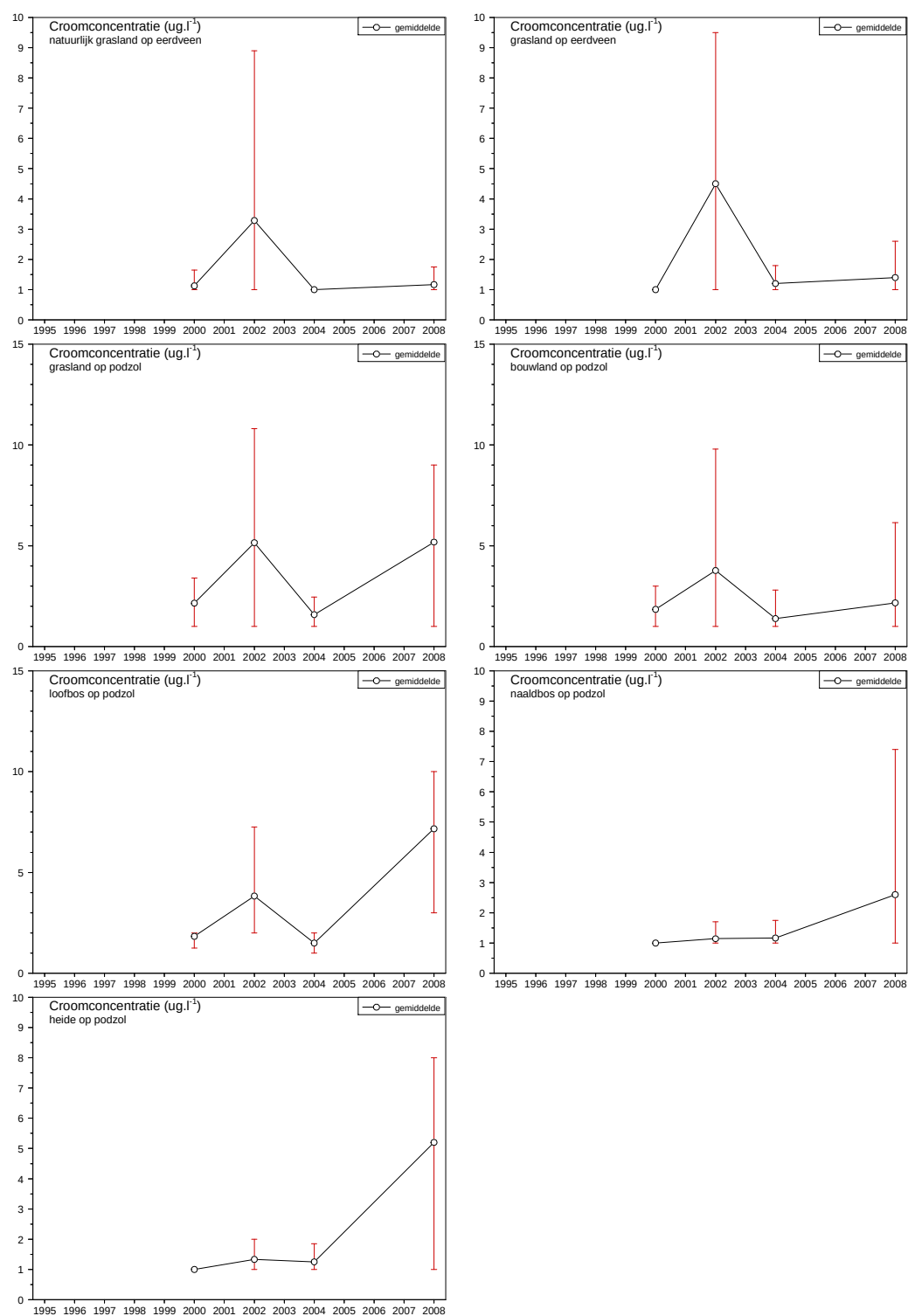
Figuur B9 Gemiddelde arseenconcentratie in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 2000 - 2008.

Cadmium



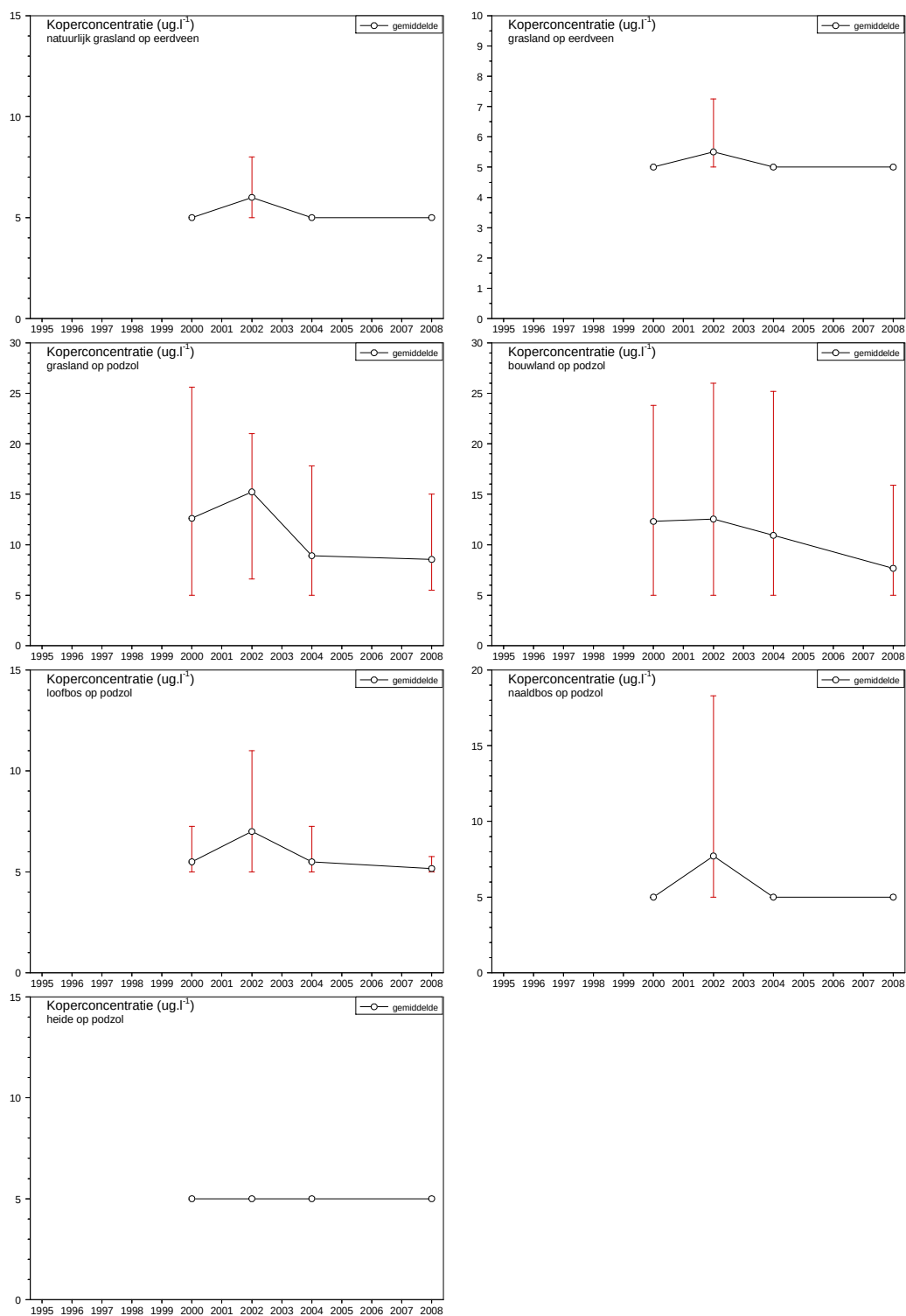
Figuur B10 Gemiddelde cadmiumconcentratie in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 2000 - 2008.

Chroom



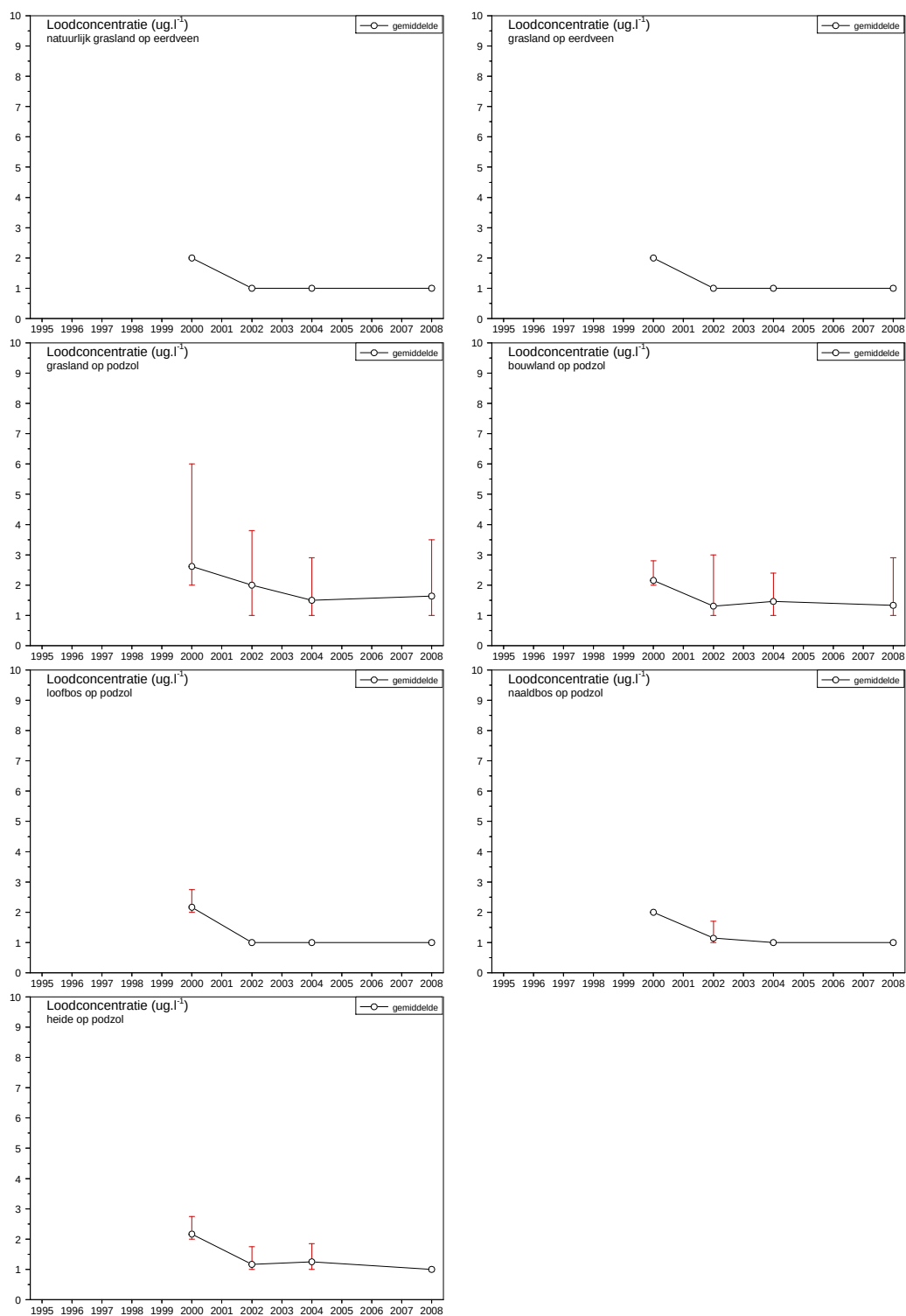
Figuur B11 Gemiddelde chroomconcentratie in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 2000 - 2008.

Koper



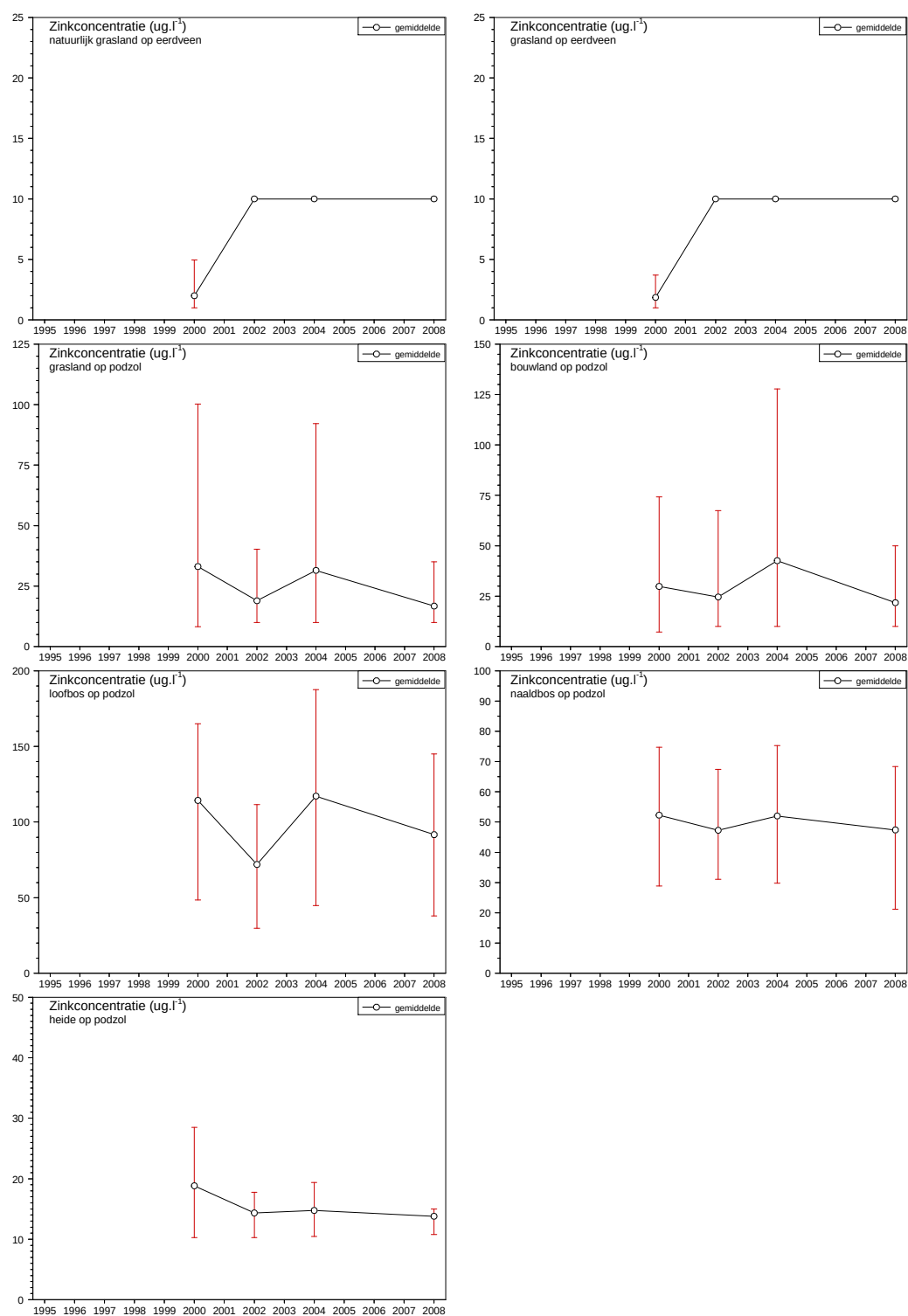
Figuur B12 Gemiddelde koperconcentratie in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 2000 - 2008.

Lood



Figuur B13 Gemiddelde loodconcentratie in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 2000 - 2008.

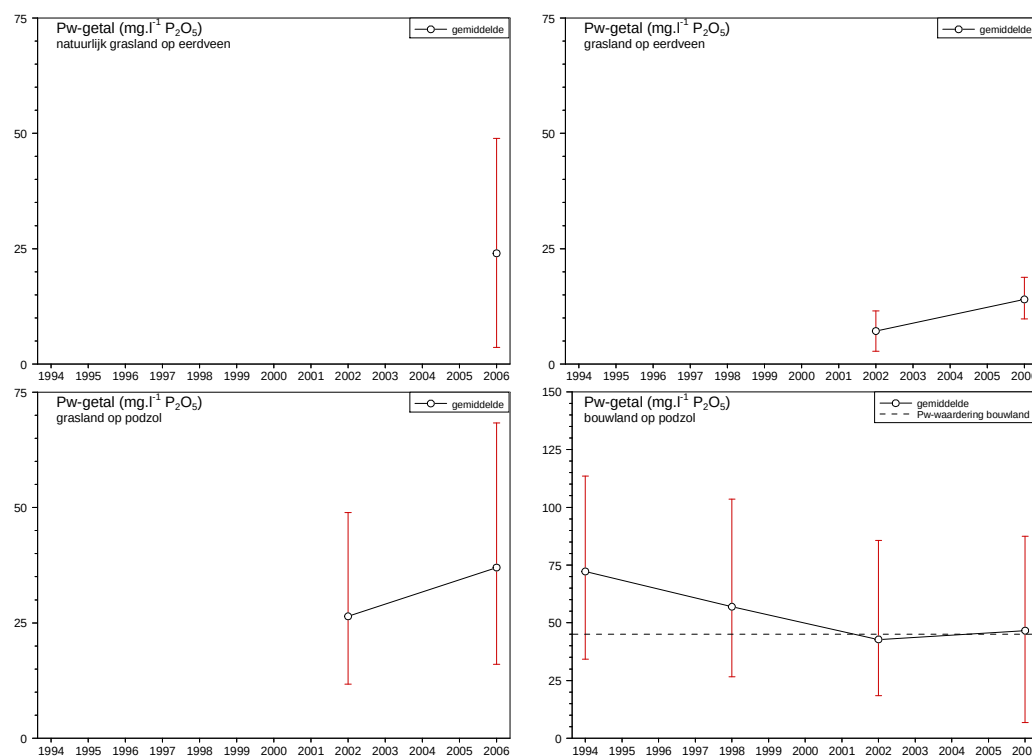
Zink



Figuur B14 Gemiddelde zinkconcentratie in het bovenste grondwater voor de zeven homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 2000 - 2008.

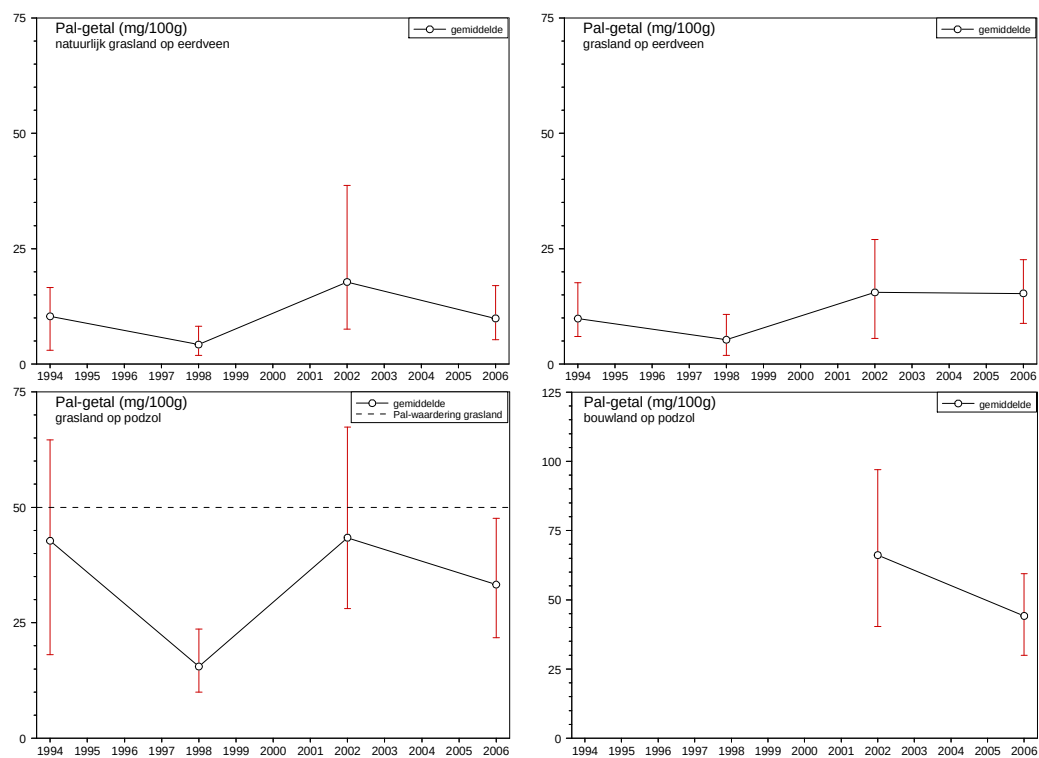
2. Bodemkwaliteit

Pw-getal



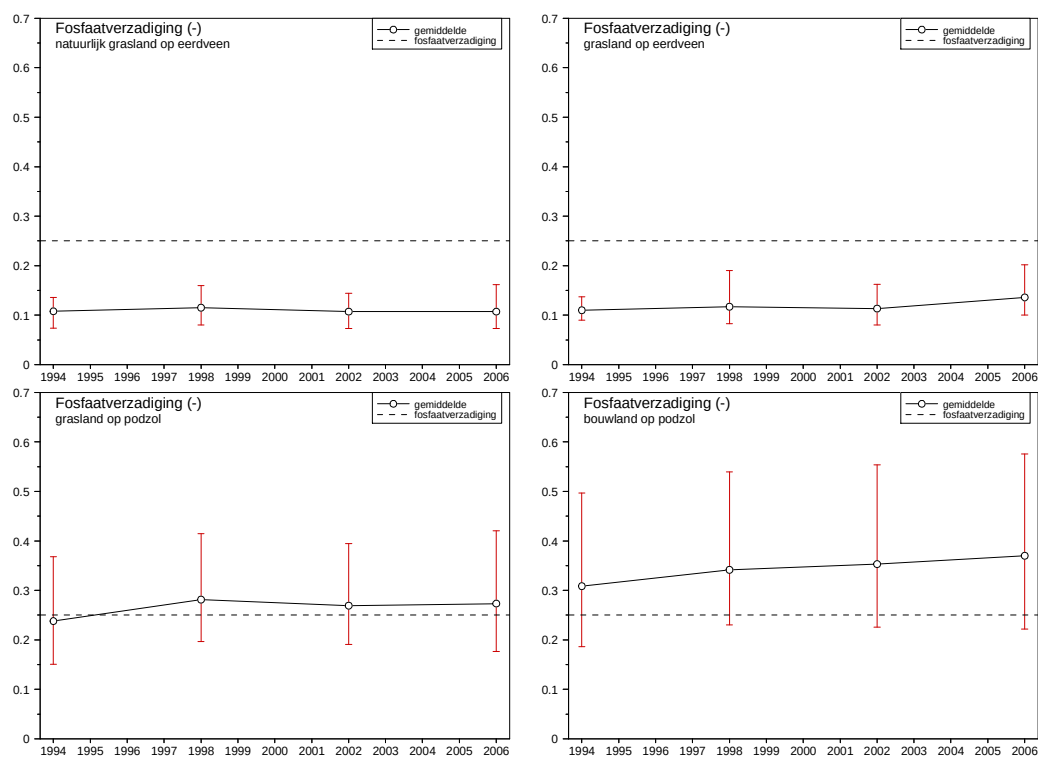
Figuur B15 Gemiddeld Pw-getal in de bodem voor de vier bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

P-Al-getal



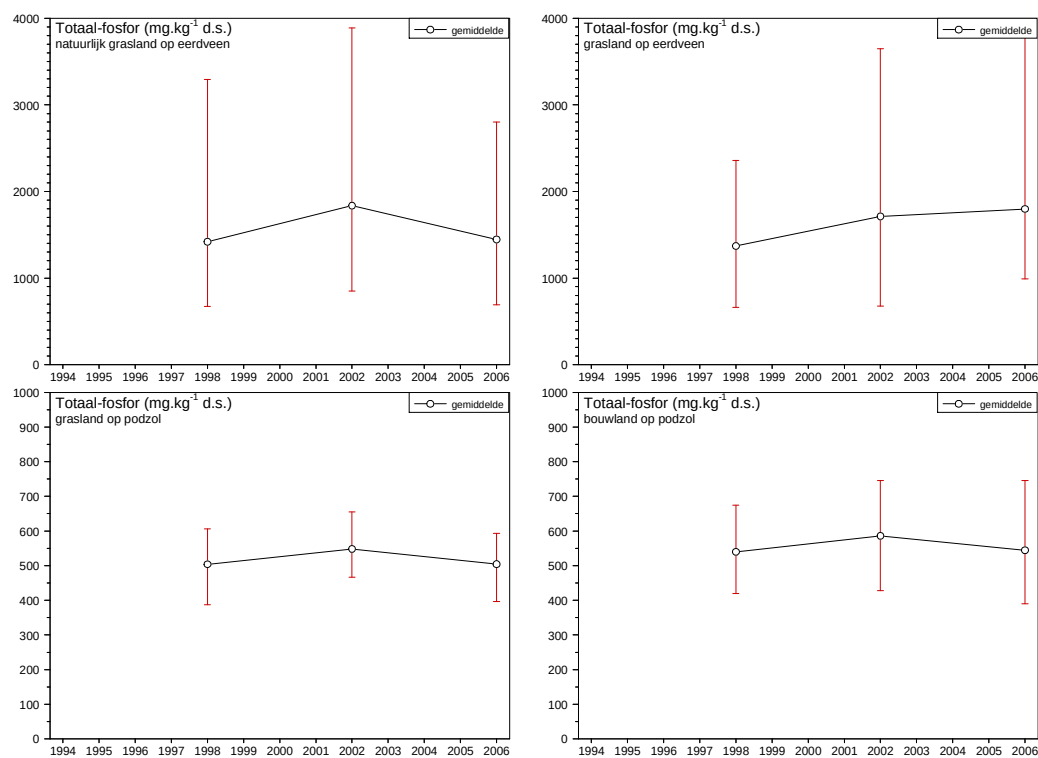
Figuur B16 Gemiddeld P-Al-getal in de bodem voor de vier bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

Fosfaatverzadiging



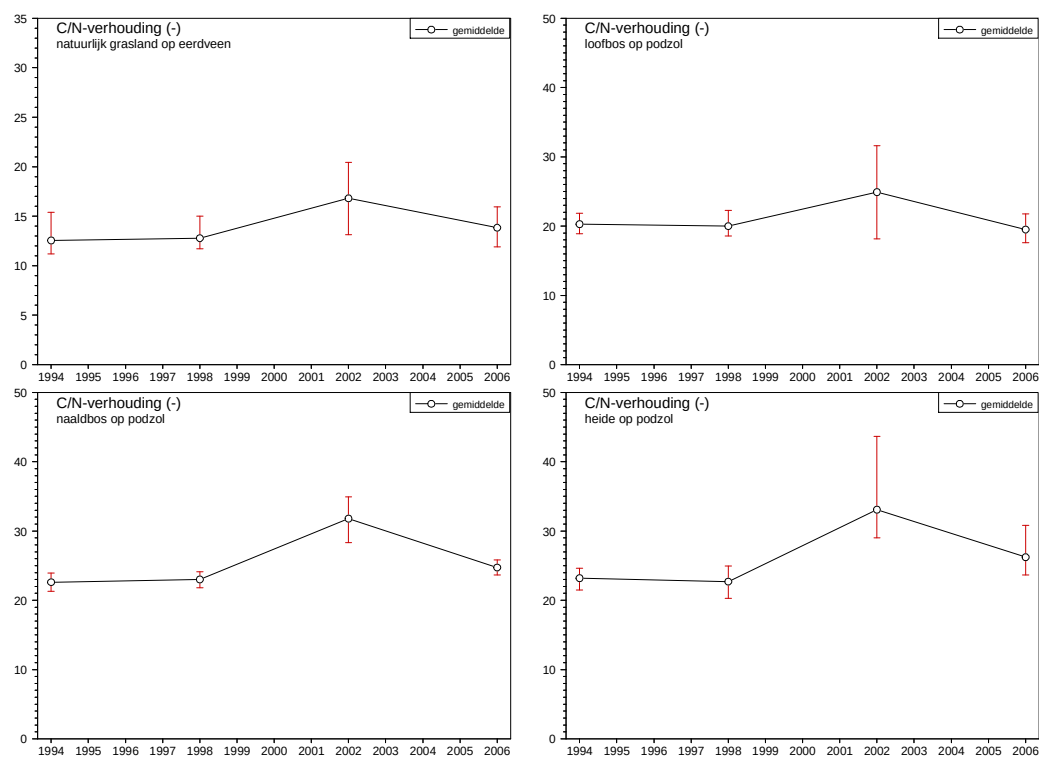
Figuur B17 Gemiddelde fosfaatverzadiging in de bodem voor de vier bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

Totaal-fosfor



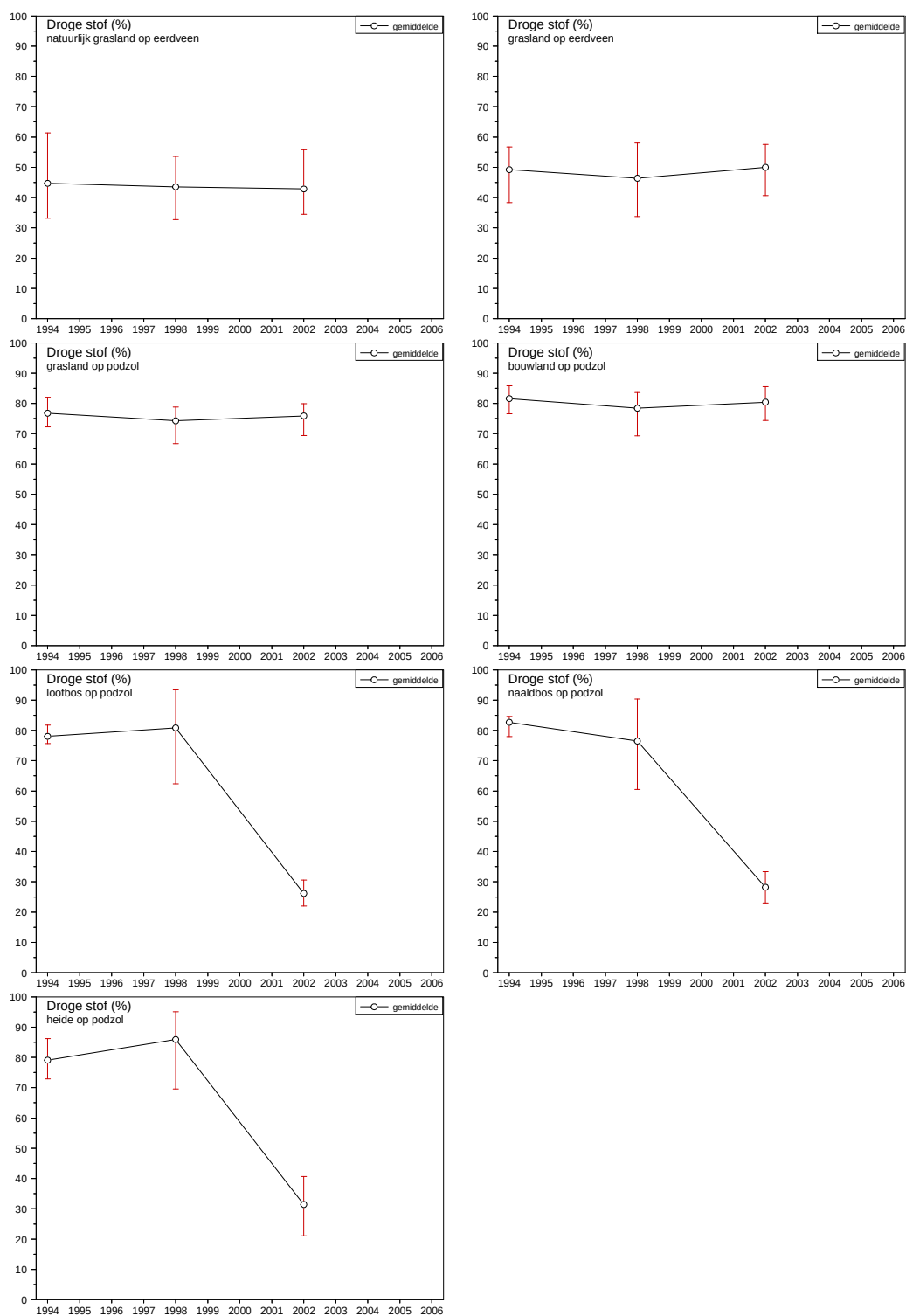
Figuur B18 Gemiddelde totaal-fosforgehalte in de bodem voor de vier bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

C/N-ratio



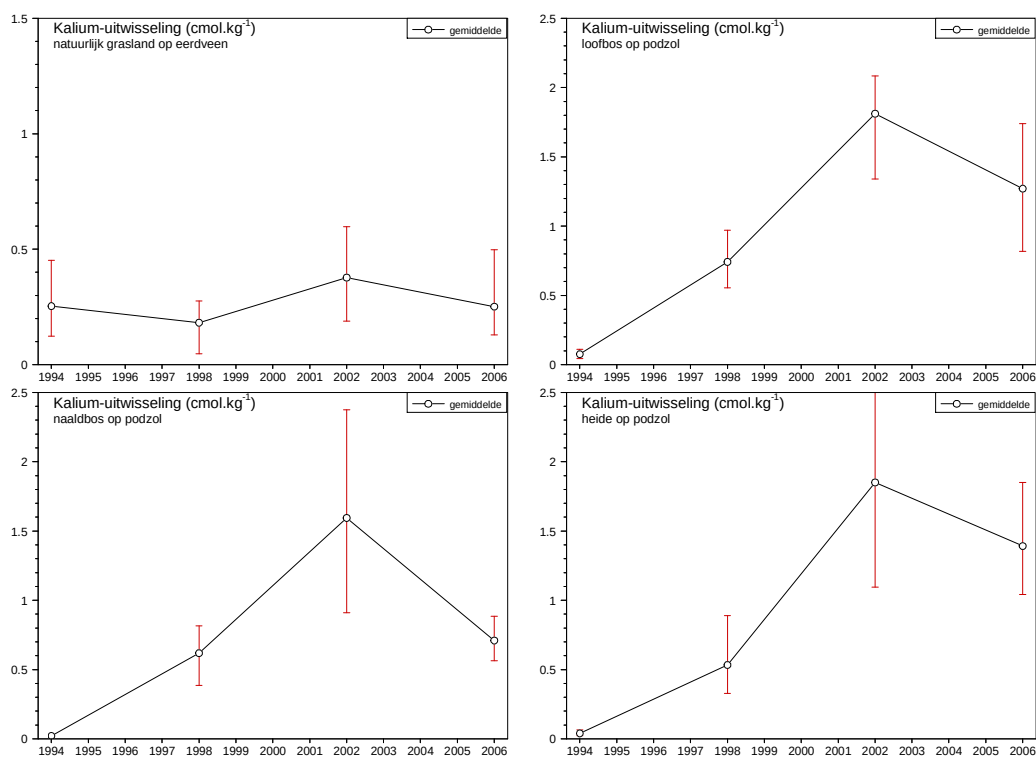
Figuur B19 Gemiddelde C/N-ratio in de bodem en strooisellaag voor de vier bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

Droge stof



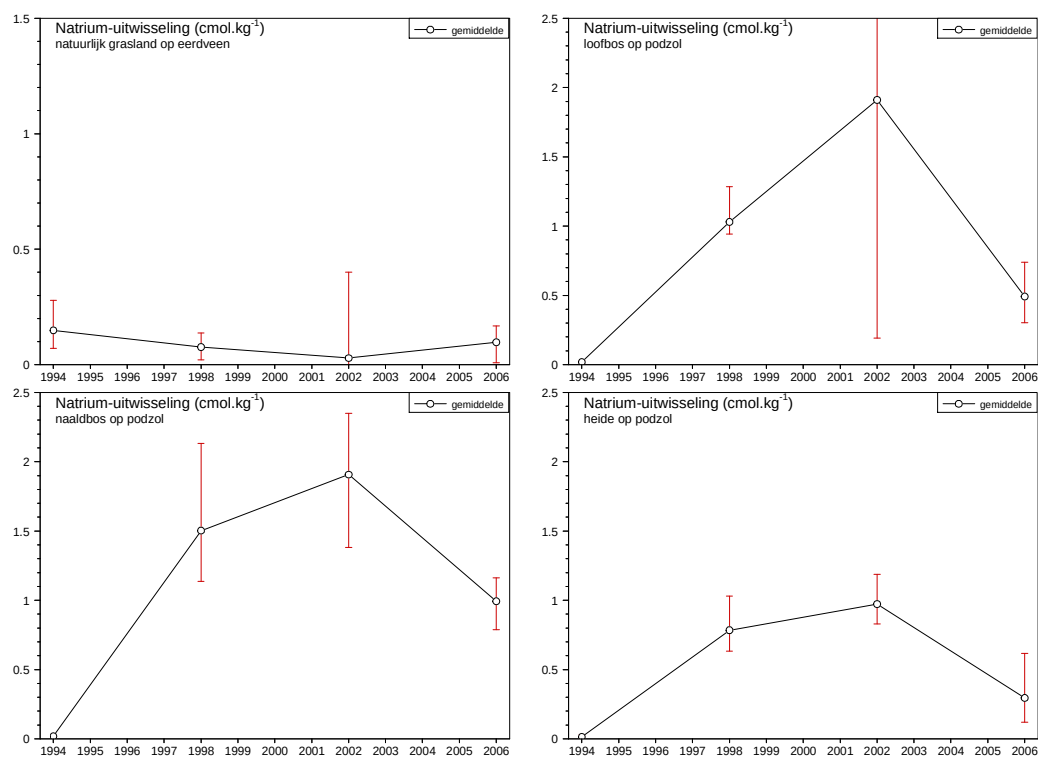
Figuur B20 Gemiddelde droge stof gehalte in de bodem en strooisellaag voor de zeven bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

Kalium-uitwisseling



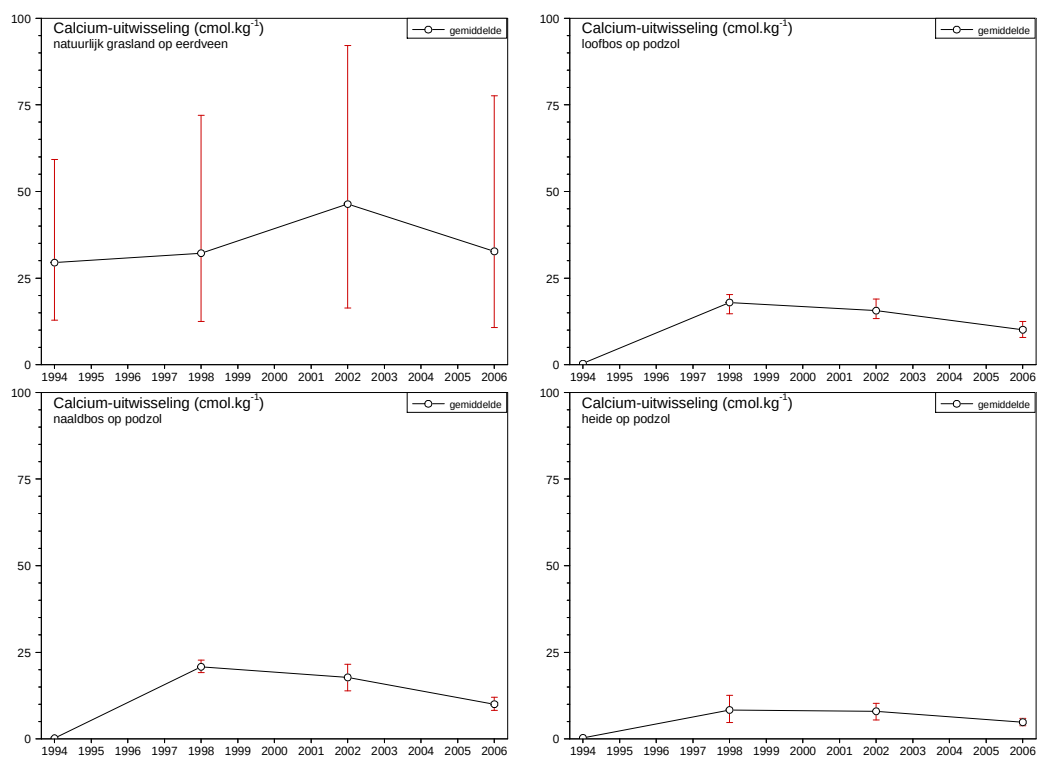
Figuur B21 Gemiddelde kalium-uitwisseling in de bodem en strooisellaag voor de vier bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

Natrium-uitwisseling



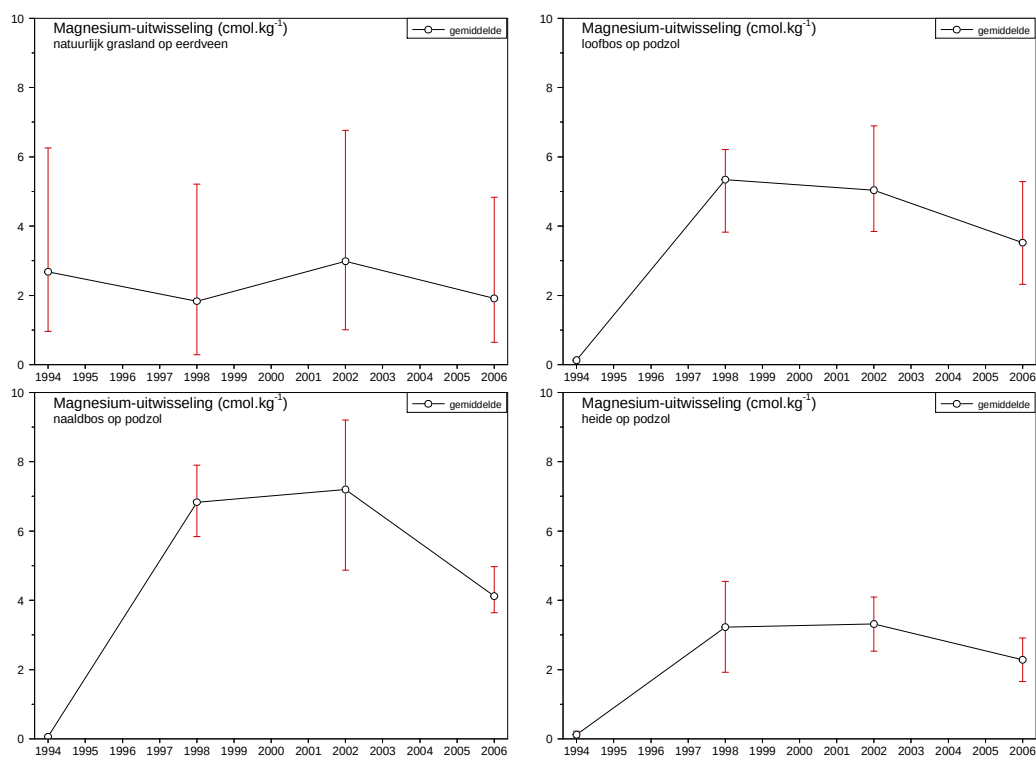
Figuur B22 Gemiddelde natrium-uitwisseling in de bodem en strooisellaag voor de vier bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

Calcium-uitwisseling



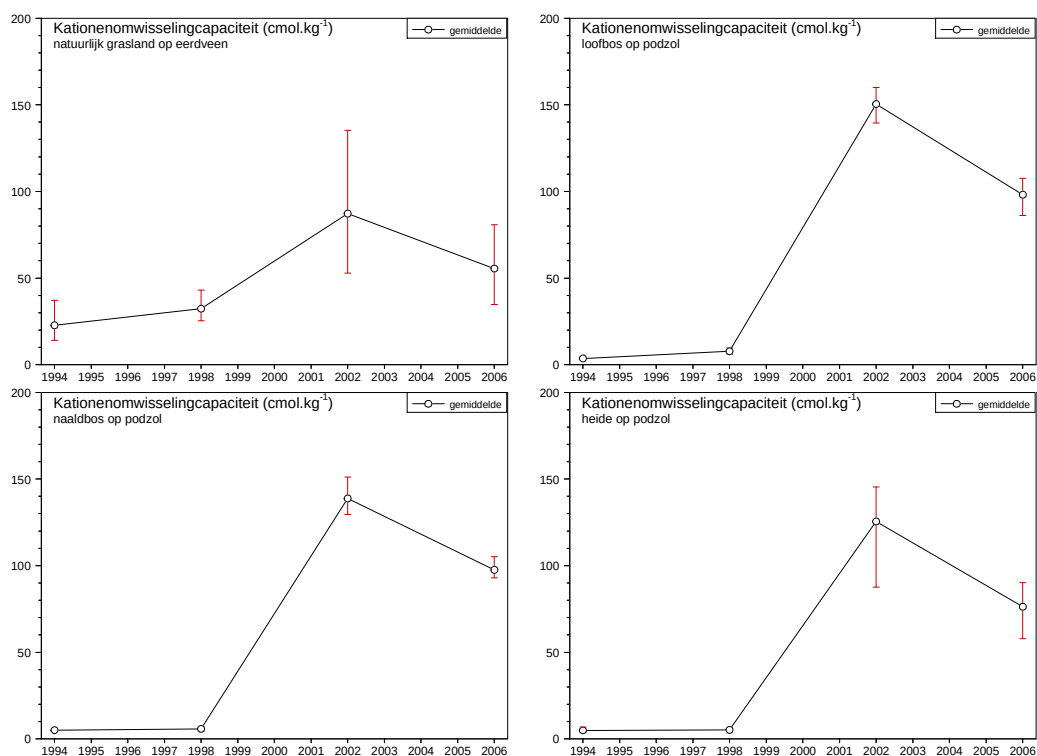
Figuur B23 Gemiddelde calcium-uitwisseling in de bodem en strooisellaag voor de vier bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

Magnesium-uitwisseling



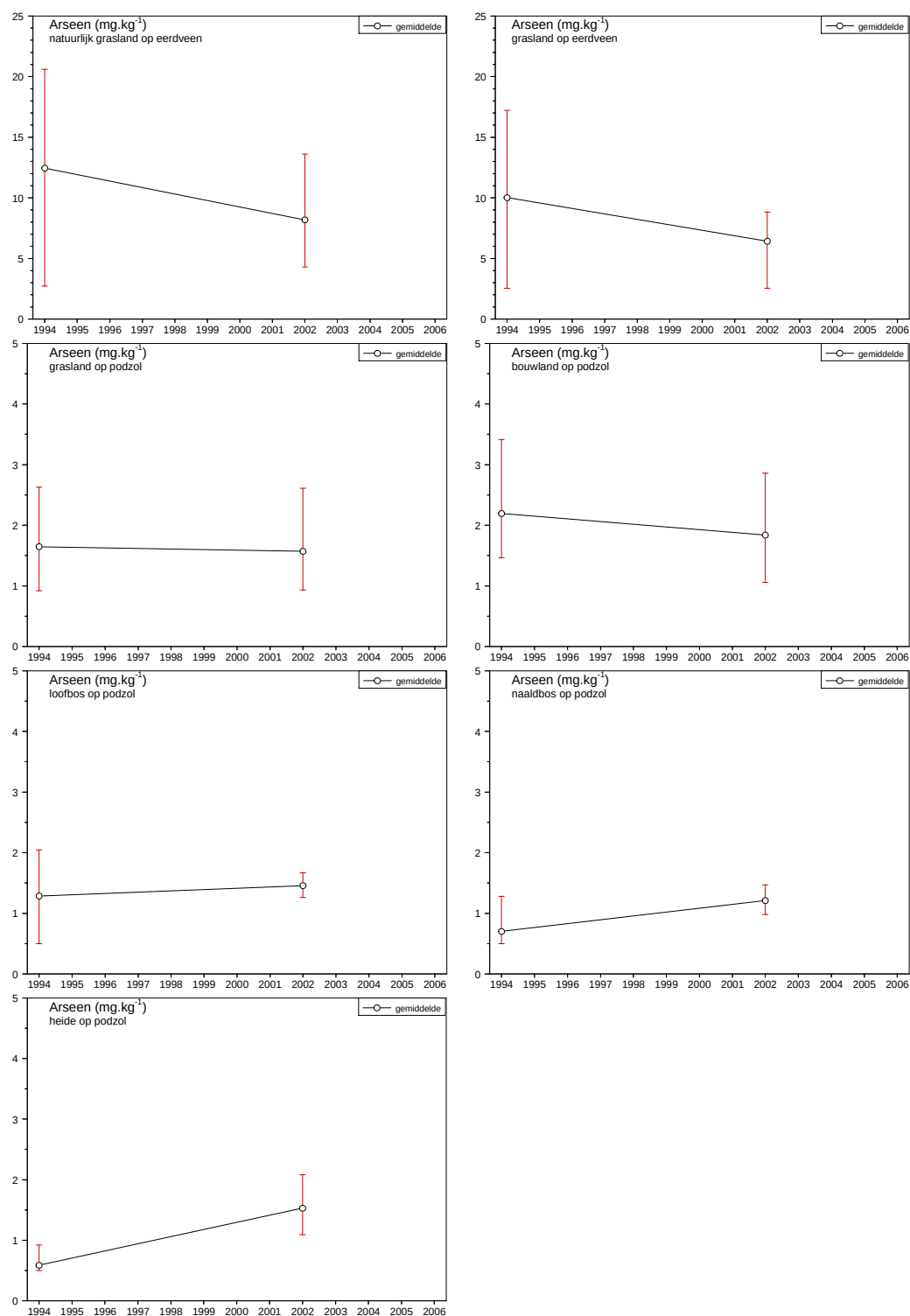
Figuur B24 Gemiddelde magnesium-uitwisseling in de bodem en strooisellaag voor de vier bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

Kationenomwisselcapaciteit



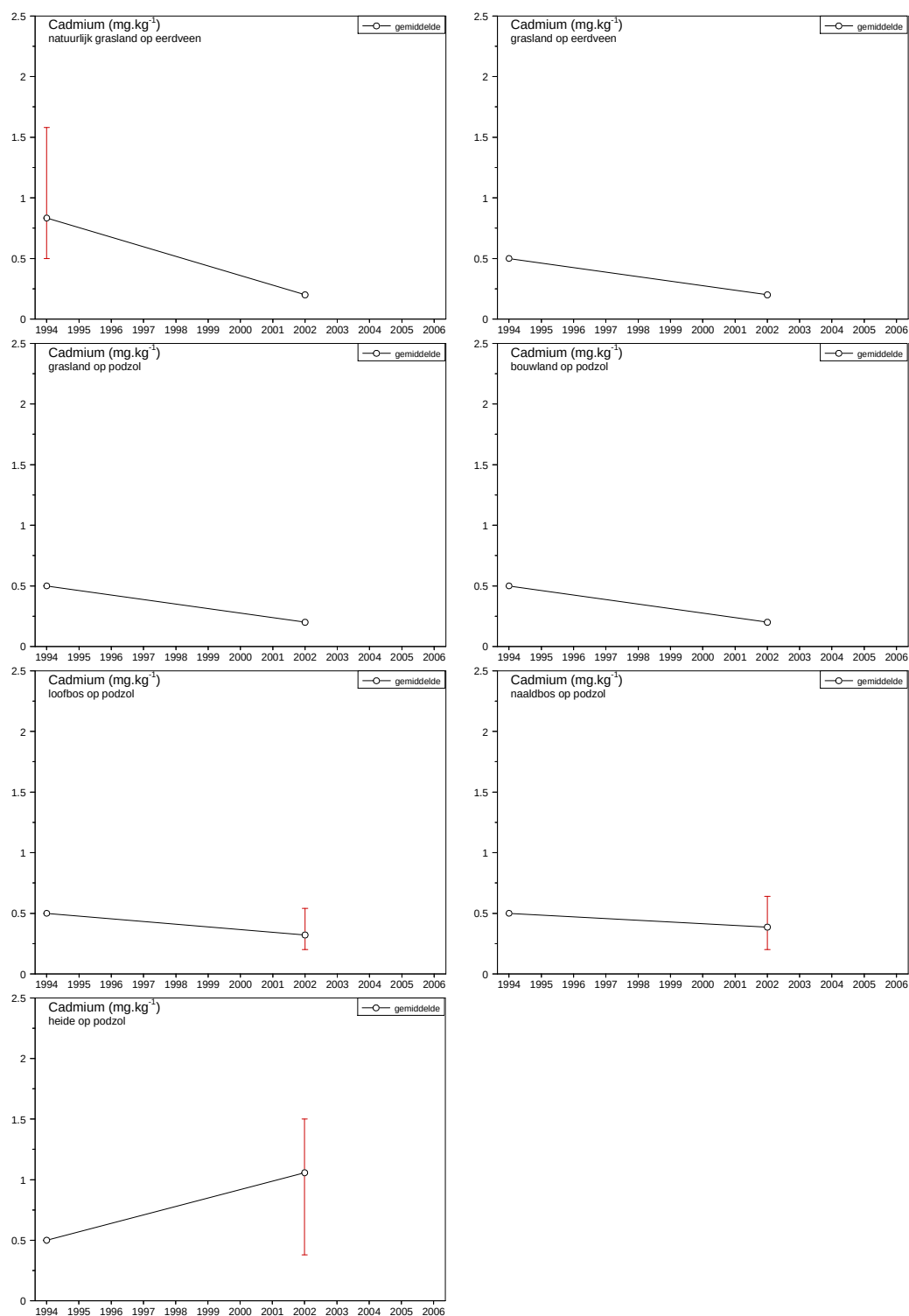
Figuur B25 Gemiddeld kationenomwisselcapaciteit in de bodem en strooisellaag voor de vier bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2006.

Arseen



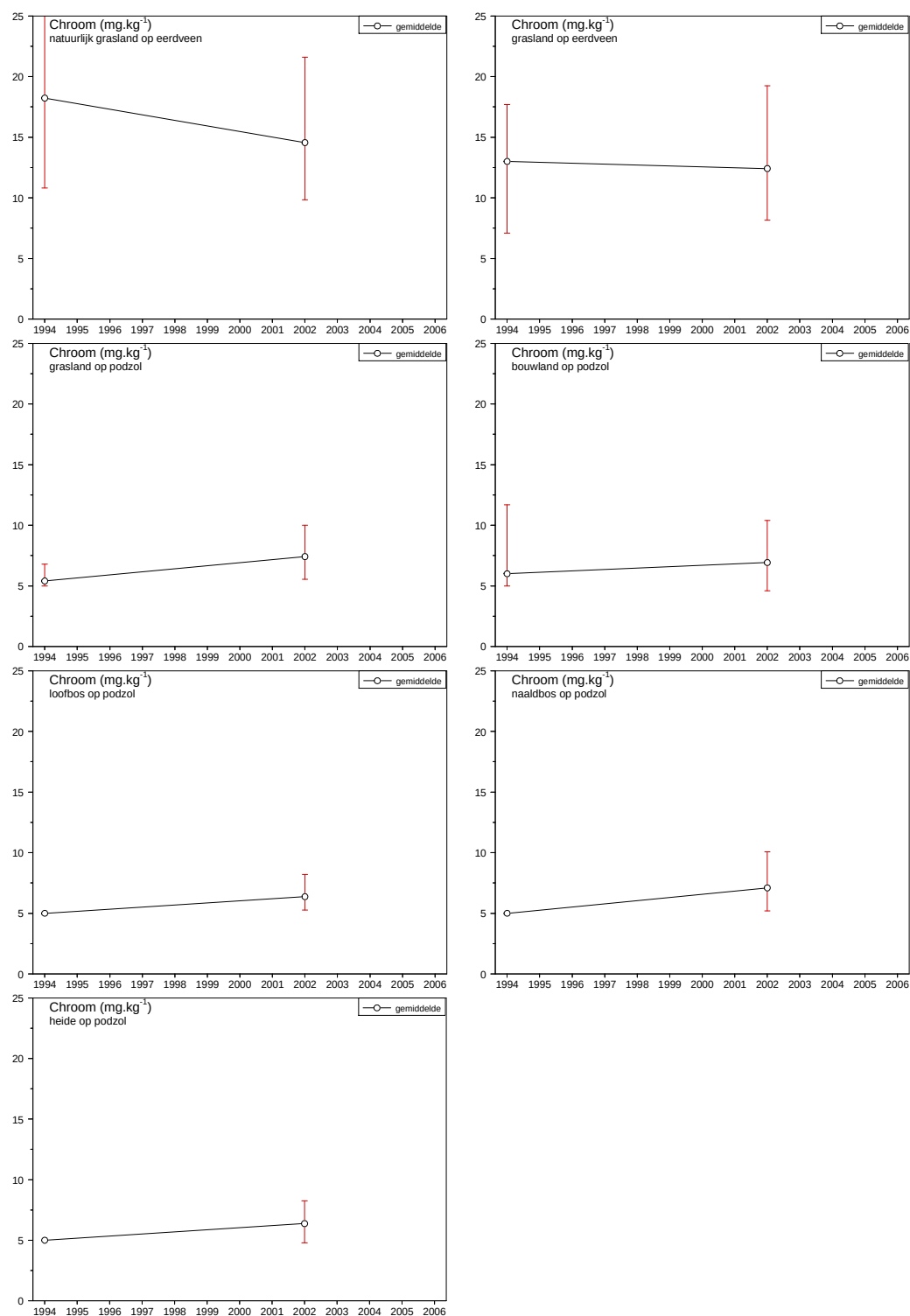
Figuur B26 Gemiddeld arseengehalte in de bodem en strooisellaag voor de zeven bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2002.

Cadmium



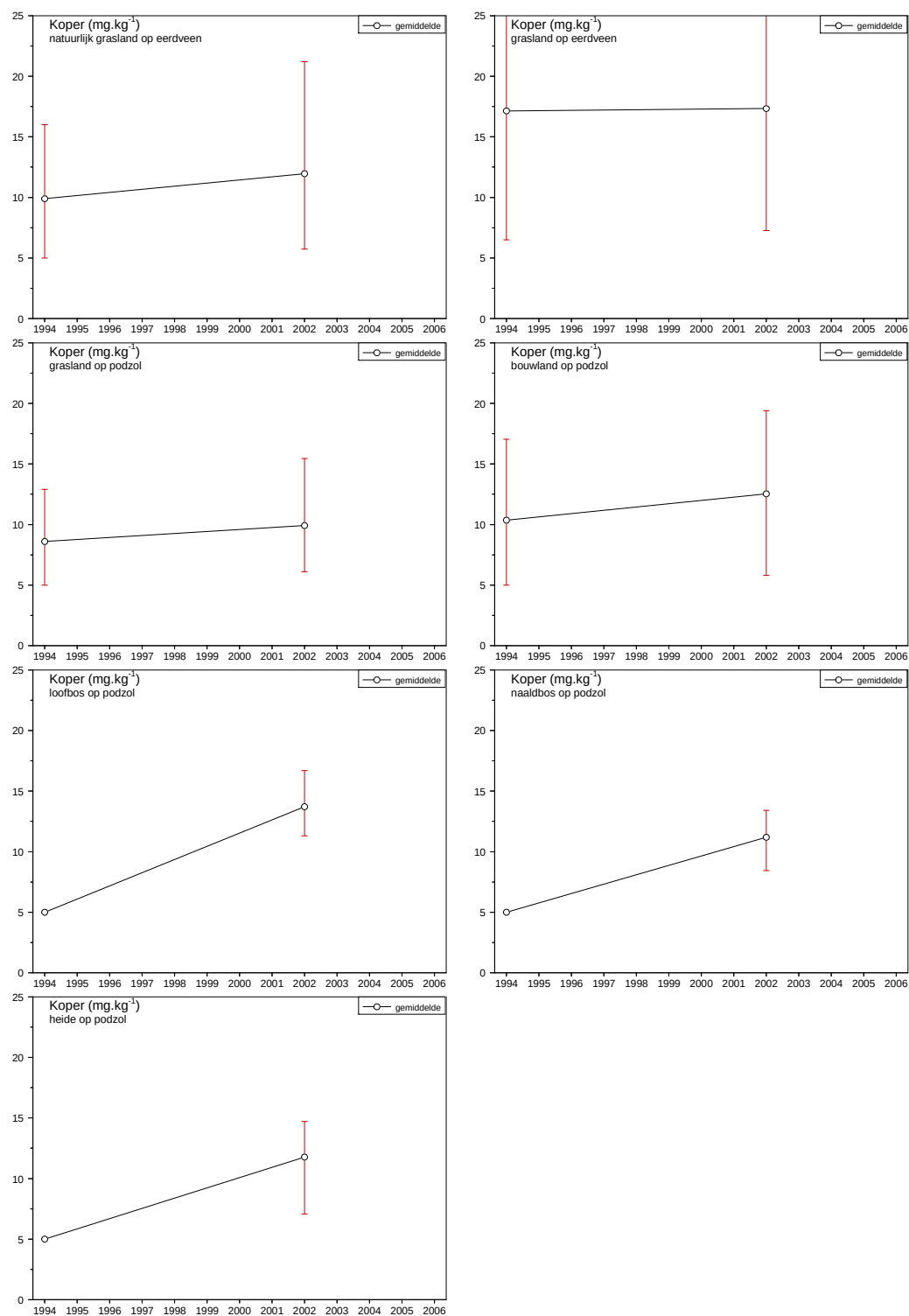
Figuur B27 Gemiddeld cadmiumgehalte in de bodem en strooisellaag voor de zeven bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2002.

Chroom



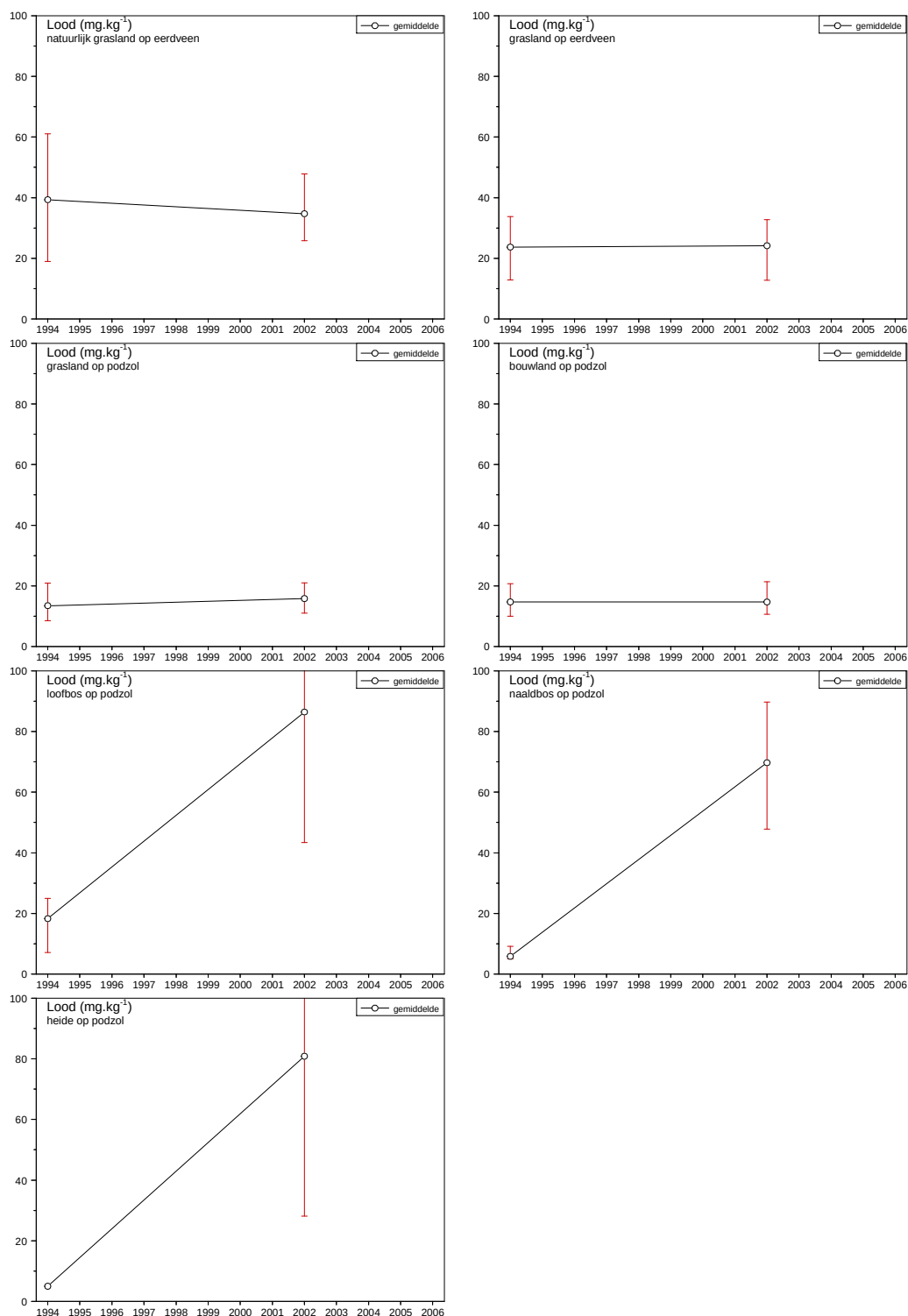
Figuur B28 Gemiddeld chroomgehalte in de bodem en strooisellaag voor de zeven bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2002.

Koper



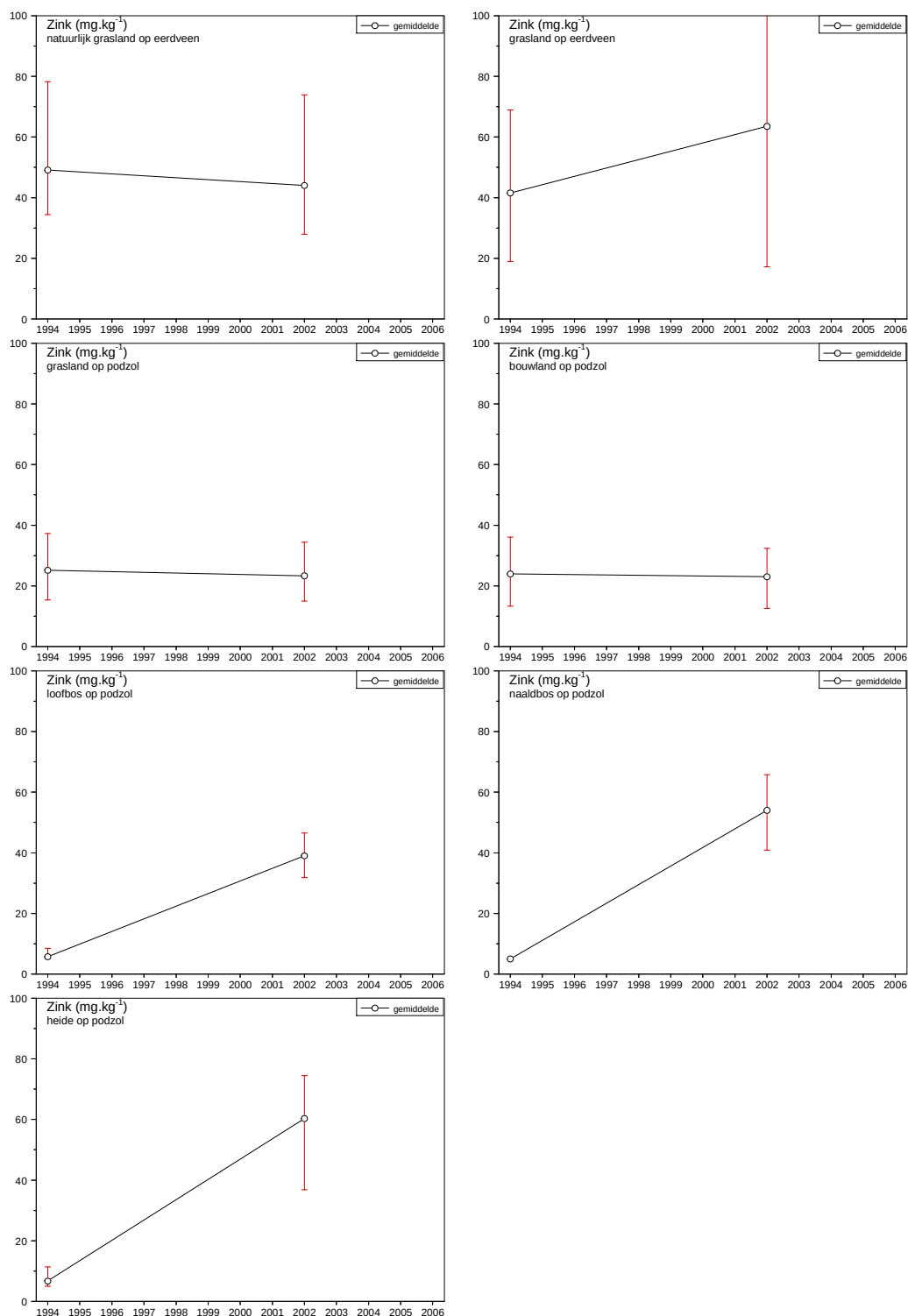
Figuur B29 Gemiddeld kopergehalte in de bodem en strooisellaag voor de zeven bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2002.

Lood



Figuur B30 Gemiddeld loodgehalte in de bodem en strooisellaag voor de zeven bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2002.

Zink



Figuur B31 Gemiddeld zinkgehalte in de bodem en strooisellaag voor de zeven bemonsterde homogene gebieden met de 5 en 95%-interval voor de meetperiode 1994 - 2002.

Bijlage 2 Gemiddelde indexcijfers voor nitraat voor de homogene deelgebieden natuurgronden in de Drentsche Aa en Elperstroom

Tabel B2.1 Gemiddelde indexcijfers voor de homogene deelgebieden natuurgronden in de Drentsche Aa.

Jaar	Loofbos op podzol		Naaldbos op podzol		Heide op podzol		Gem. index- cijfer
	gemeten NO ₃ - concentratie (mg.l ⁻¹ NO ₃)	index- cijfer	gemeten NO ₃ - concentratie (mg.l ⁻¹ NO ₃)	index- cijfer	gemeten NO ₃ - concentratie (mg.l ⁻¹ NO ₃)	index- cijfer	
1995	18.94	1.4240	10.43	1.3095	1.55	0.9475	1.2270
1996	8.72	0.6556	6.28	0.7878	0.73	0.4422	0.6285
1997	21.64	1.6271	11.52	1.4463	4.76	2.9019	1.9918
1998	39.68	2.9837	19.25	2.4168	2.81	1.7127	2.3711
1999	13.57	1.0201	7.08	0.8887	2.41	1.4680	1.1256
2000	10.67	0.8020	6.36	0.7981	1.48	0.9046	0.8349
2001	5.53	0.4160	8.73	1.0964	1.66	1.0124	0.8416
2002	4.65	0.3496	5.21	0.6546	1.20	0.7318	0.5787
2003	5.93	0.4461	9.12	1.1446	1.75	1.0673	0.8860
2004	10.52	0.7907	11.22	1.4082	0.85	0.5184	0.9058
2005	13.20	0.9925	5.70	0.7156	1.52	0.9270	0.8784
2006	20.23	1.5201	6.17	0.7742	1.22	0.7440	1.0128
2007	15.65	1.1767	6.37	0.7993	0.92	0.5611	0.8457
2008	5.70	0.4286	3.96	0.4972	0.90	0.5489	0.4915
2009	4.88	0.3672	2.09	0.2626	0.84	0.5123	0.3807
Gemid- deld	13.30	1.0000	8.38	1.0000	1.70	1.0000	1.0000

