

RIVM rapport 714801030/2004

De kwaliteit van ondiep en middeldiep grond-water in Nederland in het  
jaar 2000 en verandering daarvan in de periode 1984-2000

H.F.R. Reijnders, G. van Drecht, H.F. Prins, J.J.B. Bronswijk,  
L.J.M. Boumans



## INHOUD

ABSTRACT.....	5
SAMENVATTING.....	7
1. INLEIDING .....	9
1.1 HISTORIE LANDELIJK MEETNET GRONDWATERKWALITEIT .....	9
1.2 VERWACHTE INVLOEDEN OP DE GRONDWATERKWALITEIT .....	10
1.3 DOELSTELLING VAN HET RAPPORT .....	14
2. LANDELIJKE EN PROVINCIALE MEETNETTEN GRONDWATERKWALITEIT.....	14
2.1 LOCATIE VAN WAARNEMINGSPUTTEN, FILTERDIEPTE EN BEMONSTERING .....	14
2.2 CHEMISCHE ANALYSE.....	15
2.3 BESTAND VAN GRONDWATERKWALITEITSGEGEVENS .....	17
2.4 KWALITEITSDOELSTELLINGEN.....	22
2.5 TOELICHTING BIJ KAARTEN, FIGUREN EN TABELLEN.....	23
3. RESULTATEN .....	26
3.1 CHLORIDE.....	26
3.2 PH.....	30
3.3 SULFAAT.....	32
3.4 ALUMINIUM.....	34
3.5 STIKSTOF .....	36
3.6 NITRAAT.....	36
3.7 AMMONIUM.....	40
3.8 TOTAAL-P.....	42
3.9 KALIUM .....	44
3.10 ARSEEN .....	46
3.11 LOOD .....	48
3.12 CHROOM.....	50
3.13 NIKKEL .....	52
3.14 CADMIUM .....	54
3.15 ZINK .....	56
3.16 KOPER .....	58
3.17 DIAGNOSE SPORENELEMENTEN IN GRONDWATER.....	60
4. CONCLUSIE .....	63
LITERATUUR.....	65
BIJLAGE 1 Grondwaterkwaliteit en onzekerheid per component .....	69
BIJLAGE 2 Controles.....	123
BIJLAGE 3 Inter- en extrapolatie van waarnemingstijdreeksen .....	123
BIJLAGE 4 Geografische informatie .....	123
BIJLAGE 5 Representativiteit.....	123
BIJLAGE 6 Percentage oppervlakte boven de streefwaarde uit de Circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering.....	123





## ABSTRACT

This report documents the quality of shallow (about 10 m below surface level) and medium-deep (about 25 m below surface level) groundwater in the Netherlands in the 1984-2000 period. Observations were grouped according to groups of eco-district areas. The observed concentrations were compared with environmental quality objectives for groundwater. The percentage of the surface with groundwater at concentrations exceeding the environmental quality objectives (%OBS) was calculated and depicted in maps for 2000. Maps showing the change in %OBS in the 1984-2000 period are also presented. In the sandy and loess areas, high %OBS (at least > 10%) are shown for nitrate, potassium and aluminium that are the effect of a combination of over-fertilisation, acidification and aggravation of drought. The effects highly resemble each other and are therefore not discernible. The %OBS that is observed in the shallow groundwater is often found to be higher than the %OBS in the medium-deep groundwater. Specifically, increased concentrations for cadmium, nickel and zinc occurs in the sandy area of the southern Netherlands. It is most plausible that the elevated concentrations represent the effect of a combination of over-fertilisation, acidification, aggravation of drought and the properties of the subsoil (poor, pyrite-containing), and not the effect of transport due to the burdening of the subsoil (caused by direct burdening with trace elements from the metal industry or fertiliser/manure). In clay and peat areas, high %OBS are found for chloride, sulphate, ammonium, phosphate and potassium as a result of marine deposits. Often the %OBS observed in medium-deep groundwater are higher than in shallow groundwater. The %OBS for arsenic is inherently high in the marine clay and peat areas. In general, the groundwater quality did not change much in the 1984-2000 period. Only the concentration of chloride shows a decrease. This corresponds with the observed decrease in the chloride load on the soil in the Netherlands.



## SAMENVATTING

In 1996 is gerapporteerd over de grondwaterkwaliteit in 1993 en de verandering van de grondwaterkwaliteit in de periode 1984-1993 op basis van waarnemingen uit het Landelijk Meetnet Grondwater (LMG) en de Provinciale Meetnetten Grondwater (PMG). Inmiddels zijn waarnemingen van een langere periode beschikbaar. De doelstelling van dit rapport is een actualisering van het landelijk beeld van de grondwaterkwaliteit. De actualisatie heeft betrekking op een langere waarnemingsperiode: 1984-2000. Verder zijn uitbijters uit het LMG/PMG-bestand verwijderd en is gebruik gemaakt van verbeterde geografische informatie (LGN 3). Ook de wijze van gegevensbewerking en -presentatie is veranderd.

De waarnemingen zijn gegroepeerd in zogenaamde ecodistrictgroepen. De gemeten concentraties zijn vergeleken met milieukwaliteitsdoelstellingen, vooral streefwaarden. Per ecodistrictgroep is het percentage waarnemingen boven een kwaliteitsdoelstelling omgerekend naar een percentage oppervlakte met grondwater met concentraties boven de kwaliteitsdoelstelling voor het jaar 2000. Hierbij is gewogen naar de hoofdklassen van landgebruik (landbouw, natuur en bebouwd). Ook zijn kaartjes gepresenteerd met de verandering tussen 1984 en 2000 van het % oppervlak waar het grondwater een concentratie boven de kwaliteitsdoelstelling heeft.

In het ondiepe grondwater in de zand- en lössgebieden worden hoge percentages Oppervlakte Boven de Streefwaarde (%OBS tenminste > 10%) gevonden voor nitraat, kalium en aluminium, door effecten van vermisting, verzuring en verdroging. Hierbij zijn de gevonden concentraties in het ondiepe grondwater vaak hoger dan in het middeldiepe grondwater. De effecten van genoemde thema's op de grondwaterkwaliteit lijken veel op elkaar, komen veelal gezamenlijk voor en zijn daardoor niet onderscheidbaar. Specifiek in het zuid-Nederlandse zandgebied komen verhoogde concentraties van cadmium, nikkel en zink voor. Het meest aannemelijk is dat dit het gevolg is van vermisting, verzuring en/of verdroging in combinatie met de eigenschappen van de ondergrond (arm, pyriethoudend) en niet van transport vanaf het bodemoppervlak (directe belasting van metalen vanuit metaalindustrie of mest).

In de zeeklei-/veengebieden worden hoge %OBS gevonden voor chloride, sulfaat, ammonium, fosfaat en kalium. Deze concentraties zijn van nature hoog door de aanwezigheid van mariene afzettingen in de ondergrond. Hierbij zijn vaak de %OBS voor het middeldiepe grondwater hoger dan voor het ondiepe grondwater.

In het rivierengebied is alleen voor arseen het %OBS hoog. Dit heeft een natuurlijke oorsprong. Voor alle andere stoffen zijn de %OBS hier het laagst.

Over het algemeen is de grondwaterkwaliteit in Nederland tussen 1984 en 2000 weinig veranderd, waarschijnlijk omdat voor veel stoffen (waaronder stikstof) de bodembelasting in de afgelopen 25 jaar weinig veranderde. In ondiep grondwater onder gras/maïs op zand stijgt de concentratie van kalium. De concentratie van chloride vertoont een daling. De daling valt samen met de daling van de chloridebelasting van de Nederlandse bodem.



## 1. INLEIDING

### 1.1 HISTORIE LANDELIJK MEETNET GRONDWATERKWALITEIT

Het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) is ingericht In de periode van 1978 tot en met 1984.

Het doel van het meetnet is (citaat uit Duijvenbooden et al., 1985):

1. Inventarisatie van de kwaliteit van het grondwater in het afdekkende en bovenste watervoerend pakket, gerelateerd aan grondsoort, grondgebruik en geohydrologische situatie;
2. Het onderkennen van kwaliteitsveranderingen in het grondwater op langere termijn;
3. Het verschaffen van informatie, nodig om een wetenschappelijk verantwoord kwalitatief beheer van de bodem mogelijk te maken en in verband hiermee;
4. Het aangeven van de omvang van de menselijke invloeden op de grondwaterkwaliteit;
5. Het inbrengen van kwaliteitsgegevens bij het gebruik van operationele beheersmodellen.

Sinds 1989 zijn een aantal Provinciale Meetnetten Grondwaterkwaliteit (PMG) ingericht. De inrichting en de bemonstering komt overeen met die van het LMG. Per 1997 is de bemonstering van het LMG geoptimaliseerd (Wever en Bronswijk, 1997).

De meetresultaten en de interpretatie ervan zijn onder andere beschreven in onderzoeksrapporten en in algemene milieukwaliteitsrapportages. Belangrijke rapportages zijn:

1. Beleidsrelevante milieurapportages:
  - Milieudiagnose 1991 (RIVM, 1992);
  - CCRX-jaarverslagen 1992, 1993, bijdragen diepe grondwaterkwaliteit (CCRX, 1993a, CCRX, 1993b);
  - Milieurapportage 1993 (RIVM, 1993);
  - Jaarlijks in de Milieubalans; Het Nederlandse milieu verklaard;
  - Jaarlijks in het Milieucompendium 2000; Het milieu in cijfers;
  - Minas en Milieu; Balans en Verkenning (Milieu- en Natuurplanbureau RIVM, 2002);
  - Landenrapportage EU-nitraatrichtlijn (Fraters et al., 2000).
2. Methoden
  - Geochemical and statistical interpretation of the Dutch national groundwater quality monitoring network (Frapporti, 1994). Frapporti deelt de monsters in naar een aantal homogene watertypen. Hij onderscheidt zeewater, verzoetingswater, oppervlaktewater en de groepen kalk/reductie, kalk, regenwater en verontreinigd. Daarna worden voor elk filter verschillende trend-indicatoren uitgerekend. Tenslotte doet Frapporti per groep een toets op de aanwezigheid van trend;
  - Een landsdekkend beeld van de Nederlandse grondwaterkwaliteit (Pebesma en Kwaadsteniet, 1994a);
  - Een landsdekkend beeld van de verandering in de Nederlandse grondwaterkwaliteit op 5 tot 17 meter diepte: een vooruitblik (Pebesma en Kwaadsteniet, 1994b);
  - Mapping groundwater quality in the Netherlands (Pebesma en Kwaadsteniet, 1997; Pebesma, 1996). Pebesma maakte gebruik van geostatistiek om de grondwaterkwaliteit in kaart te brengen. Deze kaarten zijn bedoeld voor de validatie van grondwaterkwaliteitsmodellen en optimalisatie van het grondwaterkwaliteitsmeetnet;

- Strategies for regional groundwater quality monitoring (Broers, 2002). Broers presenteert en evalueert statistische methoden voor de beschrijving van de grondwaterkwaliteit. Ook probeert Broers de grondwaterkwaliteit te verklaren door gebruik te maken van procesmodellen.
3. Presentatie grondwaterkwaliteit, verandering daarvan en diagnose:
- Rapportages over de grondwaterkwaliteit in Nederland (Duijvenbooden et al., 1985; Gast et al., 1985; Duijvenbooden et al., 1989; Snelting et al., 1982-1992);
  - Landelijk beeld grondwaterkwaliteit, methode en resultaten voor nitraat (Drecht et al., 1994);
  - De kwaliteit van het grondwater op een diepte tussen 5 en 30 meter in Nederland in het jaar 1992 en de verandering daarvan in de periode 1984-1993 (Drecht et al., 1996b). In deze rapporten grondwaterkwaliteit langs statistische weg beschreven. Hierbij worden statistische methoden gebruikt waarbij zo min mogelijk statistische vooronderstellingen zijn gemaakt. Er worden verklaringen gegeven voor de waargenomen grondwaterkwaliteit en de veranderingen daarin;
  - De kwaliteit van het grondwater in Nederland (Reijnders et al., 1997a);
  - The Quality of the Groundwater in the Netherlands (Reijnders et al., 1998).

## 1.2 VERWACHTE INVLOEDEN OP DE GRONDWATERKwaliteit

De milieuthema's die naar verwachting invloed hebben op de grondwaterkwaliteit in Nederland zijn: verzuring, vermesting, verspreiding en verdroging.

**Verzuring** is het gevolg van de uitstoot van zwaveloxiden, stikstofoxiden en ammoniak in de atmosfeer en de vorming van zuur uiteindelijk in de bodem. Het beleid is gericht op de vermindering van de emissies. Onder **vermesting** verstaan we een overmaat van nutriënten (waaronder nitraat, fosfaat en kalium) in bodem en water, die leidt tot ontregeling van ecologische processen en bedreiging van drinkwaterbronnen. **Verspreiding** betreft de belasting van bodem, water en lucht met stoffen, straling en organismen. Het betreft bijvoorbeeld sporenelementen en bestrijdingsmiddelen en hun risico's voor mens en ecosysteem. **Verdroging** heeft betrekking op de daling van grondwaterstanden in natuurgebieden, resulterend in vochttekorten voor vegetatie en een verandering van samenstelling van het water.

Hierna worden de verwachte effecten van de genoemde vier thema's op de grondwaterkwaliteit kort beschreven. Omdat de effecten meestal niet tot één thema beperkt zijn, worden sommige thema's gezamenlijk beschreven. Tabel 1.2.A geeft een overzicht van de diffuse bodembelasting voor de componenten die in het LMG en de PMG zijn gemeten en waarvoor kwaliteitsdoelstellingen beschikbaar zijn. Voor deze tabel is gebruik gemaakt van diverse bronnen zoals (Fraters et al., 1991; Eerdt et al., 1999; RIVM, 2000; CBS, 1998b; CBS, 1998a; Fong, 2000; CBS, 1992; Henkes, 1994; Boschloo en Stolk, 1999; Stolk, 2001). De gegevens gelden voor een periode van 5 tot 15 jaar terug.

### Verzuring

NH<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> en SO<sub>x</sub> worden gasvormig geëmitteerd door de landbouw, industrie en verkeer. De emissie van SO<sub>x</sub> is vanaf 1981 sterk gedaald. Deze stoffen komen op het bodemoppervlak terecht door atmosferische depositie en worden in de bodem omgezet in nitraat en sulfaat. Hierbij wordt zuur gevormd. In natuurgebieden op droge zandgrond treedt hierdoor extra verweering op. Naast nitraat en sulfaat gaan meer aluminium en sporenelementen uit de vaste bodem in het grondwater in oplossing. Tevens wordt door de hogere zuurgraad (lagere pH) de mobiliteit van de sporenelementen hoger. Door de locatie van industriële en bewoonde gebieden en de overheersende windrichting is de SO<sub>x</sub>-depositie in het zuiden hoger dan in het noorden van Nederland. Het zuiden heeft ook meer en intensievere land-

bouw dan het noorden. De  $\text{NH}_x$  depositie is daardoor in het zuiden eveneens groter. Onder natuur zullen in de zuidelijke provincies van Nederland de gevolgen van verzuring op de sporenelementenconcentraties in het grondwater daarom het duidelijkst zijn. De verwachting is dat in het zuiden meer nitraat, sulfaat, aluminium en mogelijk meer sporenelementen in het grondwater worden aangetroffen dan in het noorden.

#### Verzuring/vermesting

In de zandgebieden wordt de landbouwgrond bekalkt en daardoor wordt de pH kunstmatig hoog gehouden (pH in de buurt van 6,5). Zure atmosferische depositie wordt hierdoor gebufferd. In plaats van aluminium komt meer calcium in het grondwater. De mineralen met daarin sporenelementen verwerken minder en daardoor is mobiliteit van sporenelementen minder. Daarnaast wordt de bodem ook belast met stoffen uit kunstmest en dierlijke mest (kalium, natrium, magnesium, calcium, chloride, stikstof, fosfaat, sulfaat en sporenelementen). Zowel in natuur- als landbouwgebieden spoelen door verzuring en vermesting oplosbare zouten (nitraten, sulfaten, chloriden) extra uit. De directe effecten van verzuring (lagere pH) en vermesting (hogere pH) blijven beperkt tot de bouwvoor maar opgeloste zouten stromen wel in grotere hoeveelheden door naar de ondergrond. Een hogere concentratie van zouten in de ondergrond kan tot gevolg hebben dat deze zouten sorberen waardoor de pH daalt en aluminium en sporenelementen in het grondwater komen (de-sorberen).

#### Verdroging

Na daling van de grondwaterstand kan minder grondwater worden nageleverd aan de vegetatie voor verdamping. Het neerslagoverschot neemt dan toe en de concentratie van chloride daalt hierdoor (Frapporti et al., 1994). Grondwateronttrekking voor de beregening van landbouwgewassen leidt tot hogere concentraties van chloride door toevoer uit het beregeningswater. Door grondwaterstandsverlaging kunnen in de ondergrond anaërobe stoffen oxideren (bijvoorbeeld pyriet). Hierdoor kan de pH dalen en neemt de concentratie van sulfaat toe en mogelijk ook de concentratie van sporenelementen. Bij een diepe grondwaterstand spoelt meer nitraat uit door verminderde omzetting.

#### Verzuring/vermesting/verdroging

De pH en de concentratie van sulfaat, aluminium en nitraat geven een indicatie voor de effecten van verzuring, vermesting en verdroging als gevolg van industrie, verkeer, bebouwing en landbouw. Nitraat dat uitspoelt met het neerslagoverschot kan in de diepere ondergrond worden omgezet waarbij sporenelementen uit de bodem oplossen. Dit proces treedt op in gebieden waar ijzer- (pyriet) en mangaansulfiden voorkomen. Indien organische stof in de ondergrond aanwezig is kan de concentratie van zouten (hardheid) in het grondwater door de omzetting van nitraat toenemen. Door grondwaterstands-daling (verdroging), een gevolg van ondermeer de drinkwaterwinning, spoelt meer nitraat uit en daardoor worden de gevolgen van verzuring en vermesting nog beter merkbaar in het diepere grondwater. Hogere concentraties van sporenelementen die zijn veroorzaakt door omzetting van pyrietachtige verbindingen gaan samen met hogere concentraties van ijzer-, mangaan- en arseen- en vooral hogere concentraties van sulfaat.

Tabel 1.2.A: Aanvoer van enkele hoofdcomponenten en sporenelementen op landbouwgronden en een geschatte aanvoer in 1997.

bron	jaar	dierlijke mest g/ha.a	kunstmest g/ha.a	totaal in mest op landbouw <sup>1</sup> g/ha.a	zuiverings- slib g/ha.a	bestrijdings- middelen + GFT g/ha.a	atmos. dep. droog g/ha.a	atmos. dep. conc. mg/L	atmos. dep. nat g/ha.a	atmos. dep. totaal g/ha.a	belasting totaal g/ha.a	atmos. dep. % van totaal <sup>2</sup>
chloride	1983-87							4.2	36210	36210	-	
	1980			148655						-	-	
	1989									-	-	
	1997									-	-	
sulfaat-S	1983-87							2.0	17600	-	-	
	1989									-	-	
	1997									-	-	
	1998			148655				0.9	9920	37062	185717	20
zwavel	1983-87						8000	0.90	7072	15073	-	
	1989									-	-	
	1997									-	-	
	1999			15000			8000	0.90	7072	15073	30073	50
nitraat-N	1983-87							0.76	6580	6580	-	
	1989									-	-	
	1997									-	-	
	1998							0.48		-	-	
ammonium-N	1983-87						5740	1.6	13860	9800	-	2
	1989									-	-	
	1997									-	-	
	1998							0.9		-	-	
stikstof-N	1983-87						21700		8260	29960	-	6
	1986									41737	541591	8
	1989			552429						-	-	
	1995									38682	500828	8
totaal-P	1983-87							0.01	93	93	-	
	1986									994	78009	1
	1989			72360						-	-	
	1995									1018	61077	2
kalium	1983-87							0.2	1638	1638	-	
	1989			303412						-	-	
	1997			286496						-	-	
	1998			273222				0.15	1681	1681	274902	1
arsen	1983-87							<0.001	<6.5	<6.5	-	
	1989	4.2	1.8	6	0.3					4.2	10.5	40
	1997									-	-	
	1998									-	-	
lood	1983-87							0.017	143	143.0	-	
	1989	27	14	41	7					115	163	71
	1997			85						14	99	14
	1998							0.0021		-	-	
chromium	1983-87							< 0.0005	<4.5	-	-	
	1989									-	-	
	1997			23						1.4	24	6
	1998									-	-	
nikkel	1983-87							0.001	9.9	9.9	-	
	1989									-	-	
	1997			16						15	31	49
	1998									1.0	7.9	13
cadmium	1983-87							0.0002	1.9	1.9	-	
	1986									0.5	6.5	8
	1989	2.1	3.75	5.85	0.15					0.85	6.8	13
	1990									0.5	4.5	11
	1995									0.5	3.1	17
	1997	1.5	1	2.5	0	0				0.5	3	17
	1998							0.0002		1	3	17
	1999									1	3	17
zink	1983-87							0.023	197	128	1182	11
	1980									197	-	
	1986									65	1178	5
	1989	665	126	791	46	34				43	914	5
	1990									90	1132	8
	1995									51	1150	4
	1997	1125	30	1155	2	50				45	1252	3.6
	1998							0.0131		46	1171	4
koper	1983-87							0.0044	38	38	-	
	1980									39	670	6
	1986									45	566	8
	1989	340	13.5	353.5	14.5	6				11.5	388	3
	1990									25	484	5
	1995									10	407	2
	1997	350	30	380	0.5	15				10	406	2.5
	1998							0.0013		10	411	2
kwik	1983-87									10	400	3
	1980									10	400	3
	1989	0.25	0.25	0.5	0.1					0.85	1.45	59
	1997			0.3						0.1	0.4	33
1998							0.000014		-	-		

1: Lood, chromium, nikkel en kwik alleen overschot gevonden

2: Voor nitraat en ammonium ten opzicht van totaal stikstof



### Verspreiding/verzuring

Sporenelementen als arseen, lood, nikkel, cadmium en kwik en lood worden zowel door atmosferische depositie als door landbouw (kunstmest en dierlijke mest) in de bodem gebracht. Aanzienlijke afname van de atmosferische depositie wordt gevonden voor lood en kwik. Voor de meeste sporenelementen is de atmosferische depositie ten opzichte van vijftig jaar geleden gedaald. De depositie van lood is gedaald als gevolg van de invoering van de katalysator in auto's. De depositie van cadmium en zink is lager door de sanering van de metaalsmelterijen in zuid Nederland. De belasting van landbouwgrond met cadmium is in de jaren 90 afgenomen door de invoering van andere grondstoffen voor de productie van kunstmest. Het afgelopen decennium is de bodembelasting met sporenelementen uit dierlijke mest en kunstmest niet meer gedaald. (Groot et al., 2000). Voor 1984 werd arseen veel toegepast voor het doden van aardappelloof. Na het verbod van de toepassing van arseen in de landbouw is de belasting van de bodem scherp gedaald. Van alle sporenelementen, die voor het LMG zijn geanalyseerd (As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn), worden Cd en Zn het minst door de bodem gebonden (Schachtschabel et al., 1989). Bij belasting van de bodem met sporenelementen hebben de Cd en Zn de grootste kans om het grondwater te bereiken. Onder zuurdere omstandigheden zal een belasting van de bodem met deze sporenelementen hogere concentraties in het grondwater geven (Boumans en Meinardi, 1986). Het effect van verzuring en verspreiding werkt dan in dezelfde richting. Wilkens, (1995) vindt dat atmosferisch gedeponeerd Cd en Zn in de Kempen zo mobiel is dat de interventiewaarden voor grondwater in het bovenste grondwater worden overschreden. Van Cu en Pb is bekend dat hun concentraties vooral worden bepaald door complexeren met organische stof.

Landbouwgrond in het zandgebied wordt bekalkt. Hierdoor kunnen sporenelementen beter aan de bodem worden gebonden. Het grondwater is daardoor minder toegankelijk voor sporenelementen.

In tabel 1.2.B is per stof en milieuthema een indicatie gegeven van het mogelijk effect van bronnen op de grondwaterkwaliteit. De tabel is tot stand gekomen op basis van kennis van processen, grondwaterstroming en bodemchemie.

Tabel 1.2.B: Mogelijke effecten van bronnen op de grondwaterkwaliteit

Bron	thema	effect grondwater	Cl	pH	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Al	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	totaal-P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Fe	Mn	As	Pb	Cr	Ni	Cd	Zn	Cu
marien			++	-	+					+	+	+				-	-	-	-	-	-
landbouw	verzuring	natuur		-	+	+	+						+	+	+	+		+	+	+	
	vermesting	landbouw	+				+			+	+	+						+	+	+	+
	verdroging	natuur		-	+	+	+							+	+	+	+		+	+	+
		landbouw			+	+	+												+	+	+
	verspreiding	landbouw																		+	+
industrie (incl. Waterwinning)	verzuring	natuur		-	+	+	+						+	+	+	+		+	+	+	
	verdroging	natuur		-	+	+							+	+	+	+		+	+	+	
		stedelijk		-	+						+	+	+	+	+	+		+	+	+	
	verspreiding	natuur																		+	+
		landbouw																		+	+
verkeer	verzuring	natuur		-	+	+	+						+	+	+	+		+	+	+	
	verspreiding	stedelijk	+																	+	+
huishoudens	verzuring	natuur		-	+	+	+						+	+	+	+		+	+	+	
	vermesting	stedelijk			+		+	+	+	+						+	+	+	+	+	+

+: hoog; -: laag

### 1.3 DOELSTELLING VAN HET RAPPORT

Het doel van het voorliggende rapport is een actualisering van het landelijke beeld van de grondwaterkwaliteit in 1993 (Van Drecht et al., 1996b). Het actualiseren heeft betrekking op een langere waarnemingsperiode 1984-2000. Verder zijn uitbijters uit het bestand verwijderd en is gebruik gemaakt van verbeterde geografische informatie van het grondgebruik (LGN 3). Ook de wijze van presentatie is veranderd.

## 2. LANDELIJKE EN PROVINCIALE MEETNETTEN GRONDWATERKwalITEIT

### 2.1 LOCATIE VAN WAARNEMINGSPUTTEN, FILTERDIEPTE EN BEMONSTERING

Het LMG is ingericht met circa 400 waarnemingsputten die gelijkmatig over Nederland zijn verspreid. Sinds 1989 zijn ook afzonderlijke provinciale meetnetten voor het waarnemen van de grondwaterkwaliteit ingericht. De provinciale meetnetten komen wat betreft doelstelling en inrichting overeen met het LMG. Het aantal waarnemingsputten per provincie is ongeveer gelijk aan het aantal waarnemingsputten van LMG in de betreffende provincie. Bij de keuze van locaties van de PMG-waarnemingsputten is rekening gehouden met de reeds aanwezige waarnemingsputten van het LMG. In tabel 2.1.A zijn de aantallen bemonsterde waarnemingsputten voor LMG en PMG per jaar weergegeven.

Tabel 2.1.A: Aantal bemonsterde van waarnemingsputten van LMG en PMG per provincie in de periode 1984-2001<sup>1)</sup>.

gebied	Jaar																			
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001		
Nederland (LMG)	337	336	336	334	342	336	343	347	346	332	276	343	327	339	271	319	207	321		
Groningen							56	56	56	51	89	81	80	79	83	73	81			
Drenthe										51	51	51	51	58	58	58	58	58		
Overijssel										23	23	29	29	29	28	29	29	29		
Gelderland						52	56	57	56	57	54	54	53	55	54	52	53	50		
Utrecht								30	30	31	30	30								
Noord-Holland								15	38	49	52	53	60	28		77	2			
Zuid-Holland						41	41	40	38	39	40	39	38				35			
Noord-Brabant								33	65	64	64	65	66	66	66			49		
Limburg								21	30	28	31	27	30	42		42				
Friesland																				
Zeeland																				
Totaal	337	336	336	334	342	429	496	578	629	697	679	745	704	654	560	608	465	507		

1) exclusief oeverinfiltratie en havenslib, tenminste een waarneming van de concentratie van chloride beschikbaar.

De geografische ligging van de bemonsterde waarnemingsputten van LMG en PMG in Nederland in 2000 is aangegeven in respectievelijk figuur 2.3.C.a en 2.3.C.b. Waarnemingsputten in gebieden met oeverinfiltratie en havenslibdepots zijn niet gebruikt, omdat deze niet passen in een beschrijving van het landelijk beeld.

Uit de figuur 2.3.C.a blijkt dat in het LMG in gebieden met een diepe grondwaterspiegel (meer dan 2 m bijvoorbeeld in de Veluwe) en in gebieden met zout of brak grondwater (bijvoorbeeld noord Groningen) minder waarnemingsputten zijn geplaatst. In gebieden met een diepe grondwaterspiegel is de installatie en bemonstering van waarnemingsputten gecompliceerd. De grondwaterkwaliteit in waarnemingspunten in gebieden met zout of brak grondwater worden doorgaans niet door belasting van de bodem beïnvloed (door kwel) en zijn daardoor voor de doelstelling van het LMG minder relevant. Uit figuur 2.3.C.b blijkt dat in noord Groningen geen waarnemingsputten van het PMG zijn geplaatst. Hier is ook de reden dat het grondwater brak is. Van Drenthe, Overijssel en Gelderland zijn pas vanaf 1993 waarnemingen beschikbaar. Verder is de waarnemingsputdichtheid in de zandgebieden hoger dan het landelijke gemiddelde, omdat in de zandgebieden potentieel het gevaar voor grondwaterverontreiniging bestaat.

In elke waarnemingsput zijn drie filters aangebracht op diepten van circa 10 m, 15 m en 25 m -mv. Het filter op 15 m -mv is een reservefilter. In het LMG zijn de filters op diepten van 10 m en 25 m -mv jaarlijks bemonsterd. De waarnemingsputten van de PMG zijn ook jaarlijks bemonsterd. De bemonstering is beschreven door De Boer et al., 1990.

Per 1997 is de bemonstering van het LMG geoptimaliseerd. Na de optimalisatie worden alleen nog eerste filters (circa 10 m -mv) van de waarnemingsputten in de zandgebieden eens per jaar bemonsterd. In de overige gebieden worden de eerste filters eens per twee jaar bemonsterd. Alle derde filters (circa 25 m -mv) worden eens in de vier jaar bemonsterd. Ongeacht het bodemtype worden filters in het ondiepe grondwater eens in de vier jaar bemonsterd als alle voorgaande jaren de concentratie van chloride in het grondwater groter was dan 1 g/L (Wever en Bronswijk, 1997). Ook de Provincies hebben op vergelijkbare wijze hun meetnetten geoptimaliseerd. Uit de tabel blijkt dat het aantal bemonsterde waarnemingsputten van het LMG na de optimalisatie vanaf 1997 niet veel afneemt. De oorzaak hiervoor is dat door de optimalisatie meestal slechts één in plaats van twee filters van een waarnemingsput wordt bemonsterd. Over het geheel genomen kunnen voor de rapportage van de grondwaterkwaliteit in 2000 gegevens worden geselecteerd uit een bestand van circa 465 waarnemingsputten van het LMG en de vijf PMG.

## 2.2 CHEMISCHE ANALYSE

De grondwatermonsters worden geanalyseerd op:  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , Fe, Mn, totaal-P, DOC, pH, EC (elektrisch geleidingsvermogen) en de metalen/metaloiden Ba, Sr, Zn, Al, Cd, Ni, Cr, Cu, As en Pb. De metalen/metaloiden worden verder aangeduid met sporenelementen. Incidenteel zijn ook  $^3\text{H}$ ,  $\text{SiO}_2$ , zuurstof, TOC, bestrijdingsmiddelen, organische chloorverbindingen, organische somparameters (EOX, VOX) en lanthaniden geanalyseerd. De analyse van hoofdcomponenten en sporenelementen in grondwater is in het kwaliteitssysteem van het Laboratorium voor Anorganisch-analytische chemie beschreven (Laboratorium voor Anorganisch-analytische Chemie, 1990). De vaste gegevens over een waarnemingsput zijn samen met de resultaten van de analyses in een bestand geplaatst. In tabel 2.2.A is een overzicht gegeven van het aantal waarnemingen per component en per jaar voor de periode 1984-2001 (exclusief oeverinfiltratie en havenslib). Uit de tabel blijkt dat het aantal waarnemingen tussen 1989 tot 1995 toeneemt. Na 1995 daalt het aantal waarnemingen. De pH, de EC en  $\text{HCO}_3^-$  zijn voor 1993 in het laboratorium en na 1993 in het veld gemeten. Van sporen-

elementen en ijzer en mangaan zijn vanaf 1990 waarnemingen beschikbaar. Voor lood neemt het aantal waarnemingen na 1995 met circa een factor 2 af.

Tabel 2.2.A: Aantal waarnemingen in waarnemingsputten van het LMG en de PMG per component in het traject van 5 - 15 m -mv uit de periode 1984 - 2001 (exclusief oeverinfiltratie en havenslib)

component	jaren																			
	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001		
Ca <sup>2+</sup>	303	302	308	306	308	363	401	484	534	584	597	664	612	566	439	535	406	439		
K <sup>+</sup>	303	302	308	306	308	363	401	484	534	584	597	663	615	566	439	535	406	439		
Mg <sup>2+</sup>	306	302	308	306	308	363	401	484	534	584	597	664	614	566	439	535	406	439		
Na <sup>+</sup>	303	302	308	306	308	363	401	484	534	584	598	664	614	566	439	522	406	439		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> _N	306	302	308	306	308	363	401	484	534	241	591	664	615	565	439	535	406	439		
Fe	-	-	-	-	-	363	401	484	534	577	587	664	612	566	439	535	406	439		
Mn	-	-	-	-	-	58	401	484	534	561	560	664	587	537	413	509	406	393		
pH-lab	306	302	308	306	308	363	401	484	534	44	64	69	73	90	55	130	54	54		
pH-veld	-	-	-	-	-	222	217	247	348	529	577	623	584	532	439	506	402	380		
DOC_C	-	302	307	306	-	59	401	449	485	507	470	156	185	170	183	185	184	78		
EC-lab	306	302	308	306	308	363	401	484	534	44	64	69	73	90	55	130	54	54		
EC-veld	-	-	-	-	-	210	3	141	352	516	538	622	586	531	439	505	402	378		
Cl <sup>-</sup>	306	302	308	306	308	363	401	484	534	584	598	664	615	567	439	535	406	439		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	306	302	308	306	308	363	401	484	534	584	598	664	613	567	439	535	406	439		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -lab	306	302	308	306	308	363	401	483	534	245	258	660	236	242	220	221	173	144		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -veld	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	412	321	219	290	232	336		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> _N	306	302	308	306	308	363	401	484	534	584	598	664	615	567	439	535	406	439		
P-tot_P	306	302	308	306	308	363	401	484	233	574	575	664	615	567	439	535	406	439		
Al	-	40	34	306	-	-	401	473	534	584	598	664	614	566	439	535	406	439		
As	124	40	-	39	-	-	401	460	485	535	226	614	538	486	415	535	406	439		
Ba	-	-	-	-	-	35	401	449	485	584	549	614	538	486	413	509	406	393		
Cd	43	40	-	-	-	-	401	449	485	234	534	614	565	515	415	535	406	415		
Cr	43	-	-	-	-	-	401	449	183	197	226	614	538	486	415	535	406	415		
Cu	43	-	-	-	-	-	401	460	485	246	549	614	565	515	415	535	406	415		
Ni	124	-	-	-	-	-	401	455	485	246	226	614	538	486	415	535	406	415		
Pb	43	-	-	-	-	-	401	447	485	246	549	234	211	187	209	228	185	100		
Sr	-	-	-	-	-	-	371	449	485	556	503	567	491	431	334	454	352	315		
Zn	124	40	-	39	-	-	401	484	534	584	598	664	614	566	439	535	406	415		

1) exclusief oeverinfiltratie en havenslib.

### 2.3 BESTAND VAN GRONDWATERKWALITEITSGEGEVENS

Voordat gegevens in het bestand worden opgenomen worden deze:

- gecontroleerd (bijlage 2);
- geïnterpoleerd en geëxtrapoleerd (bijlage 3).

De filters van de waarnemingsputten van het LMG en de PMG zijn geclassificeerd naar hun diepte onder de gemiddelde grondwaterspiegel. Waarnemingen die worden gedaan in het “ondiep grondwater” zijn afkomstig van filters die zich bevinden in een waterlaag van 10 m te rekenen vanaf de grondwaterspiegel (GWS). Als de GWS ondieper is dan 1 m -mv wordt uitgegaan van een GWS op 1 m. Als de GWS ondieper is dan 10 m -mv worden filters alleen tot het ondiepe grondwater gerekend als de bovenkant van het filter tenminste 2 m onder de gemiddelde GWS staat. Middeldiep grondwater is een waterlaag van 20 m aansluitend op 10 m ondiep grondwater. Filters in het middeldiepe grondwater moeten tenminste 15 m diep liggen.

Codes van het grondgebruik, de grondsoort en de gebiedscode zijn toegevoegd aan het bestand. Voor de grondsoort is de kaart gebruikt die in bijlage 4 in figuur 1.A is afgebeeld. In bijlage 4 paragraaf 1 is aangegeven hoe deze kaart is afgeleid uit de digitale bodemkaart 1:50.000. Voor het grondgebruik is gebruik gemaakt van de kaart die is afgebeeld in bijlage 4 figuur 2.A. In bijlage 4 paragraaf 2 is beschreven hoe deze kaart is afgeleid uit het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 3 (LGN3, Wit et al., 1999). In figuur 2.3.A is de kaart weergegeven met eco-districtgroepen. In bijlage 4

paragrafen 3 en 4 is beschreven hoe eco-districtgroepen uit eco-districten zijn afgeleid. In figuur 2.3.B is de kaart weergegeven met eco-regio's. In bijlage 4 paragraaf 5 is beschreven hoe eco-regio's uit eco-districtgroepen zijn afgeleid.

Voor het landelijke beeld van de grondwaterkwaliteit zijn de waarnemingen geselecteerd naar eco-districtgroepen. De relatie van de grondwaterkwaliteit met de grondsoort, het grondgebruik en geohydrologische situatie zijn waarnemingen gegroepeerd naar grondgebruik en grondsoort per eco-regio. In de figuur 2.3.C.a-b zijn de waarnemingsputten voor het LMG en de PMG weergegeven. De verdeling van de waarnemingsputten en oppervlakte over de eco-districtgroepen is beschreven in tabel 2.3.A en in bijlage 5.

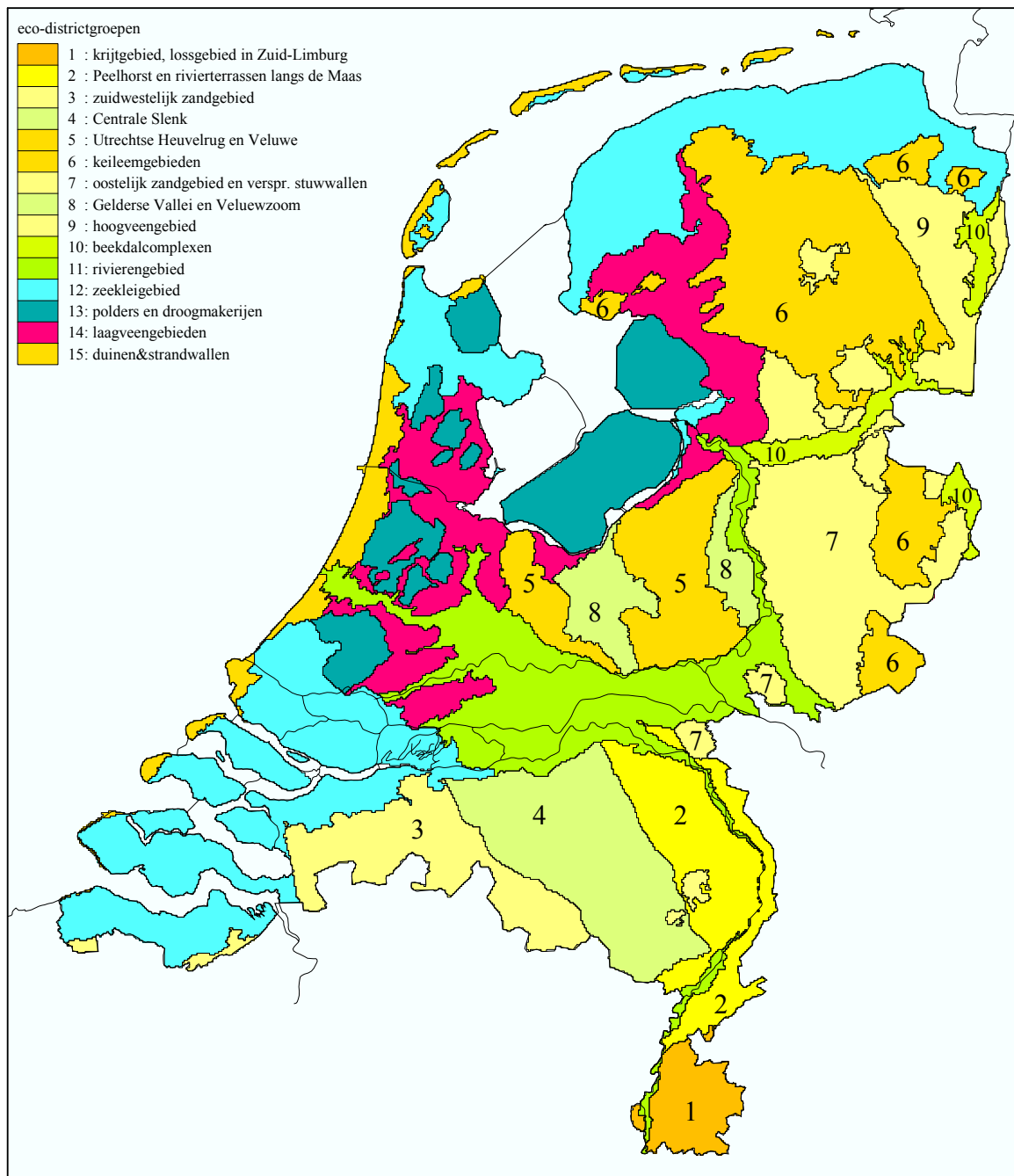
*Tabel 2.3.A: Verdeling van het aantal waarnemingsputten en oppervlakte per eco-districtgroep*

groep nr	eco-districtgroep	waarnemingen		oppervlakte
		aantal	%	%
1	Duinen en strandwallen	41	6.8	2.6
2	Laagveengebieden	36	6.0	9.0
3	Polders en droogmakerijen	23	3.8	7.6
4	Zeekleigebieden	50	8.3	20.9
5	Rivierengebied	43	7.1	9.5
6	Beekdalcomplexen	26	4.3	1.9
7	Hoogveengebied	46	7.6	4.1
8	Gelderse Vallei en Veluwezoom	15	2.5	2.4
9	Oostelijk dekzandgebied met geïsoleerde stuwwallen	53	8.8	7.8
10	Keileembgebieden	95	15.7	11.8
11	Utrechtse Heuvelrug en Veluwe	31	5.1	4.8
12	Centrale Slenk	50	8.3	6.3
13	Zuidwestelijk zandgebied	43	7.1	4.5
14	Peelhorst en oude rivierterrassen	43	7.1	5.1
15	Krijt- en lössgebied	9	1.5	1.7
Totaal		604	100	100.0

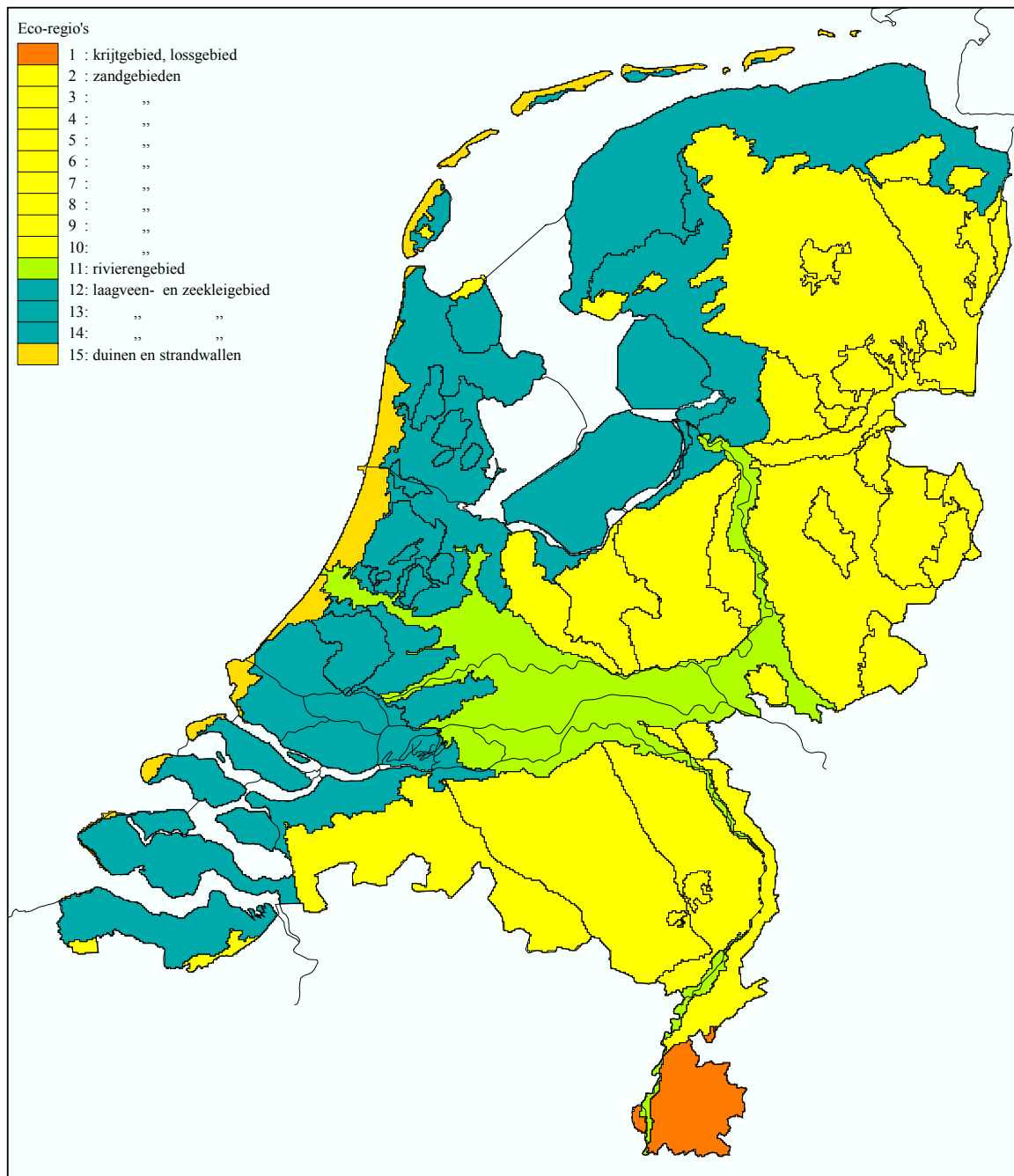
In de figuren 2.3.C.c-i zijn de locaties van de waarnemingsputten voor de belangrijkste combinaties van grondgebruik, grondsoort en eco-regio aangegeven in kaartjes van Nederland. De verdeling van de waarnemingsputten en de oppervlakte per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio is gegeven in tabel 2.3.B en in bijlage 5.

*Tabel 2.3.B: De verdeling van het aantal waarnemingsputten en oppervlakte per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio*

groep nr	code	Eco-regio		grondgebruik klasse	grondsoort klasse	waarnemingen		oppervlakte
		nr	naam			aantal	%	%
1	b/dz	5	duinen en strandwallen	bos (+natuur)	(duin-)zand	20	4	2
2	t/dz	5	duinen en strandwallen	tuinbouw	(duin-)zand	9	2	0.2
3	g/v	4	zeeklei-, laagveengeb.	gras	veen	25	5	7
4	g/zk	4	zeeklei-, laagveengeb.	gras	zeeklei	19	4	11
5	a/zk	4	zeeklei-, laagveengeb.	akkerbouw	zeeklei	28	6	18
6	s/zk	4	zeeklei-, laagveengeb.	bebouwd	zeeklei/veen	11	2	5
7	g-m/rk	3	rivierengebied	gras	rivierklei	22	5	7
8	s/rk	3	rivierengebied	bebouwd	rivierklei	5	1	2
9	g-m/z	2	zandgebieden	gras	zand	176	38	28
10	a/z	2	zandgebieden	akkerbouw	zand	49	10	4
11	b/z	2	zandgebieden	bos (+natuur)	zand	67	14	10
12	s/z	2	zandgebieden	bebouwd	zand	38	8	6
totaal						469	100	100

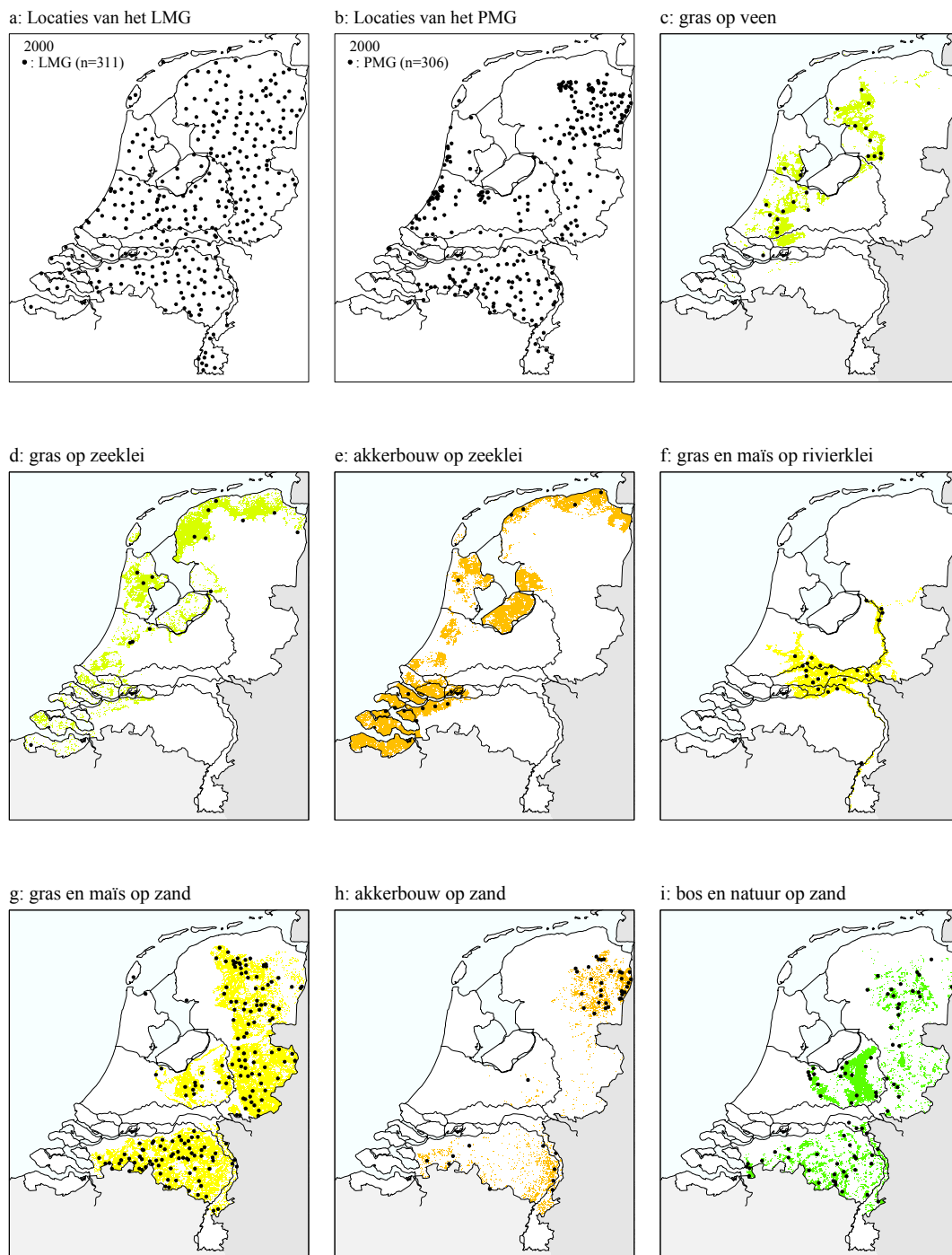


Figuur 2.3.A: Eco-districtgroepen op basis van de eco-districten.



Figuur 2.3.B: Eco-regio's.





*Figuur 2.3.C: Ligging van de belangrijkste combinaties grondgebruik (LGN3) en grondsoort (bodemkaart) per eco-regio.*

Aangegeven: c: gras op veen in het laagveen- zeekleigebied (g/v), d: gras op zeeklei in het laagveen- zeekleigebied (g/zk), e: akkerbouw op zeeklei in het laagveen- zeekleigebied (a/zk), f: gras en maïs in het rivierengebied (g-m/rk), g: gras en maïs in de zandgebieden (g-m/z), h: akkerbouw in de zandgebieden (a/z), i: bos en natuur in de zandgebieden (b/z).

## 2.4 KWALITEITSDOELSTELLINGEN

In het rapport van Van Drecht et al., 1996a zijn waarnemingen van de grondwaterkwaliteit vergeleken met kwaliteitsdoelstellingen die vanuit het milieubeleid voor grondwater of drinkwater worden gehanteerd. Een drinkwaternorm wordt gebruikt als een streefwaarde ontbreekt en de drinkwaternorm hoger is dan de achtergrondconcentratie. Hiermee komt tot uitdrukking in welke mate de grondwatervoorraad voor de productie van voor menselijke consumptie geschikt drinkwater door belasting van de bodem wordt beperkt. De kwaliteitsdoelstellingen zijn ontleend aan circulaire en beleidsnotities, Nederlandse wetten en aan EU-richtlijnen. De kwaliteitsdoelstellingen die in het voorliggende rapport worden gehanteerd zijn in volgorde van prioriteit ontleend aan de Circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering (circulaire SIB, VROM, 2000), de notitie Integrale Normstelling Stoffen - Milieukwaliteitsnormen bodem, water, lucht- (INS-notitie, Stuurgroep Integrale Normstelling Stoffen, 1999), het Beleidsstandpunt over de Notitie MILieukwaliteitsdoelstellingen BODEM en WATER (MIL-BOWA-notitie, Tweede Kamer der Staten-Generaal en VROM, 1992) en het Besluit van 9 januari 2001 tot wijziging Waterleidingbesluit (VROM, 2001). De gebruikte kwaliteitsdoelstellingen uit de verschillende documenten zijn voor de stoffen waarover hier wordt gerapporteerd in tabel 2.4.A samengevat.

Tabel 2.4.A: Kwaliteitsdoelstellingen de diverse beleidsdocumenten en AMvB's

component	SIB-circulaire <sup>2)</sup>		INS-notitie		Milbowa	wijziging 2001 Drinkwater- besluit	kwaliteits- doelstelling in dit rapport	bepalings- grens	Eenheid
	SW-ondiep	SW-diep	SW-ondiep	SW-diep					
Chloride	100	100	100	100	100	150	100	0.1	mg/L
pH <sup>1)</sup>							5		
Sulfaat			150	150	150	150	150	0.1	mg/L
Aluminium						200	200	15	µg/L
Nitraat-N			5.6	5.6	5.6	11.3	5.6	0.03	mg/L
Ammonium-N								0.01	mg/L
zandgebieden <sup>3)</sup>			2	2	2	0.2	2		mg/L
klei- en veengebieden			10	10	10	0.2	10		mg/L
P-totaal								0.06	mg/L
zandgebieden <sup>3)</sup>			0.4	0.4	0.4		0.4		mg/L
klei- en veengebieden			3	3	3		3		mg/L
Kalium							12	0.04	mg/L
Arseen	10	7.2	10	7.2	10	10	10	0.15	µg/L
Lood	15	1.7	15	1.7	15	10	15	-	µg/L
Chroom	1	2.5	1	2.5	1	50	1	0.7	µg/L
Nikkel	15	2.1	15	2.1	15	20	15	0.7	µg/L
Cadmium	0.40	0.06	0.4	0.06	0.40	5	0.40	0.1	µg/L
Zink	65	24	65	24	65	3000	65	6.5	µg/L
Koper	15	1.3	15	1.3	15	2000	15	0.7	µg/L

1: De waarde voor de pH is ontleend aan Van Drecht et al., 1996;

2: SW = streefwaarde.

3: zandgebieden inclusief duinen en standwallen, rivierengebied en krijt- en lössgebied

In de SIB-circulaire en de INS-notitie worden streefwaarden gehanteerd. Streefwaarden zijn gedefinieerd als het milieukwaliteitsniveau voor een bepaald compartiment waarbij de nadelige effecten voor mensen en ecosystemen verwaarloosbaar worden geacht. Streefwaarden geven het (lange-termijn) einddoel aan voor de te realiseren grondwaterkwaliteit in Nederland (Tweede Kamer der Staten-Generaal en VROM, 1992). In de SIB-circulaire en de INS-notitie zijn streefwaarden voor ondiep en diep grondwater onderscheiden. De reden voor het onderscheid wordt gemaakt omdat er een "... verschil is in achtergrondconcentraties tussen ondiep en diep grondwater (citaat uit circulaire)". Een grens van 10 m wordt gebruikt als onderscheid tussen diep en ondiep. Besloten is om bij het actualiseren van de rapportage over de kwaliteit van het ondiepe en middeldiepe grondwater uit te gaan van de streef-

waarden die in de SIB-circulaire en INS-notitie voor het ondiepe grondwater zijn gegeven. Hierbij is overwogen dat:

1. in de SIB-circulaire relativeringen voor het gebruik van de streefwaarden voor het diepe grondwater voorkomen;
2. de streefwaarden voor het ondiepe grondwater overeenstemmen met de normen uit de Wijziging 2001 Drinkwaterbesluit;
3. historische continuïteit met de streefwaarden in de MILBOWA-notitie nodig is en
4. onduidelijkheid zou ontstaan bij de verklaring van de grondwaterkwaliteit als bij de rapportage voor ondiep en middeldiep grondwater verschillende streefwaarden zouden worden gebruikt.

Op deze wijze zijn de streefwaarden voor chloride, arseen, lood, chroom, nikkel, cadmium, zink en koper ontleend aan de SIB-circulaire; voor sulfaat, nitraat, ammonium en P-totaal aan de INS-notitie; voor aluminium en kalium aan de Wijziging 2001 Drinkwaterbesluit en de richtwaarde voor de pH is ontleend aan de waarde die is vermeld in het rapport van Van Drecht et al. uit 1996.

De toepassing van de streefwaarden van ammonium-N en P-totaal voor zandgebieden op het rivierkleigebied is gebaseerd op de uitkomsten in dit rapport. De keuze wordt ondersteund doordat de filters van het LMG in het zand onder de rivierklei zijn geplaatst en onder rivierklei geen veenresten aanwezig zijn.

Om te laten zien hoe de streefwaarden uit de SIB doorwerken zijn voor het diepe grondwater conform de wijze waarop de figuren in hoofdstuk 2.5 zijn gemaakt, figuren voor de SIB streefwaarden samengesteld. De figuren zijn in bijlage 6 opgenomen.

## 2.5 TOELICHTING BIJ KAARTEN, FIGUREN EN TABELLEN

De resultaten worden gepresenteerd in hoofdstuk 3 en in bijlage 1. In de hoofdtekst (hoofdstuk 3) zijn de hoofdzaken van het ruimtelijke beeld van het percentage Oppervlakte Boven de Streefwaarde (%OBS) en verandering daarin beschreven. In de figuren en tabellen in bijlage 1 is ook onzekerheid aangegeven.

Kaarten in de hoofdtekst zijn:

1. Toestand: Kaarten van %OBS per eco-districtgroep in het jaar 2000 (zie hoofdstuk 3 Resultaten);
2. Verandering: Kaarten van Nederland met de verandering in het %OBS per eco-districtgroep tussen 1984 en 2000 (zie hoofdstuk 3 Resultaten).

Figuren en tabellen in bijlage 1 zijn:

3. Toestand: Betrouwbaarheidsintervallen voor het %OBS per eco-districtgroep in 2000 (zie paragraaf 1.1 Figuren A in bijlage 1);
4. Toestand: Betrouwbaarheidsintervallen voor 1) het gemiddelde concentratie en 2) het percentage oppervlakte met concentraties in het grondwater boven de streefwaarde per combinatie van grondgebruik en grondsoort per eco-regio voor ondiep en middeldiep grondwater (zie 1.2 Figuren B in bijlage 1);
5. Verandering: Verandering van de gemiddelde concentratie beoordeeld op basis van de combinatie van de lineaire samenhang met de tijd en de gemiddelde verandering tussen 1984 en 2000 (zie 1.3 Tabellen A in bijlage 1);
6. Verandering: Verloop met de tijd van het percentage waarnemingen met overschrijding van de streefwaarde per eco-districtgroep ingedeeld naar noord, midden, west en zuid Nederland en geheel Nederland (zie 1.4 Figuren C in bijlage 1). Deze figuren zijn toegevoegd om aan te sluiten bij het figuur voor nitraat in het Milieucompendium van 1999 (CBS en RIVM, 1999) en om op het niveau van waarnemingen de verandering in de grondwaterkwaliteit beter te kunnen beschrijven.

De figuren en tabellen 3 tot en met 6 zijn toegelicht in bijlage 1, Grondwaterkwaliteit en onzekerheid per component.

De kaarten en figuren met de toestand en de verandering van de grondwaterkwaliteit zijn op de volgende wijze tot stand gekomen:

#### Ad 1: Toestand

In hoofdstuk 3 is de grondwaterkwaliteit per component, eco-districtgroep en diepte-traject in kaart gebracht. In figuren A (onder a) is het kaartbeeld van het %OBS (of boven de drinkwaternorm, of onder pH=5) weergegeven. Hiervoor zijn waarnemingen uit het volledige bestand van LMG en PMG gebruikt. Het %OBS is berekend als gewogen gemiddelde van het %OBS per hoofdklasse grondgebruik, landbouw, natuur en stedelijk (zie hiervoor bijlage 1, 1.1 Figuren A). In de beschrijvingen zijn gebieden met een %OBS van meer dan 10 tot 20% onderscheiden.

#### Ad 2: Verandering

In hoofdstuk 3 is ook de verandering van de grondwaterkwaliteit per component en dieptetraject in kaart gebracht. De verandering van het %OBS tussen de jaren 1984 en 2000 is weergegeven in het onderste deel van de figuren A. Voor de berekening van een verschil is het nodig dat van eenzelfde waarnemingsfilter uit 1984 en 2000 een waarneming beschikbaar is. Van de PMG zijn geen waarnemingen in 1984 beschikbaar. Daarom zijn uitsluitend waarnemingen van het LMG gebruikt. In de beschrijvingen is aangegeven welke eco-districtgoepen een veranderingen van het %OBS hebben van meer dan 10%.

#### Diagnose

In het onderdeel diagnose van hoofdstuk 3 is een synthese gegeven van de kaarten van de toestand en verandering van het %OBS en de resultaten van de onzekerheidsanalyse in bijlage 1. Resultaten zijn relevant als:

1. het %OBS hoger is dan 10% of de verandering van het %OBS hoger is dan 10%,
2. uit de onzekerheidsanalyse blijkt dat het %OBS duidelijk (significant) hoger is dan 10% of, in het geval van verandering, de gemiddelde verandering duidelijk (significant) is en
3. als het resultaat van aannemelijk en verklaarbaar is op basis van proceskennis.



### 3. RESULTATEN

#### 3.1 CHLORIDE

##### *Inleiding*

Chloride is een conservatieve stof. Chloride is niet afbreekbaar, sorbeert niet, is goed oplosbaar en daarmee mobiel.

In 1998 bedroeg de gemiddelde belasting van chloride vanuit de atmosfeer circa 37 kg/(ha.a) (tabel 1.2.A). De gemiddelde concentratie van chloride in de neerslag was 3,3 mg/L. Een groot deel van de neerslag verdampt, zodat de concentratie van chloride in het bodemvocht toeneemt. Als alleen indamping en transport een rol spelen kan de te verwachten concentratie van chloride in het grondwater worden geschat met de indampfactor. De indampfactor is de neerslag gedeeld door het neerslagoverschot per jaar. De gemiddelde neerslag te De Bilt over de periode 1971-2000 bedroeg 835 mm/a. De berekende verdamping van bos op zandgrond met een grondwaterspiegel op > 2 m bedroeg 600 mm/jaar. Het gemiddelde neerslagoverschot was dus 235 mm/jaar (indampfactor: 3,66). Op grond hiervan wordt in het grondwater onder natuur een concentratie van  $37000/2350 = 14$  mg/L verwacht.

In landbouwgebieden wordt de bodem naast atmosferische depositie ook belast met dierlijke mest en kunstmest. De atmosferische depositie van chloride is gelijk gebleven en de belasting van chloride uit dierlijke mest en kunstmest is lager geworden (Henkes, 1994). Hierdoor daalt de belasting op de bodem. Gemiddeld wordt de bodem van landbouwgronden belast met circa 186 kg/(ha.a) chloride. De verdamping van grasland is groter dan van bos. Het neerslagoverschot van grasland op dekzand met een grondwaterspiegel op 1 - 2 m diepte wordt geschat op 311 mm/a. Als de totale belasting van de bodem met chloride met het neerslagoverschot uitspoelt wordt een concentratie van chloride van  $186000/3110 = 60$  mg/L verwacht. Door grondwaterstandsverlaging (verdroging) neemt het neerslagoverschot toe en daarmee de concentratie van chloride af. Door beregening (in de landbouw) neemt de concentratie van chloride toe door toevoer uit het beregeningswater. De hoeveelheid neerslag en het neerslagoverschot zijn vanaf 1980 toegenomen (Hendriks en Boumans, 2002). Hierdoor is de behoefte aan beregening afgenomen en wordt verwacht dat de concentratie van chloride daalt.

In het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid is een gemiddelde concentratie van chloride gemeten van circa 20-30 mg/L in het bovenste grondwater onder landbouw op zandgrond. Deze waarden zijn lager dan verwacht. Het verschil wordt toegeschreven aan plantopname die enkele tientallen kg/ha.a kan bedragen (Russell, 1973).

In laag Nederland kan de concentratie van chloride in het grondwater ook nog zijn beïnvloed door de effecten van brak kwelwater. In kustgebieden komt daar het effect van het extra ingewaaid zout van zeeschuim bij.

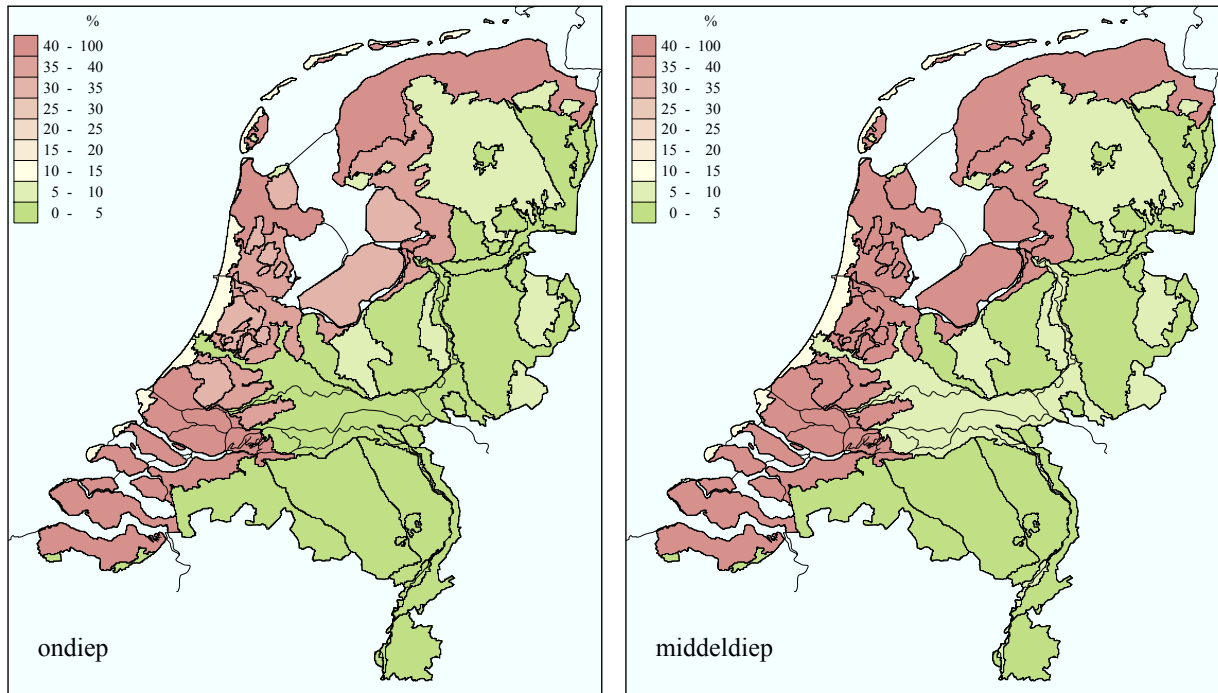
##### *Toestand*

De kaartjes van het %OBS per eco-districtgroep voor ondiep en middeldiep grondwater komen sterk met elkaar overeen. In de laagveengebieden, de zeekleigebieden en de polders en droogmakerijen is het %OBS hoger dan 20%.

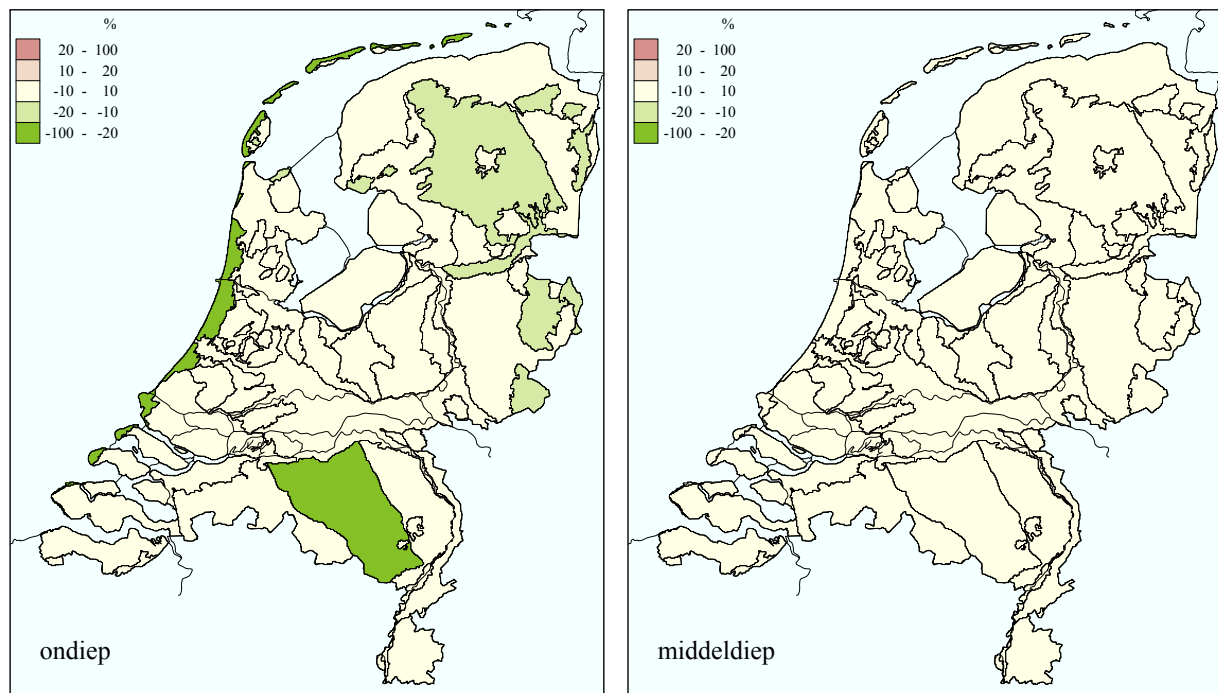
##### *Verandering*

In het ondiepe grondwater is de daling van het %OBS in het ondiepe grondwater meer dan 10% in de beekdalcomplexen en de keileengebieden. In de duinen en de strandwallengebied en de Centrale Slenk is de daling groter dan 20%.

## a: Toestand



## b: Verandering



*Figuur 3.1.A.: Chloride in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde: 100 mg/L, waarnemingen van LMG en PMG), b: verandering van het %OBS voor chloride in grondwater in de periode 1984-2000 (waarnemingen van LMG).*

*Diagnose*

De concentratie van chloride in het ondiepe en middeldiepe grondwater in het duinen en strandwallengebied, de polders en droogmakerijen, de laagveengebieden en de zeekleigebieden is beïnvloed door brak water in de ondergrond. Over het algemeen wordt een daling van de concentraties van chloride in het ondiepe grondwater in Nederland in de periode 1984-2000 waargenomen. In ondiep en zoet grondwater onder natuur op zand (b/z) verandert de concentratie van chloride niet (zie bijlage 1 tabel 2.A). Voor landbouw op zand wordt een daling van de concentratie van chloride in het grondwater aangetroffen. Deze daling wordt toegeschreven aan een verminderde belasting van chloride uit mest en kunstmest. De grote daling in steden op zand wordt toegeschreven aan de verminderde toepassing van strooizout en aan verbetering van het rioleringsstelsels.





## 3.2 PH

### *Inleiding*

Eén van de belangrijke milieu-thema's is verzuring. Verzuring wordt veroorzaakt door atmosferische depositie van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>x</sub>. Vanaf 1940 is de atmosferische depositie van CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, NH<sub>x</sub> toegenomen. Vanaf 1990 neemt de depositie van SO<sub>x</sub> weer af. De atmosferische depositie leidt in de bovengrond tot vorming van zuur dat wordt geneutraliseerd door verwerking van mineralen. Indien calciumcarbonaat aanwezig is, is de pH in het grondwater ongeveer 7 en is de concentratie van calcium hoog. In arme bodems wordt door verwerking van aluminiumhydroxide zuur geneutraliseerd. De pH is lager dan 5 en de concentratie van aluminium is hoog. In arme bodems kan de pH door organische zuren ook laag zijn. Met toenemende diepte zal door de verwerking van mineralen de pH weer toenemen. Door verwerking neemt de hoeveelheid zouten in het grondwater toe. Dit kan er toe leiden dat ook op grotere diepten de pH lager wordt. De meeste zandgronden zijn ontkalkt en daardoor kunnen in infiltratiegebieden onder natuur pH-waarden lager dan 5 worden gemeten. In de landbouw op zandgebieden wordt de pH door bekalking gereguleerd.

De grondwaterstand is van invloed op de pH van grondwater. Door hoge grondwaterstanden en organische stoffen uit de wortelzone wordt grondwater anaëroob en stijgt de pH. Door grondwaterstands-daling en oxidatie van gereduceerde stoffen daalt de pH.

Voor de pH is geen streefwaarde vastgesteld. In het eerdere werk van Van Drecht et al., (1996b) is daarom vergeleken met het 95-percentiel van 1992. Het 95-percentiel van 1992 voor de pH is circa 5. Voor de pH wordt berekend welk percentage waarnemingen lager is dan 5. Dit percentage wordt aangeduid met %O(pH<5).

### *Toestand*

In het ondiepe grondwater is in de beekdalcomplexen, de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe, het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en de oude rivierterrassen het %O(pH<5) hoger dan 20% en in de keileemgebieden en het krijt- en lössgebied is %O(pH<5) hoger dan 10%. In het middeldiepe grondwater zijn in heel Nederland de %O(pH<5) lager dan 10%.

### *Verandering*

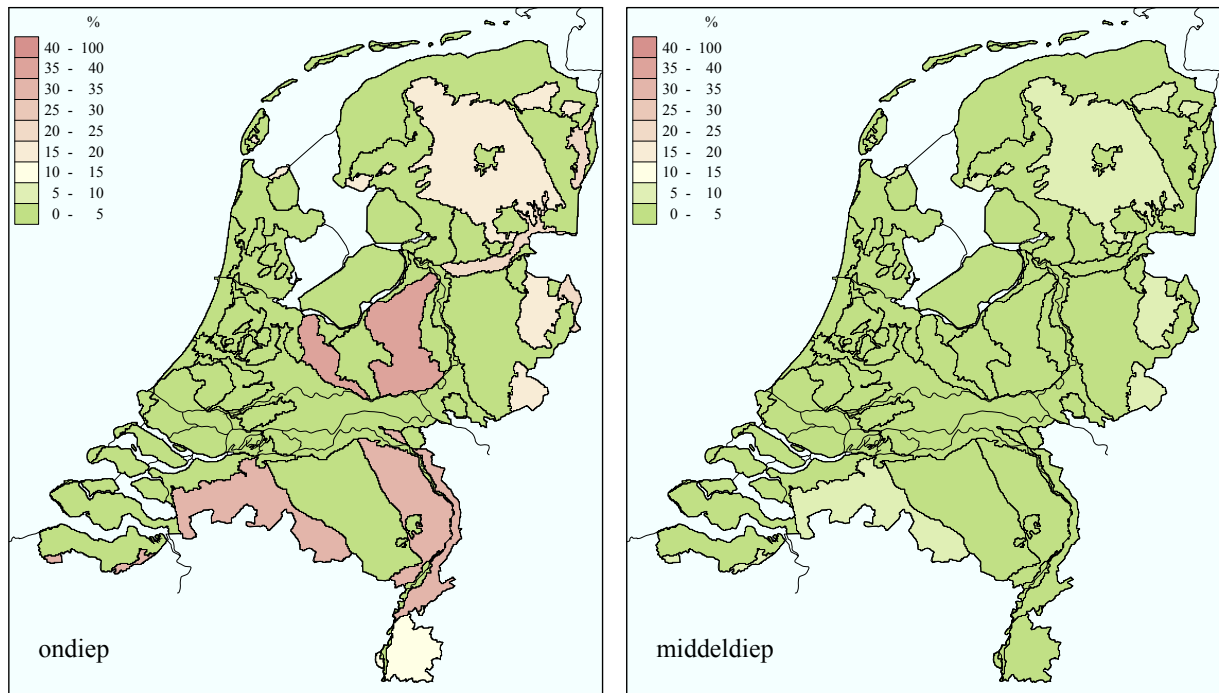
In het ondiepe grondwater in de beekdalcomplexen is daling van het %O(pH<5) groter dan 10%. In de Peelhorst en oude rivierterrassen is de stijging van het %O(pH<5) hoger dan 10%. In het middeldiepe grondwater zijn de veranderingen niet groter dan 10%.

### *Diagnose*

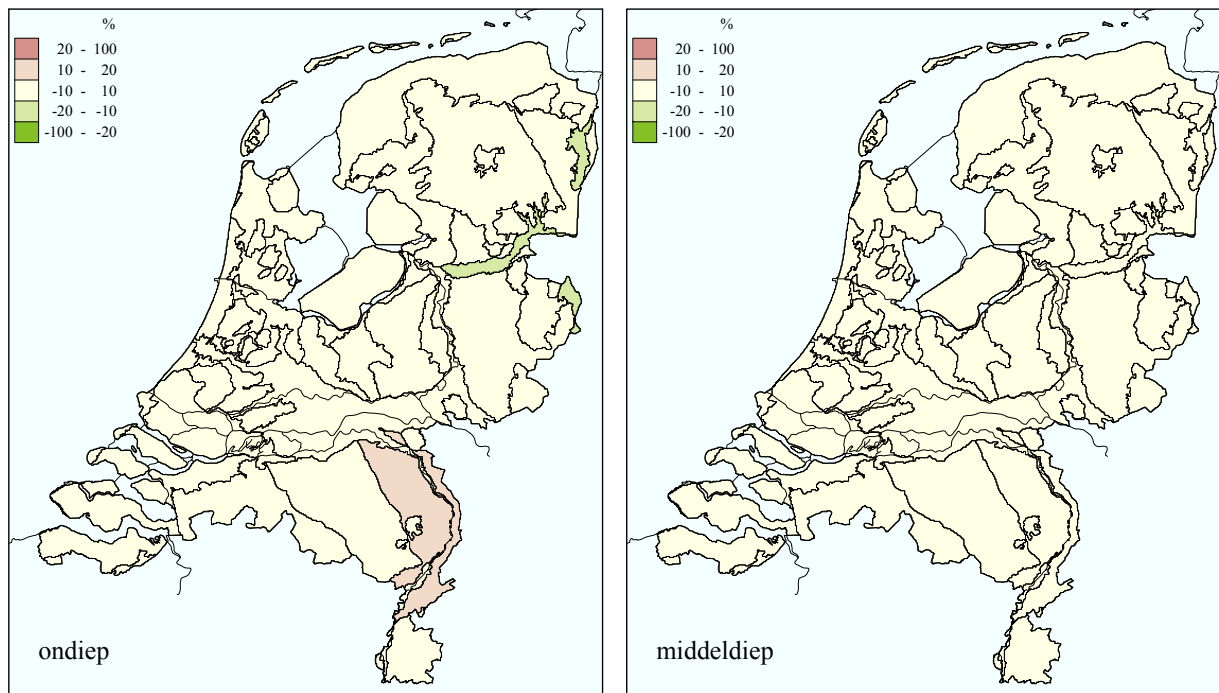
In het ondiepe grondwater van de hoger gelegen zandgebieden worden in overeenstemming met de verwachting lage pH's en hoge %O(pH<5) gevonden. Naarmate de diepte toeneemt neemt de anaërobie en de kans dat kalkhoudende sedimenten het grondwater beïnvloeden toe. Hierdoor wordt de pH met de diepte hoger. In lager gelegen gebieden (slenken en valleien) wordt anaëroob grondwater ondieper gevonden waardoor hier de pH meestal hoger is.

Het algemene beeld is dat er in pH weinig verandert. In het ondiepe grondwater is in de beekdalcomplexen en de Peelhorst en oude rivierterrassen de verandering groter dan 10%. Deze veranderingen zijn niet significant (zie bijlage 1 tabel 2.2.A) noch relevant. De verandering van de pH ligt in de orde van de meetnauwkeurigheid.

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.2.A: De pH van het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep op basis van waarnemingen van LMG en PMG; a: percentage oppervlakte met een pH lager dan 5 in het jaar 2000 (%O(pH<5); grens: pH 5), b: verandering van het %O(pH<5) voor de pH in grondwater in de periode 1993-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.3 SULFAAT

#### *Inleiding*

Zwavel komt met de atmosferische depositie en met meststoffen op de bodem. Zwavel komt in grondwater voornamelijk voor in de vorm van sulfaat. Sulfaat in het grondwater kan afkomstig zijn uit zeewater of uit zeer oud zout grondwater. Sulfaat is goed oplosbaar en hierdoor een mobiele stof in het grondwater. Sulfaat in het grondwater kan onder anaërobe omstandigheden worden gereduceerd tot sulfide en neerslaan als bijvoorbeeld ijzersulfide. Ook kan sulfaat worden gevormd uit zwavelverbindingen als nitraatrijk grondwater naar diepere anaërobe lagen infiltreert en die lagen zwavelverbindingen zoals bijvoorbeeld pyriet bevatten. Door oxidatie van pyriet zal de concentratie van sulfaat stijgen en kan de pH in het grondwater dalen. In de kustgebieden raakt opgewaaid zeewater in de atmosfeer. Na landinwaarts transport belast sulfaat met de regen en als aërosol de bodem. In marien beïnvloede gebieden komen van nature hoge concentraties van sulfaat in het grondwater voor.

Conform chloride wordt voor natuurgebieden een concentratie van sulfaat van circa 20 mg/L in het grondwater berekend. Voor landbouwgebieden wordt een concentratie van sulfaat van 70 mg/L berekend (Van Drecht et al., 1996b). De atmosferische depositie en productie van dierlijke mest is vanaf 1940 gestegen. In de periode 1980 - 1999 is atmosferische depositie met een factor 4 gedaald (Hammingh, 2001). De productie van dierlijke mest daalt vanaf 1986 (CBS en RIVM, 2001). We verwachten daarom in het ondiepe grondwater een daling van de concentratie van sulfaat.

#### *Toestand*

In het ondiepe grondwater in het zuidwestelijk zandgebied, de Peelhorst en de oude rivierterrassen is het %OBS hoger dan 20% en in de zeekleigebieden en het krijt- en lössgebied is het %OBS hoger dan 10%. Het beeld van het %OBS in het middeldiepe grondwater is globaal gelijkvormig met het beeld voor het ondiepe grondwater. De %OBS in het middeldiepe grondwater van de zeekleigebieden zijn hoger dan in het ondiepe grondwater. In de duinen en strandwallen is het %OBS hoger dan 10%.

#### *Verandering*

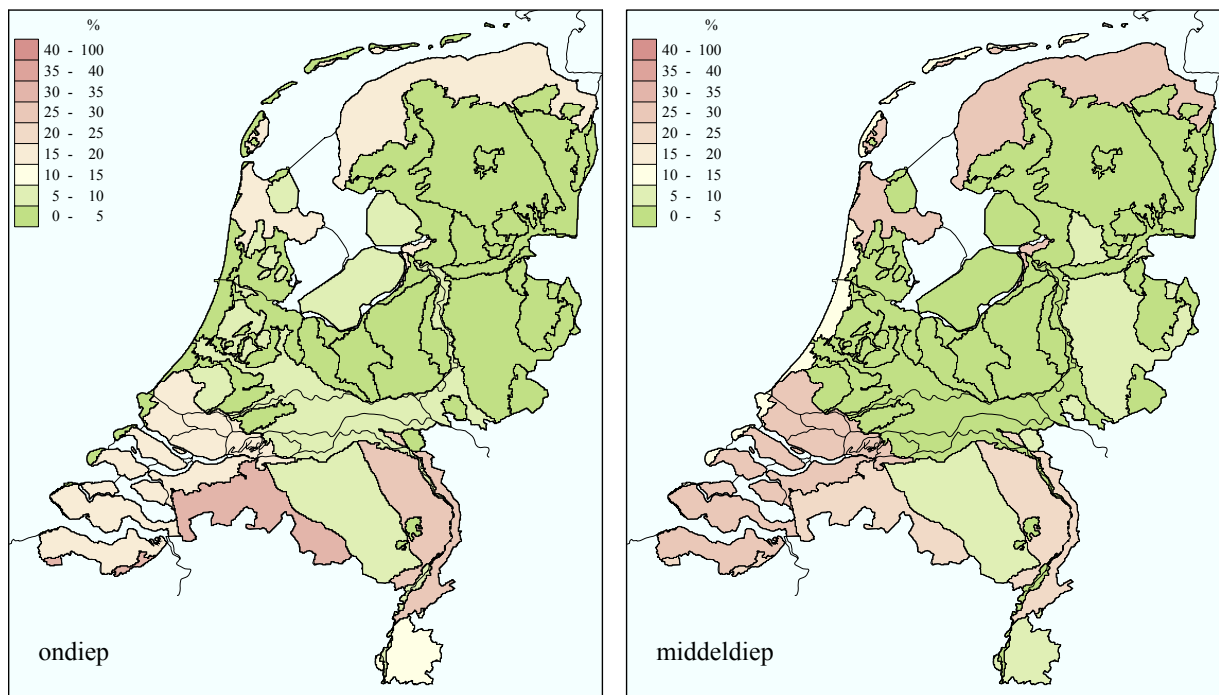
In het ondiepe grondwater is de daling van het %OBS groter dan 10% in de polders en droogmakerijen en de hoogveengebieden. In het middeldiepe grondwater is de daling van het %OBS in het zuidwestelijk zandgebied groter dan 10%.

#### *Diagnose*

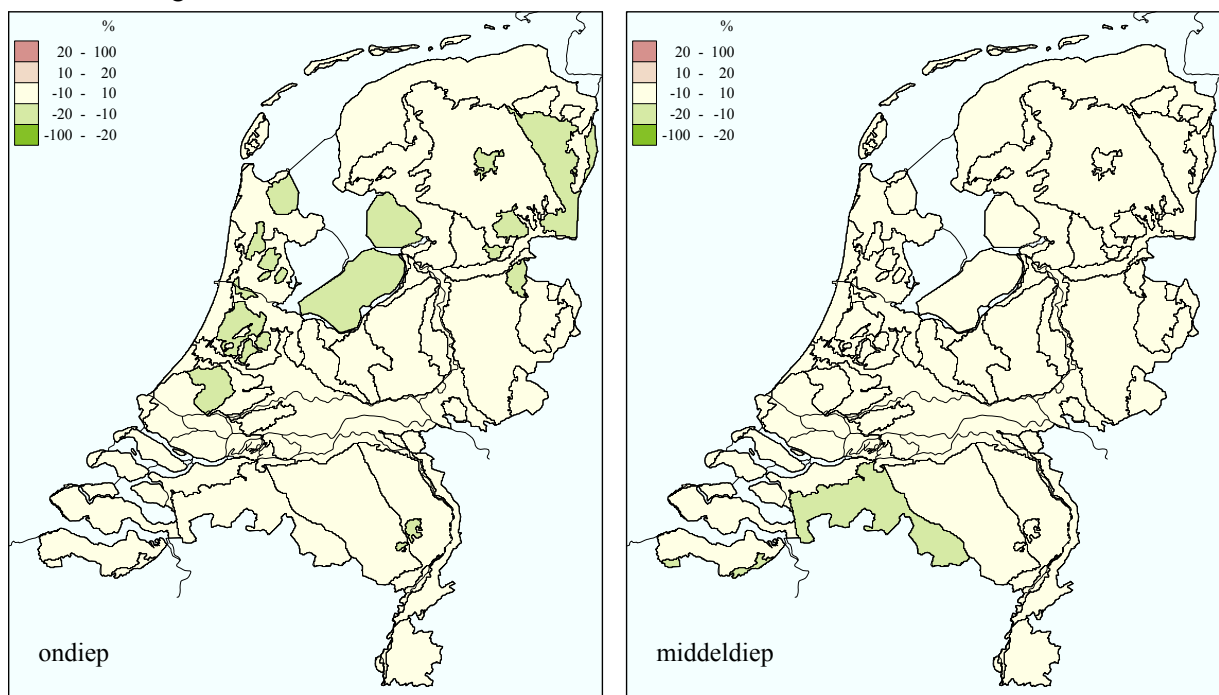
Hoge %OBS in de zeekleigebieden zijn het gevolg van mariene invloed. De hoge %OBS in het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en de oude rivierterrassen worden toegeschreven aan bemesting, oxidatie van pyriet door nitraat en atmosferische depositie.

De eerder verwachte daling in ondiep grondwater onder natuur op zand wordt niet gevonden. Over het algemeen dalen de concentraties van sulfaat (bijlage 1, tabel 2.3.A). De daling treedt ook op in oud en middeldiepe grondwater en is niet verklaarbaar. Een uitzondering hierop is de stijging in het middeldiepe grondwater in de Peelhorst en oude rivierterrassen. Het %OBS in het middeldiepe grondwater in dit gebied is echter niet relevant (zie figuur 3.3.A). De stijging in de Peelhorst en oude rivierterrassen die in het middeldiepe grondwater voorkomt, wordt verklaard uit pyrietoxidatie door nitraat.

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.3.A: Sulfaat in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep op basis van waarnemingen van LMG en PMG; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde: 150 mg/L), b: verandering van het %OBS voor sulfaat in grondwater in de periode 1984-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.4 ALUMINIUM

#### *Inleiding*

Door de grote affiniteit voor zuurstof komt aluminium in de natuur alleen in de geoxideerde vorm voor. In gesteenten komt van alle metalen aluminium het meest voor. Aluminium is in de vorm van aluminiumsilicaat (veldspaat of glimmer) met silicaat verbonden. Aluminium is een amphotere stof. Bij lage pH's vormt aluminium kationen en bij hoge pH's aluminaten. In ion-vorm is aluminium oplosbaar. In de natuur is vooral de oplosbaarheid van aluminium bij lage pH's van belang. Bij pH 7 is aluminium bijna niet in opgeloste vorm aanwezig. In gebieden met een geringe buffercapaciteit daalt door atmosferische depositie de pH van de bodem waardoor aluminium oplost. Het opgeloste aluminium kan worden getransporteerd naar het grondwater. Ook wordt aluminium met organische stoffen gecomplexeerd waardoor het oplosbaar is en naar het grondwater wordt getransporteerd. Onder 3.2 is reeds gebleken dat in de zandgebieden het ondiepe grondwater zuurder is dan het middeldiepe grondwater. In het ondiepe grondwater zullen daarom hogere concentraties van aluminium worden gevonden dan in het middeldiepe grondwater. Hoge concentraties zijn toxisch voor flora en fauna.

Voor aluminium in grondwater bestaat geen streefwaarde en is gebruik gemaakt van de norm van 200 µg/L uit de EU-richtlijn 1998 en het Besluit tot wijziging van het Waterleidingbesluit (VROM, 2001). Voor aluminium wordt daarom het percentage oppervlakte boven de drinkwaternorm (OBD) berekend.

#### *Toestand*

Het %OBD is groter dan 20% in het ondiepe grondwater van de beekdalcomplexen, de keileemgebieden, de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe, de Centrale Slenk, het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen. Het %OBD is groter dan 10% in het hoogveengebied en het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen. Het %OBD voor het oostelijk zandgebied is het laagst. Het %OBD in het middeldiepe grondwater van het zuidwestelijk zandgebied is groter dan 20% en van de Peelhorst en oude rivierterrassen hoger dan 10%.

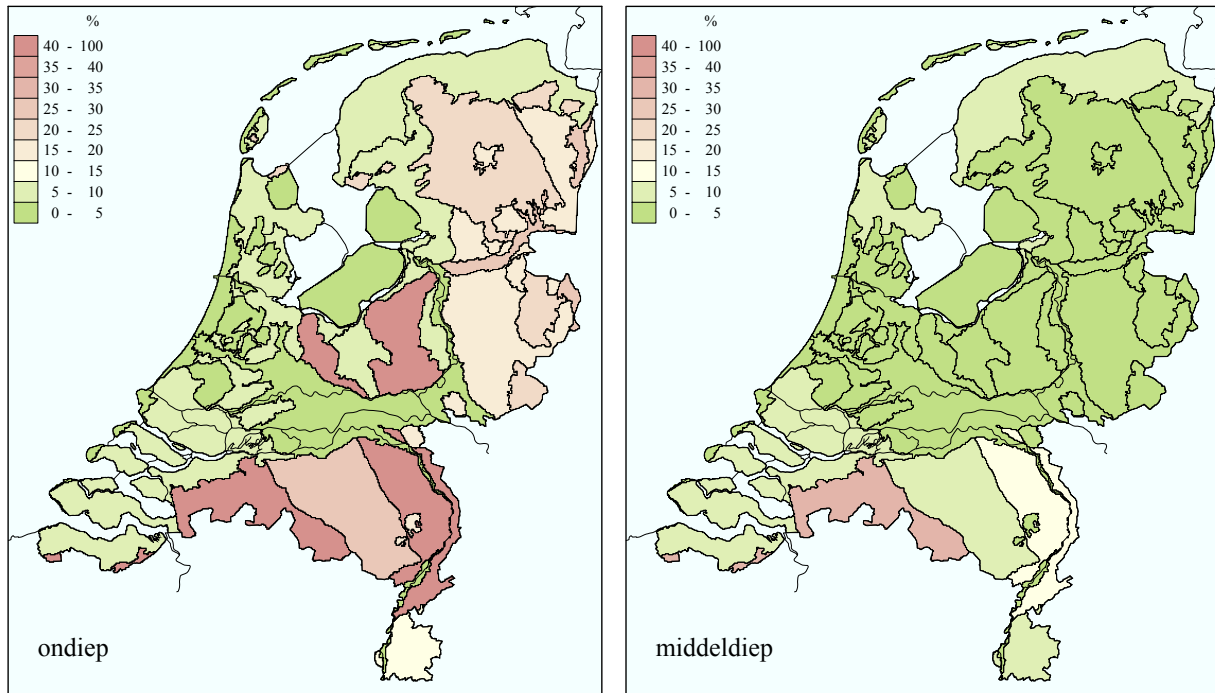
#### *Verandering*

In het ondiepe grondwater stijgt het %OBD met meer dan 10% alleen in de beekdalcomplexen. Een daling van meer dan 20% wordt gevonden voor het zuidwestelijk zandgebied en van meer dan 10% voor het krijt- en lössgebied. In het middeldiepe grondwater daalt het %OBS met meer dan 10% in het krijt- en lössgebied en meer dan 20% in het zuidwestelijk zandgebied.

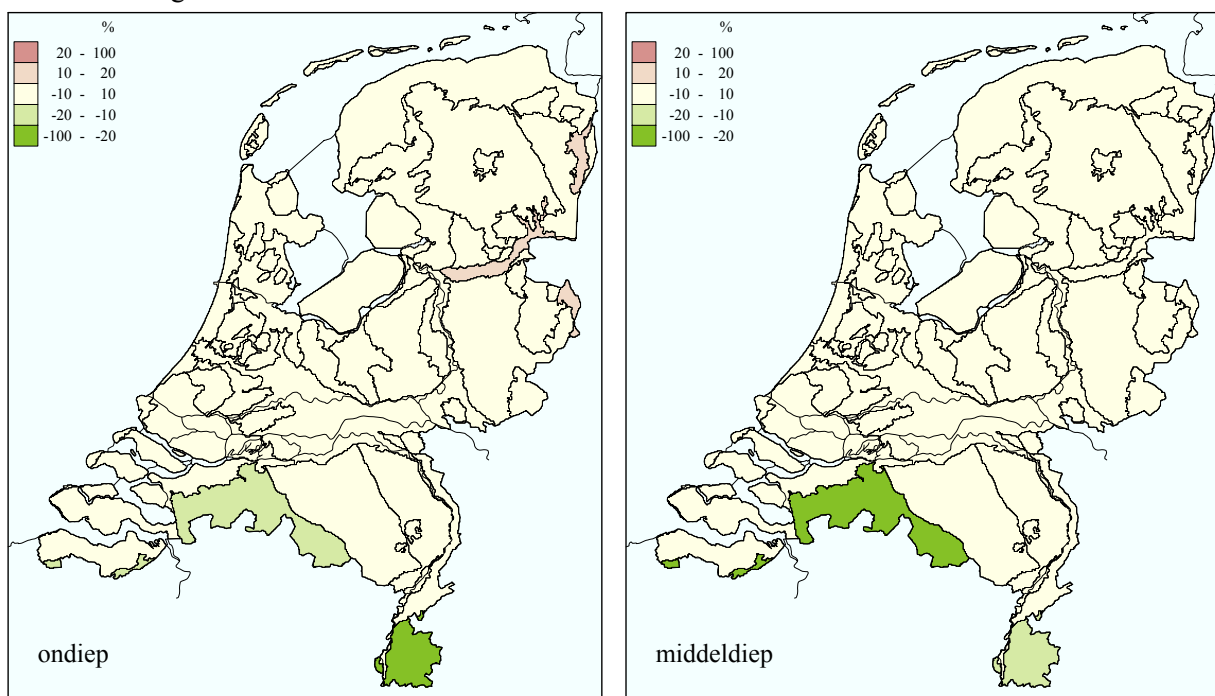
#### *Diagnose*

Gebieden met hoge %OBD in het ondiepe grondwater vallen samen met gebieden met hoge %OBS in het ondiepe grondwater voor nitraat en hoge %O(pH<5). In aëroob grondwater is de pH lager en komen hoge concentraties van aluminium voor. In anaëroob grondwater zijn concentraties van aluminium lager doordat nitraat wordt gereduceerd, waardoor de pH hoger wordt en aluminium minder mobiel is. In hoofdstuk 3.17 "Diagnose sporenelementen grondwater" is nader ingegaan op de antropogene invloed op de concentratie van aluminium in het grondwater.

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.4.A: Aluminium in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep op basis van waarnemingen van LMG en PMG; a: percentage oppervlakte boven de drinkwaternorm in het jaar 2000 (%OBD; drinkwaternorm 200 µg/L), b: verandering van het %OBD voor aluminium in grondwater in de periode 1990-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.5 STIKSTOF

#### *Algemeen*

Stikstof (N) komt op de bodem door atmosferische depositie, door kunstmest en dierlijke mest. In 2000 bedroeg de gemiddelde atmosferische N-depositie circa 39 kg/(ha.a). De atmosferische N-depositie bestaat voor ongeveer 75% uit  $\text{NH}_x$  en 25% deel uit  $\text{NO}_x$  (zie ook tabel 1.2.A). In zandgebieden met intensieve veehouderij is de  $\text{NH}_3$ -emissie hoger dan elders. Door de verschillen in oppervlakte-ruwheid tussen landbouw en natuur is de atmosferische N-depositie op natuur hoger dan op landbouw. In 1993 was de gemiddelde atmosferische N-depositie op natuur een factor 1,2 hoger dan de gemiddelde depositie in Nederland (Erisman en Bleeker, 1997).

Voor de groei van bos is de atmosferische N-depositie voldoende. Landbouwgewassen kunnen echter niet zonder extra N-bemesting economisch worden geproduceerd. Door intensivering van de landbouw is van 1950 tot 1986 de mestgift toegenomen en daarna neemt de mestgift af. De gemiddelde stikstofbelasting van landbouwgronden bedroeg in 2000 circa 430 kg/(ha.a). Het aandeel van de atmosferische depositie hierin bedraagt circa 9% (zie ook tabel 1.2.A). In de bodem wordt door mineralisatie organisch gebonden stikstof omgezet in minerale stikstof. Ammonium wordt bij een  $\text{pH} > 6$  in de wortelzone binnen 14 dagen omgezet in nitraat. Minerale stikstof is een belangrijke voedingsstof voor gewassen en wordt in opgeloste vorm als  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$  door plantenwortels opgenomen. De beschikbaarheid van nitraat in de wortelzone is niet altijd gelijk aan de behoefte van het gewas. Nitraat is goed oplosbaar en mobiel (sorbeert niet aan de bodem). Hierdoor spoelt nitraat uit de wortelzone.

### 3.6 NITRAAT

#### *Inleiding*

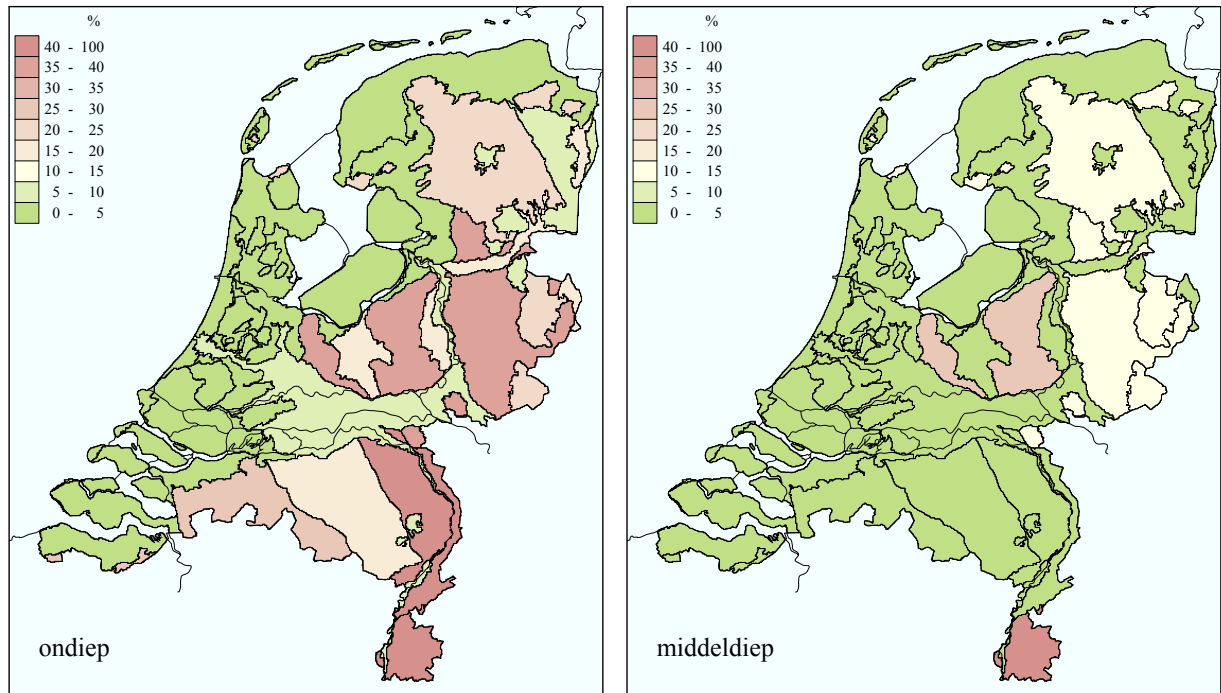
De stikstof-belasting van de bodem leidt tot nitraat in de wortelzone. Overtollig nitraat spoelt met het neerslagoverschot in het najaar uit de wortelzone. Nitraat komt na passage van de onverzadigde zone in het grondwater terecht. De gemiddelde N-depositie uit de atmosfeer in Nederland bedroeg in 2000 circa 39 kg/(ha.a). Als van de N-belasting 50% als nitraat uitspoelt, bereikt 19,5 kg/(ha.a) het grondwater (Willems et al., 2000; Schröder en Dilz, 1988). Als nitraat niet wordt omgezet dan is in natuurgebieden, bij een neerslag van 831 mm/a en een verdamping van 600 mm/a, de te verwachten concentratie in het grondwater  $19500/2310 = 8,4$  mg/L N of 37 mg/L nitraat.

In 2000 bedroeg de gemiddelde N-belasting van landbouwgronden door atmosferische, dierlijke en kunstmest 430 kg/(ha.a). Als hiervan 50% uitspoelt wordt het grondwater belast met 215 kg/(ha.a). Bij een neerslag van 831 mm/a en een verdamping van 500 mm/a wordt bij het oplossen van de totale belasting van nitraat in het neerslagoverschot een concentratie van  $215000/3310 = 65$  mg/L N of te wel 290 mg/L nitraat in het grondwater verwacht. Dit is circa 12 maal hoger dan de streefwaarde.

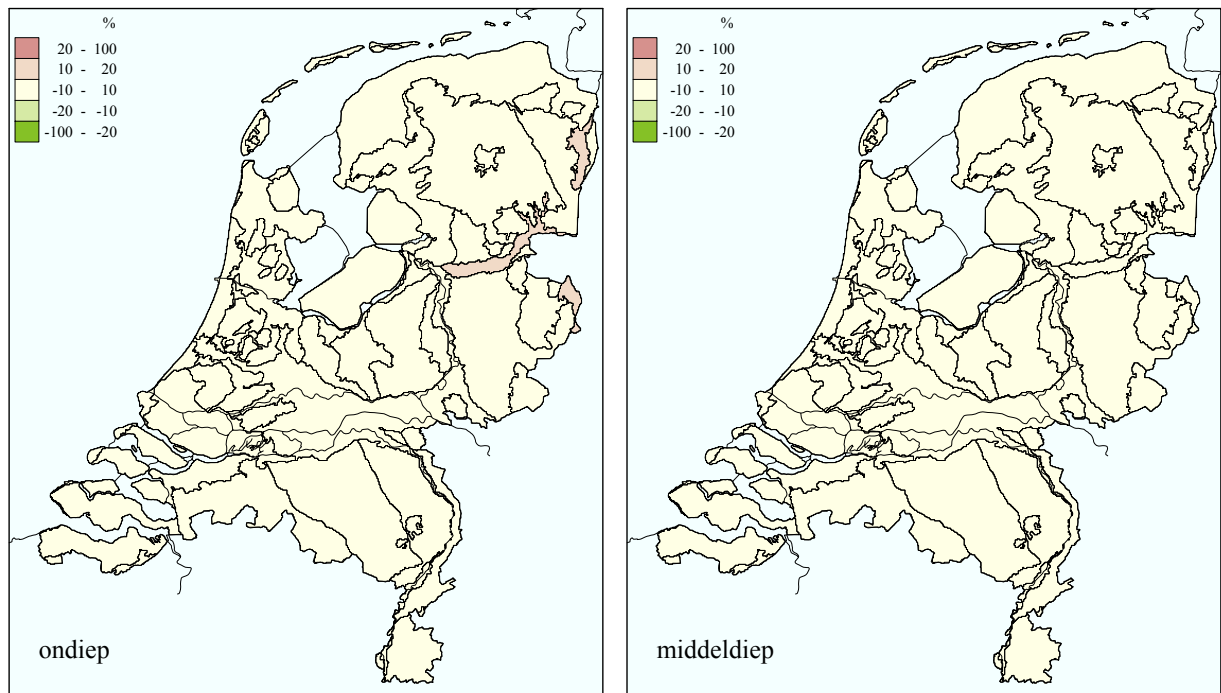
Nitraat wordt in een anaërobe omgeving gereduceerd (denitrificatie) en verdwijnt dan uit het grondwater. Voor denitrificatie in grondwater is organische stof of bijvoorbeeld pyriet nodig. De omzetting verloopt snel in vergelijking tot de tijd die regenwater nodig heeft om een diepte van 10 m - mv te bereiken. Door denitrificatie verdwijnt nitraat over het algemeen geheel uit het grondwater.



## a: Toestand



## b: Verandering



*Figuur 3.6.A: Nitraat in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde: 5,6 mg/L nitraat-N, waarnemingen van LMG en PMG), b: verandering van het %OBS voor nitraat in grondwater in de periode 1984-2000, (waarnemingen van LMG).*

Nitrat wordt in een aërobe omgeving niet gedenitrificeerd. Onder landbouwgronden in de zandgebieden met infiltrerend aëroob grondwater worden derhalve hoge concentraties van nitraat verwacht. Op de bodemkaart wordt de diepte van de grondwaterspiegel (gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste diepte) aangegeven met grondwatertrappen (Gt's). Bij Gt's met hogere grondwaterstanden zijn de waargenomen concentraties lager (Boumans et al., 1989). Onder bossen op goed ontwaterde zandgronden zijn hoge nitraatconcentraties gemeten (Boumans, 1994).

#### *Toestand*

Met uitzondering van het hoogveengebied vinden we in het ondiepe grondwater in het zandgebied overall een %OBS groter dan 10%. Het %OBS is in het middeldiepe grondwater in de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe en het krijtgebied en lössgebied van Zuid-Limburg groter dan 20% en het %OBS is in de keileemgebieden en het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen groter dan 10%.

#### *Verandering*

In het ondiepe grondwater in de beekdalcomplexen stijgt het %OBS met meer dan 10% en in de rest van Nederland is de verandering kleiner dan 10%.

#### *Diagnose*

De %OBS in het ondiepe grondwater in de hoger gelegen delen van de zandgebied zijn zeer hoog. In de stuwwallen is de grondwaterspiegel diep. Daardoor zijn de stuwwallen kwetsbaar voor uitspoeling van nitraat. Het gebied is voor een groot deel bebost. De aanvoer van stikstof en nitraat in de bossen is grotendeels afkomstig uit de landbouw. Als gevolg van de intensieve landbouw is de bodembelasting met mest en kunstmest hoog. Tevens is het grondwater tot op grote diepte aëroob. In aëroob grondwater treedt geen denitrificatie op. Daardoor kunnen in het ondiepe grondwater zeer hoge %OBS van nitraat in het grondwater optreden. Ook het grondwater van de Peelhorst en Maasterrassen is kwetsbaar en ook daar vinden we zeer hoge %OBS van nitraat. Dit wordt veroorzaakt door grofkorrelig zand met weinig organische stof.

In bijlage 1 paragraaf 2.5 *Relatie grondwatertrap* is geconcludeerd dat over het geheel genomen droge gronden samen gaan met hoge nitraatconcentraties en natte gronden met lage concentraties. In de Centrale Slenk is de grondwaterstand hoger dan in de omringende gebieden. Hierdoor is het grondwater op geringere diepte anaëroob en zal op geringere diepte denitrificatie optreden. In de duinen zijn de grondwaterstanden diep maar is de concentratie van nitraat in het grondwater laag omdat daar de belasting laag is.

Met toenemende diepte neemt de kans toe op anaëroob grondwater waaruit nitraat is verdwenen. De kans neemt toe omdat het grondwater over een langere weg in contact kan komen met afzettingen van veen en/of pyriet. Ook wordt op grotere diepte vaker oud grondwater aangetroffen waarin van nature de concentratie van nitraat laag is. In het middeldiepe grondwater worden hierdoor duidelijk lagere %OBS van nitraat waargenomen. Mogelijk is de denitrificatie in het zuidelijk zandgebied effectiever dan in het oostelijk zandgebied. Er zijn aanwijzingen dat denitrificatie door pyriet-oxidatie in het zuidelijk zandgebied een grotere rol speelt dan in het oostelijk en noordelijk zandgebied (zie 3.3 Sulfaat en 3.17 "Diagnose sporenelementen grondwater"). De gemiddelde concentraties van nitraat veranderen niet.



### 3.7 AMMONIUM

#### *Inleiding*

De bodem wordt vanuit de atmosfeer met circa 30 kg/(ha.a) aan ammonium-N belast. Dit vormt circa 75% van de totale N-depositie vanuit de atmosfeer. Eenmaal op de grond wordt bij een pH > 6 ammonium binnen twee weken omgezet naar nitraat. Bij deze omzetting komt zuur vrij. Aangenomen wordt dat de natuurgebieden op zandgrond hierdoor verzuren. Ammonium adsorbeert aan de bodem. Daarom komen hoge ammoniumconcentraties in grondwater alleen voor als ter plaatse aanwezig organisch materiaal onder anaërobe omstandigheden wordt afgebroken. Met name in de bodem in het klei- en veengebieden zijn grote hoeveelheden organisch materiaal aanwezig en is de concentratie van ammonium in het grondwater van nature hoger. Om hier rekening mee te houden is de streefwaarde voor ammonium-N voor klei- en veengebieden hoger dan voor zandgebieden.

#### *Toestand*

Het %OBS is hoger dan 20% in ondiep grondwater van de laagveen-/zeekleigebieden, de polders en droogmakerijen en het hoogveengebied. Het %OBS is hoger dan 10% in de keileengebieden, de beekdalcomplexen en de Gelderse Vallei en Veluwezoom. Met uitzondering van duinen is in het middeldiepe grondwater de situatie hetzelfde als voor het ondiepe grondwater. Een %OBS groter dan 10% wordt gevonden in het middeldiepe grondwater van de duinen en strandwallen.

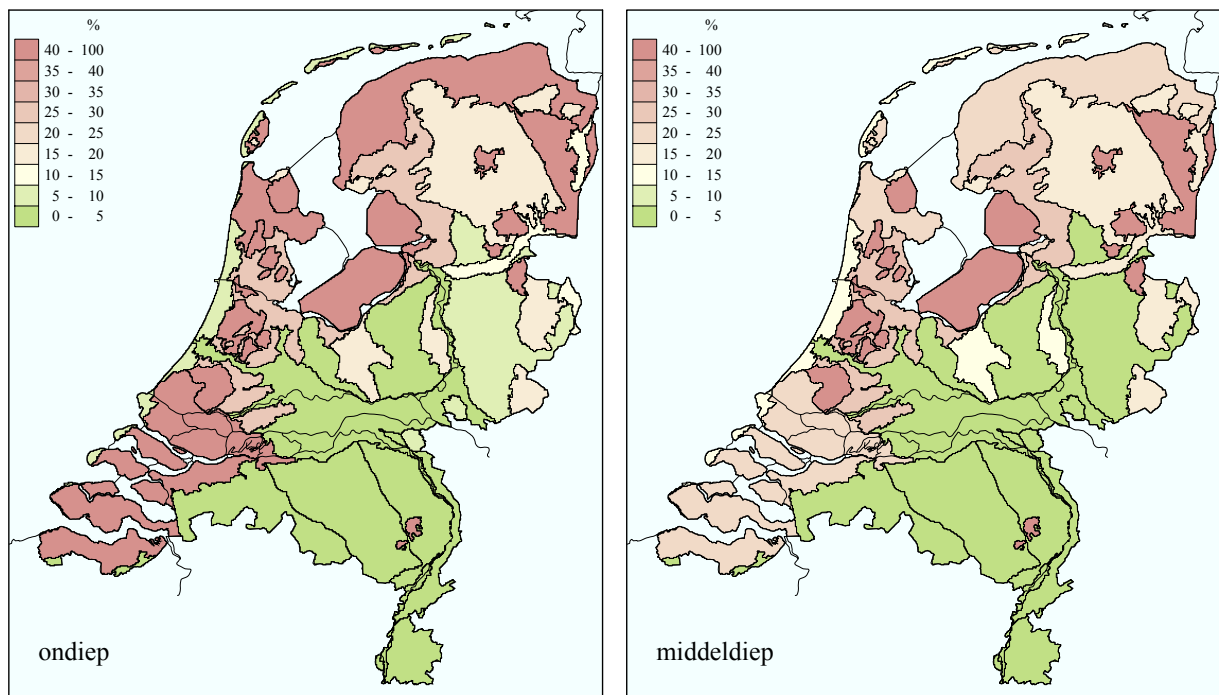
#### *Verandering*

Er zijn geen veranderingen van het %OBS in het ondiepe en middeldiepe grondwater gevonden.

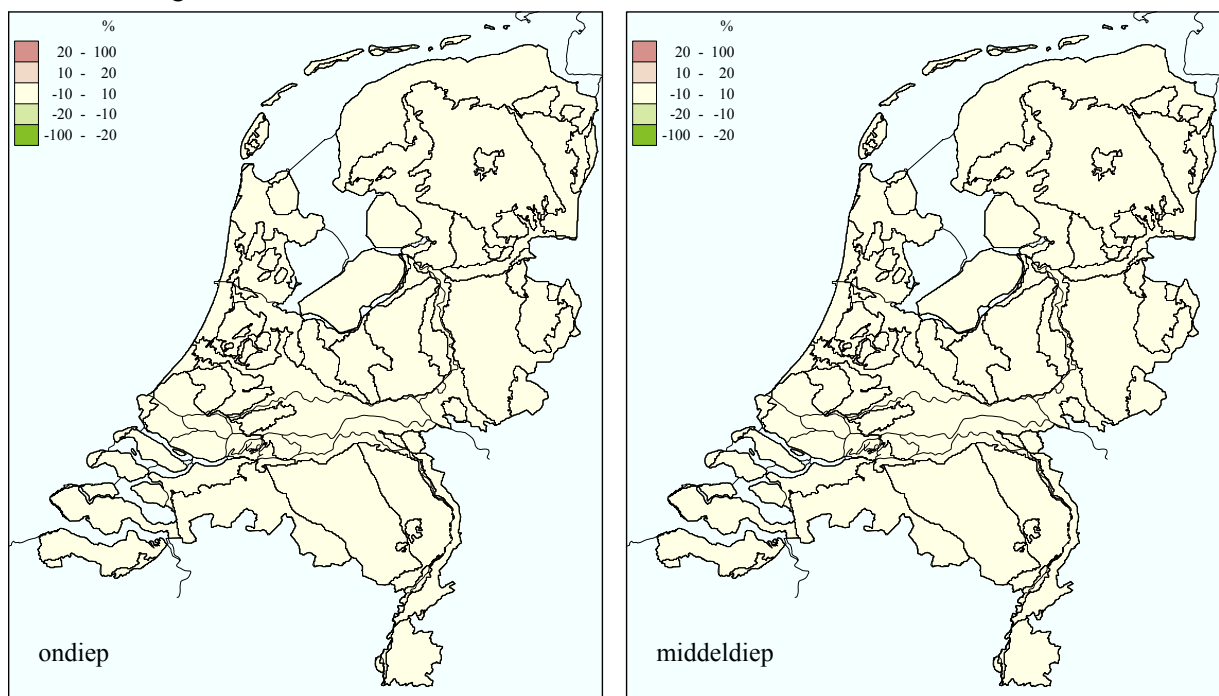
#### *Diagnose*

De zeer hoge %OBS van ammonium komen voor in gebieden met hoge organische stofgehalten dat wil zeggen vooral de laagveengebieden en de ondergrond van de zeekleigebieden en het noordelijk hoogveengebied. De %OBS in het ondiepe en middeldiepe grondwater zijn niet onderscheidbaar. Dit bevestigt dat ammonium in het grondwater het gevolg is van de anaërobe afbraak van in de ondergrond voorkomende veenlagen. Dit wordt ondersteund door het geringe verloop in de tijd van het %WBS in het ondiepe en middeldiepe grondwater onder noord, midden, west en zuid Nederland en Nederland als geheel.

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.7.A: Ammonium in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep op basis van waarnemingen van LMG en PMG; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde voor ammonium-N zand en leem: 2 mg/L, klei en veen: 10 mg/L), b: verandering van het %OBS voor ammonium in grondwater in de periode 1984-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.8 TOTAAL-P

#### *Inleiding*

Fosfor is onmisbaar voor plantengroei. In natuurgebieden wordt fosfor vooral in de vorm van atmosferische depositie aangevoerd. Doorgaans is de aanvoer beperkt en zal in natuurgebieden geen overschot ontstaan. Fosfor komt in bodem en grondwater voor als fosfaat en organisch gebonden fosfaat. Onder natuurlijke omstandigheden is alleen organische gebonden fosfaat mobiel.

Op landbouwgronden wordt fosfaat in de vorm van dierlijke en kunstmest aangevoerd. De aanvoer is bijna altijd hoger dan de afvoer met het gewas. Door de grote sorptiecapaciteit van de bodem en de geringe uitspoeling accumuleert fosfaat in de bovengrond. Verwacht wordt dat fosfaat het ondiepe grondwater niet zal bereiken en daarom zal, net als bij ammonium, totaal-P verhoogd voorkomen op plaatsen waar organisch materiaal aanwezig is en wordt afgebroken. In de ondergrond in de klei- en veengebieden is van nature organisch materiaal aanwezig en daardoor is de concentratie van totaal-P in het grondwater daar hoger.

#### *Toestand*

Een %OBS groter dan 20% wordt aangetroffen in ondiep en middeldiep grondwater van de polders en droogmakerijen en het hoogveengebied. Een %OBS groter dan 10% wordt in het ondiepe grondwater gevonden voor de laagveen-/zeekleigebieden, de keileemgebieden, de beekdalcomplexen. Het %OBS groter dan 20% in het middeldiepe grondwater van de beekdalcomplexen. Een %OBS groter dan 10% wordt in het middeldiepe grondwater gevonden voor de zeekleigebieden en de keileemgebieden.

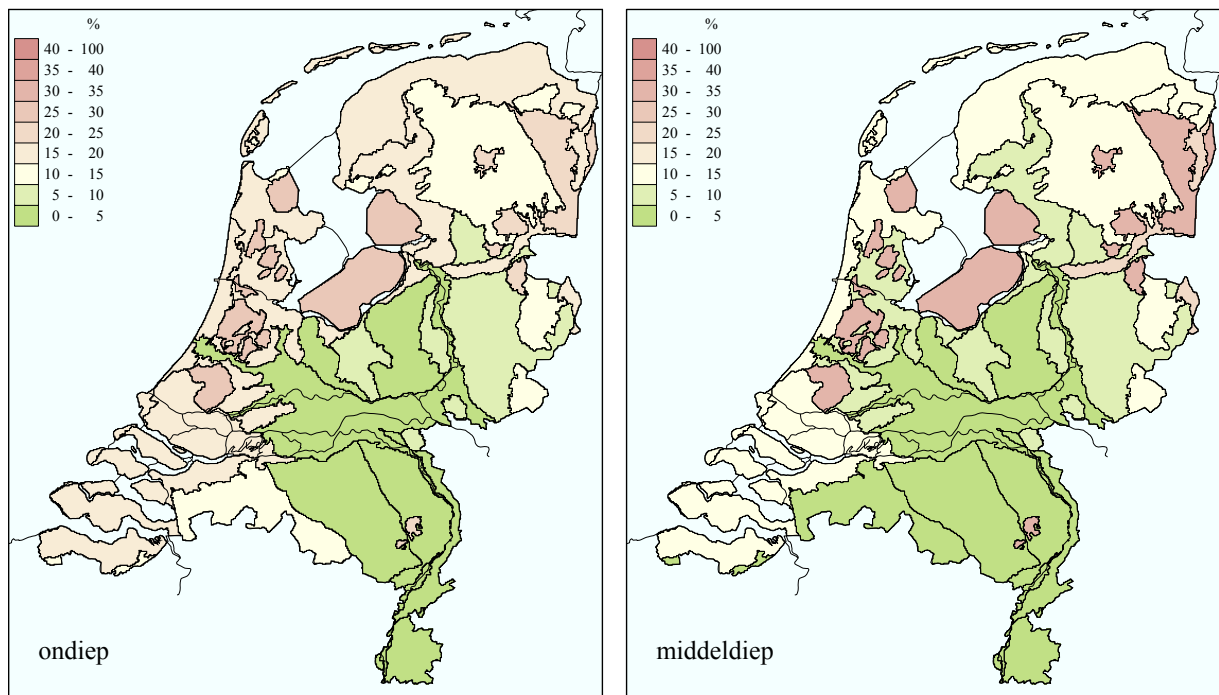
#### *Verandering*

Het %OBS stijgt met meer dan 10% in het ondiepe grondwater van de duinen en strandwallen en in het middeldiep grondwater van de beekdalcomplexen. Het %OBS daalt met meer dan 10% in het ondiepe grondwater van de zeekleigebieden, het hoogveengebied en de beekdalcomplexen en in het middeldiepe grondwater van het zeekleigebied.

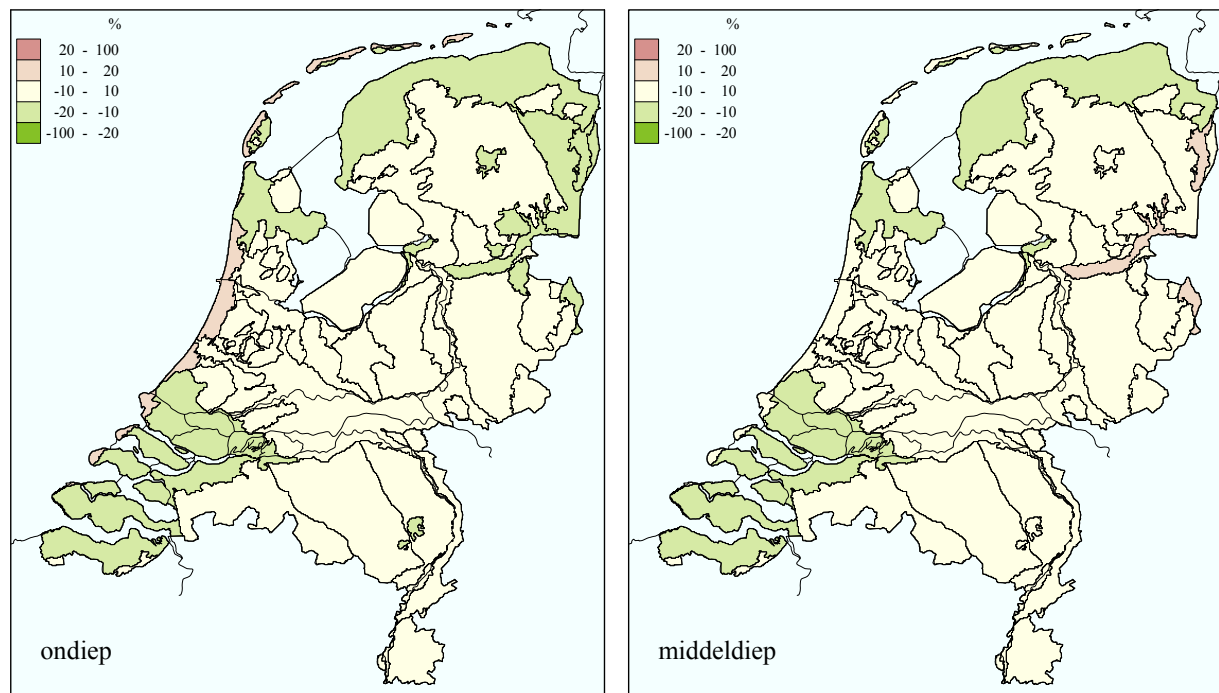
#### *Diagnose*

Het beeld voor totaal-P is globaal overeenkomstig met dat voor ammonium. Hogere %OBS in het grondwater zijn het gevolg van de aanwezigheid van veenlagen in de diepere ondergrond. Totaal-P in het ondiepe en diepe grondwater wordt door eigenschappen van de formatie bepaald. Uit tabel 0.A in bijlage 1 blijkt dat de veranderingen van het %OBS niet relevant zijn. De veranderingen van de concentratie van totaal-P vallen binnen de nauwkeurigheid van de meetmethode.

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.8.A: P-totaal in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep op basis van waarnemingen van LMG en PMG; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde voor P-totaal zand en leem: 0,4 mg/L, klei en veen: 3 mg/L), b: verandering van het %OBS voor P-totaal in grondwater in de periode 1984-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.9 KALIUM

#### *Inleiding*

Kalium komt in het grondwater door verwerking van mineralen zoals kaliumveldspaten en door toediening van meststoffen. Kalium kan adsorberen en door planten worden opgenomen. Voor kalium in grondwater onder natuur op zandgrond wordt een concentratie van circa 0,5 mg/L verwacht. Voor landbouw is uit de bemesting, onttrekking van kalium via gewas en het neerslagoverschot de gemiddelde concentratie van kalium in het bovenste grondwater berekend (Fong, 2000; CBS, 1995; CBS, 2003). De gemiddelde concentratie van kalium in het bovenste grondwater voor landbouw in Nederland stijgt van 20 mg/L in 1970 naar 31 mg/L in 1986. Na 1986 blijft de gemiddelde concentratie min of meer gelijk aan gemiddeld 26 mg/L kalium. Door intensivering van de landbouw na 1945 is de bemesting van landbouwgronden tot 1986 toegenomen. Na 1986 is de belasting met kalium gelijk gebleven. Hierdoor wordt in het ondiepe grondwater onder landbouwgebieden een stijging tot midden jaren 90 van de concentratie van kalium verwacht. Hoge kaliumconcentraties komen van nature voor in brak en zout grondwater. Hoge kaliumconcentraties in het grondwater kunnen ook het gevolg zijn van lekende rioleringsstelsels.

Er is geen streefwaarde voor kalium in grondwater. De drinkwaternorm voor kalium in het grondwater bedraagt 12 mg/L. Met %OBD wordt het percentage oppervlakte met een concentratie boven de drinkwaternorm bedoeld.

#### *Toestand*

Met uitzondering van de beekdalcomplexen en het rivierengebied is het %OBD in het ondiepe grondwater hoger dan 10 %. Het %OBD is hoger dan 20% in de duinen en strandwallen, de laagveengebieden, de polders en droogmakerijen, de zeekleigebieden, het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen, de keileengebieden, het zuidwestelijk zandgebied, de Peelhorst en oude rivierterrassen en het krijt- en lössgebied. Het %OBD is groter dan 10% in het ondiepe grondwater van het hoogveengebied, de Gelderse Vallei en Veluwezoom en de Centrale Slenk. Het %OBD is hoger dan 20% in het middeldiepe grondwater van de duinen en strandwallen, de laagveengebieden, de polders en droogmakerijen, de zeekleigebieden. Het %OBD is groter dan 10% voor het krijt- en lössgebied.

#### *Verandering*

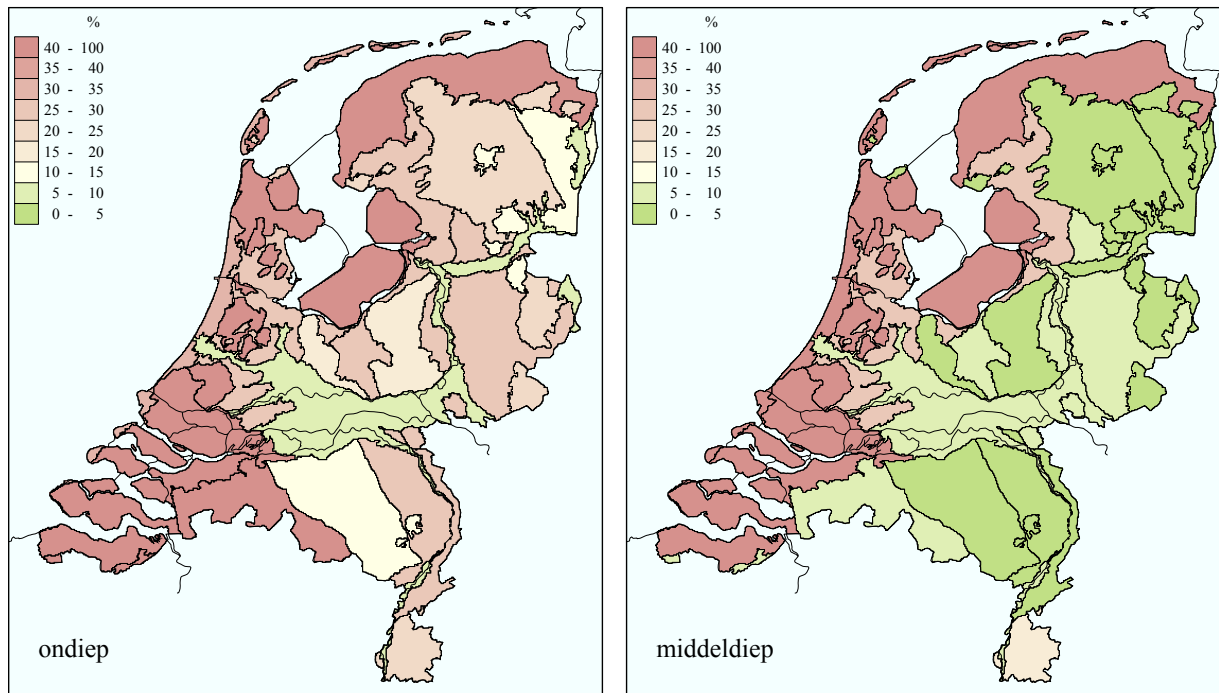
Het %OBD stijgt met meer dan 10% in het ondiepe grondwater van de beekdalcomplexen en in het middeldiepe grondwater van het krijt- en lössgebied.

#### *Diagnose*

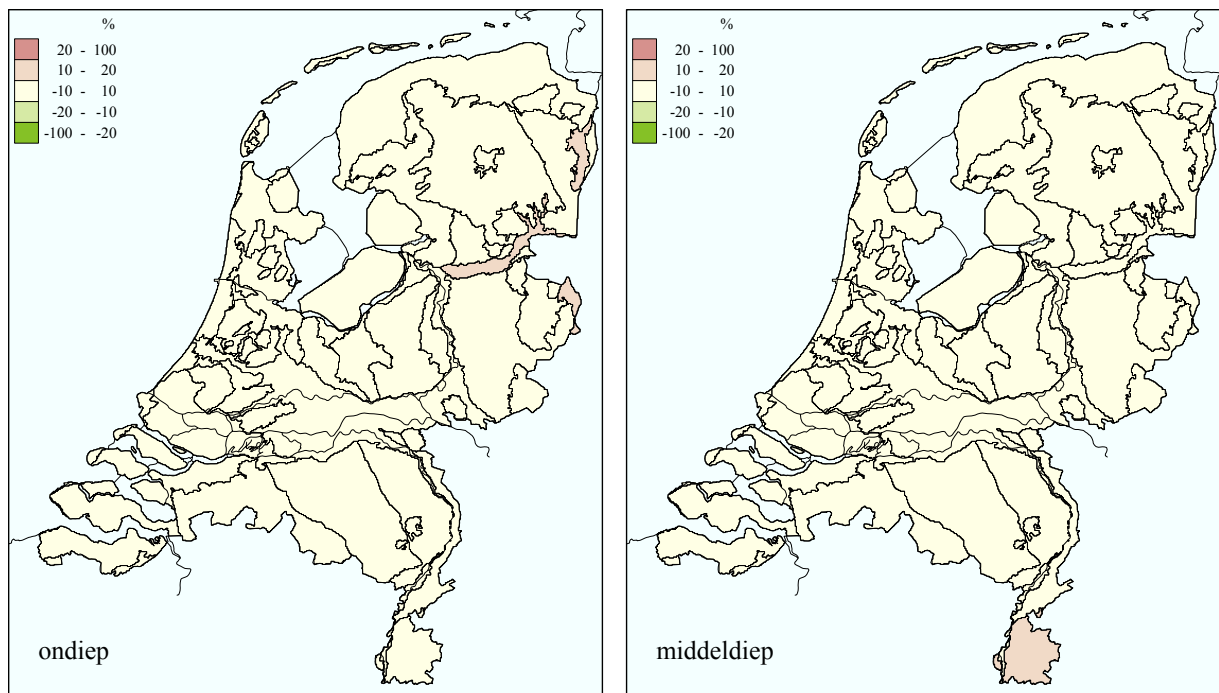
De hoge en zeer hoge %OBD in de duinen- en strandwallengebied en zeeklei-laagveengebieden in zowel het ondiepe als middeldiepe grondwater zijn het gevolg van mariene beïnvloeding. In de zandgebieden zijn de %OBD van kalium in het ondiepe grondwater hoger dan in het middeldiepe grondwater. De hoge %OBD in het ondiepe grondwater in de zandgebieden worden veroorzaakt door bemesting. De verschillen tussen ondiep en middeldiep grondwater worden veroorzaakt door sorptie. Uit bijlage 1 tabel 2.8.A blijkt dat de concentratie in het ondiepe grondwater voor gras en maïs op zand en in de Peelhorst en Maasterassen stijgt. De stijging wordt naar alle waarschijnlijkheid veroorzaakt door veehouderijbedrijven. De Peelhorst en Maasterassen zijn daarbij ook kwetsbaar.



## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.9.A: Kalium in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep op basis van waarnemingen van LMG en PMG; a: percentage oppervlakte boven de drinkwaternorm in het jaar 2000 (%OBD; drinkwaternorm 12 mg/L), b: verandering van het %OBD voor kalium in grondwater in de periode 1984-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.10 ARSEEN

#### *Inleiding*

Arseen komt in het grondwater voor als arsenaat. Net als fosfaat sorbeert arsenaat aan ijzer- en aluminiumhydroxiden. Onder anaërobe omstandigheden kan ijzerhydroxide reduceren waardoor arsenaat in grondwater oplost. We verwachten geen effecten van diffuse belasting aan maaiveld op de concentraties in het ondiepe grondwater. Wel komt arsenaat in het grondwater door oxidatie van pyriet, bijvoorbeeld door nitraat.

#### *Toestand*

In het ondiepe grondwater wordt een %OBS hoger dan 20% gevonden voor het rivierengebied en een %OBS hoger dan 10% voor het zuidwestelijk zandgebied. In het middeldiepe grondwater is het %OBS hoger dan 10% in het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen, het rivierengebied en het zuidwestelijk zandgebied.

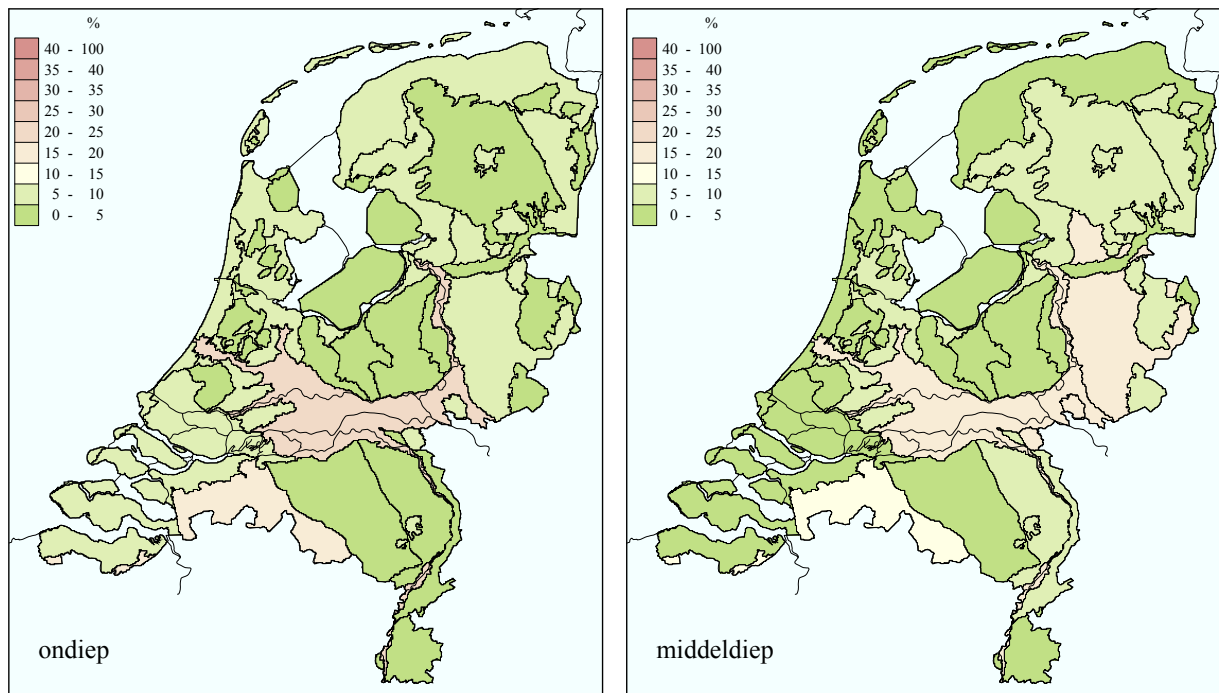
#### *Verandering*

Over het algemeen verandert het %OBS in de periode 1993-2000 niet.

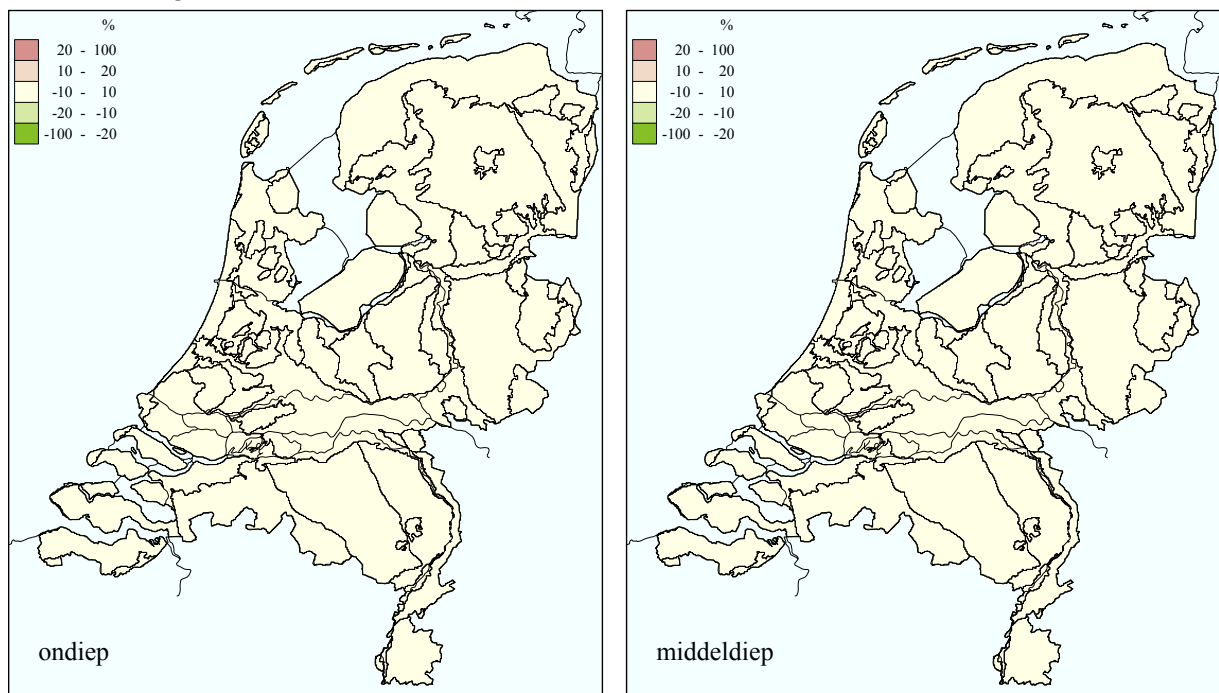
#### *Diagnose*

Het %OBS in rivierengebied is waarschijnlijk van nature hoog door hogere arseengehalten in de rivierafzettingen. De hoge %OBS in het ondiepe grondwater van het zuidwestelijk zandgebied en in het middeldiepe grondwater van het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen is waarschijnlijk mede het gevolg van pyriet-oxidatie door nitraat uit mest.

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.10.A: Arseen in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde 10 µg/L, waarnemingen van LMG en PMG), b: verandering van het %OBS voor arseen in grondwater in de periode 1990-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.11 LOOD

#### *Inleiding*

Lood is grootschalig toegepast als antiklop middel in benzine. Door het gebruik van loodvrije benzine is de emissie van lood in de periode van 1980 en 1985 sterk gedaald. In 1989 bedroeg de atmosferische depositie van lood in Nederland nog 115 g/(ha.a). In 1997 is de depositie gedaald naar 27 g/(ha.a). De totale belasting van de bodem is van 163 g/(ha.a) naar 170 g/(ha.a) in 1997 licht gestegen. De bijdrage van de atmosferische depositie aan de totale depositie is gedaald van 71 naar 16%. Lood sorbeert goed aan de bodem en komt daardoor in het milieu voornamelijk in de vaste fase voor. De diffuse lood-belasting heeft vermoedelijk geen invloed op de concentraties in het grondwater. Door oxidatie van pyriet kan lood in het in het grondwater terecht komen en wordt daarna aan de vaste fase gesorbeerd.

#### *Toestand*

Het %OBS is alleen hoger dan 10% in het middeldiepe grondwater van de polders en droogmakerijen.

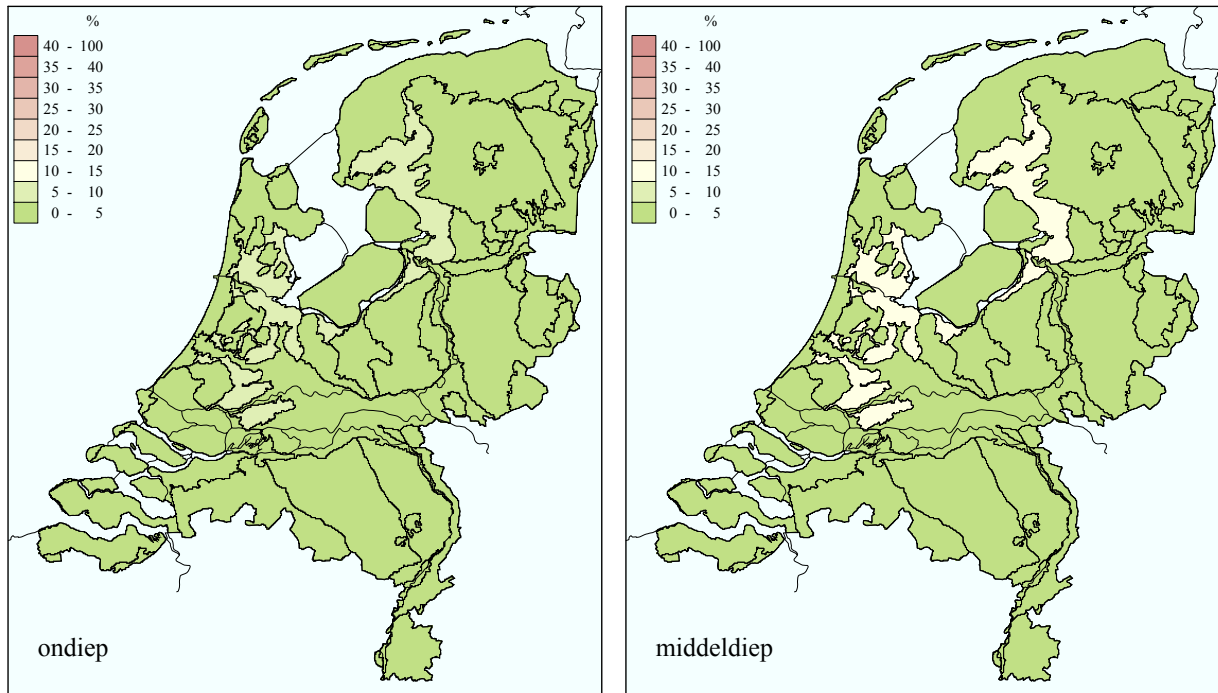
#### *Verandering*

De veranderingen van het %OBS in het ondiepe en middeldiepe grondwater zijn kleiner dan 10%.

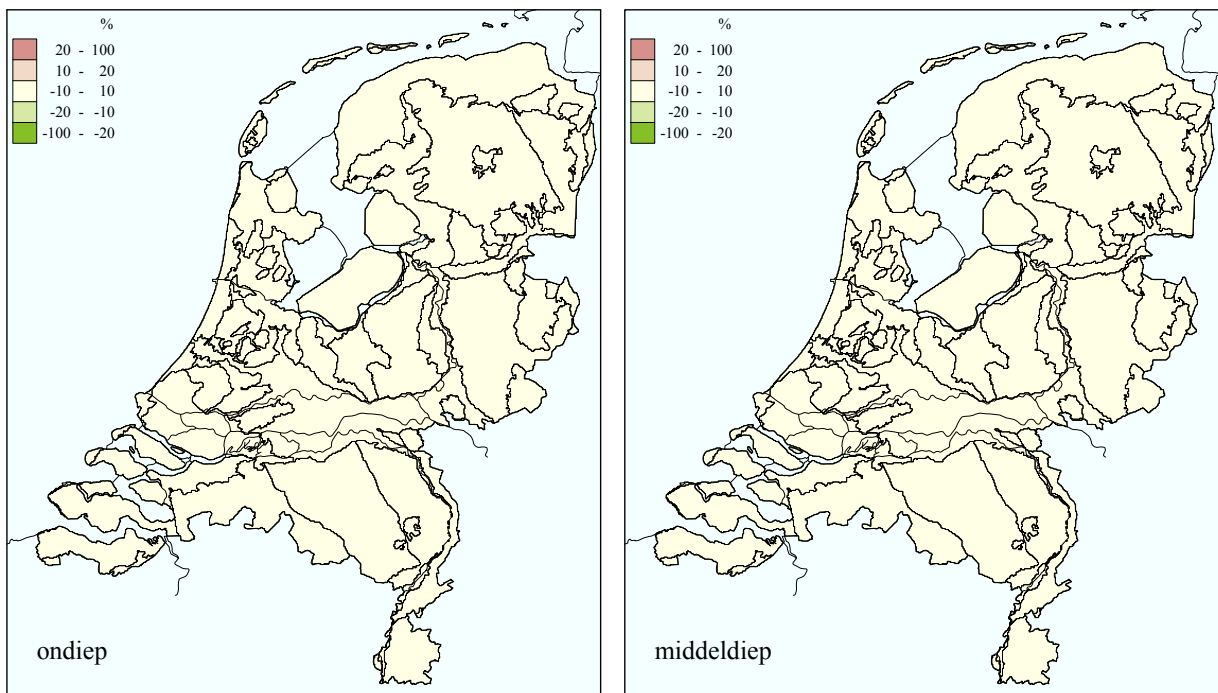
#### *Diagnose*

Conform de verwachting komt lood alleen in lage concentraties in het grondwater voor. Er zijn te weinig waarnemingen om een gemiddelde verandering te berekenen. Het %OBS verandert niet.

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.11.A: Lood in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde 15 µg/L, waarnemingen van LMG en PMG), b: verandering van het %OBS voor lood in grondwater in de periode 1990-1996 (waarnemingen van LMG).

### 3.12 CHROOM

#### *Inleiding*

In het milieu komt chroom in verschillende waardigheden voor. In de bodem en in het grondwater is chroom hoofdzakelijk als het stabiele Cr(III) aanwezig. In heel lage concentraties komt ook het veel minder stabiele Cr(VI) voor. Cr(VI) is al in zeer lage concentraties carcinogeen en schadelijk voor flora en fauna. Chroom is grotendeels afkomstig van emissies (lucht) van olieraffinaderijen, metaal- en verfindustrie. De atmosferische depositie van totaal-chroom in Nederland in 1997 bedroeg 2,8 g/(ha.a) (tabel 1.2.A). Voor landbouwgronden is de aanvoer van chroom in dierlijke mest en kunstmest van belang. De totale belasting van chroom bedroeg in 1997 circa 46 g/(ha.a). De depositie vanuit de atmosfeer droeg hier voor circa 6% aan bij. In het algemeen wordt chroom als totaal-chroom gemeten. Door het vormen van complexen met organische stof kan chroom in grondwater in hogere concentraties oplossen. Het transport van chroom in de bodem is echter gering en we verwachten daardoor geen effecten van diffuse belasting op de concentratie van chroom in het grondwater.

#### *Toestand*

Met uitzondering van het rivierengebied en de duinen en strandwallen zijn de %OBS in het ondiepe grondwater hoger dan 20%. Voor de duinen en strandwallen is het %OBS hoger dan 10%. Met uitzondering van het rivierengebied, het krijt- en lössgebied, de duinen en strandwallen, de Gelderse Vallei en Veluwezoom en het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen is het %OBS in het middeldiepe grondwater hoger dan 20%. Het %OBS is hoger dan 10% in het middeldiepe grondwater van de duinen en strandwallen, de Gelderse Vallei en Veluwezoom en het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen.

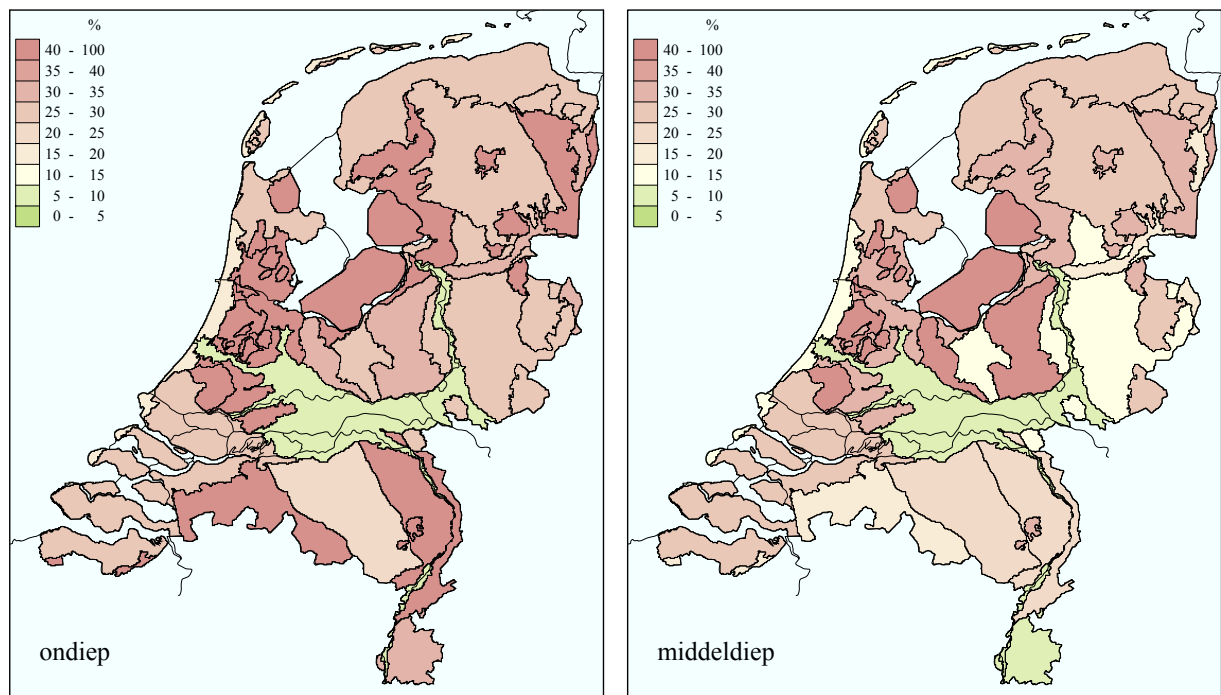
#### *Verandering*

In bijna alle eco-districtgroepen daalt het %OBS met meer dan 20% in het ondiepe en middeldiepe grondwater.

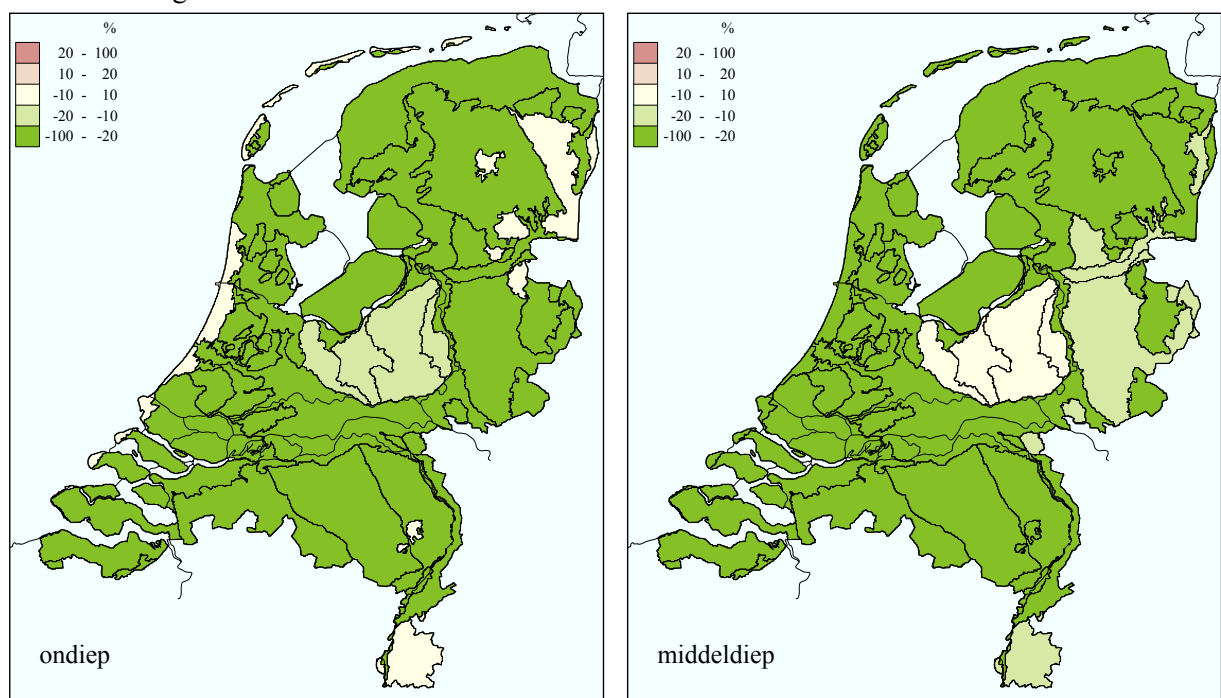
#### *Diagnose*

In heel Nederland komen concentraties voor die ruim boven de streefwaarde liggen. De hoge %OBS worden vooral veroorzaakt door de lage streefwaarde. Het is opmerkelijk dat voor bijna alle eco-districtgroepen op alle diepten de gemiddelde concentraties van chroom dalen. Gelet op deze bevinding is het aannemelijk dat de daling van de concentratie van chroom is toe te schrijven aan de verbetering van de meting van chroom waardoor steeds nauwkeuriger en lager wordt gemeten (laag concentratieniveau, pH-wijziging destructie zuur, eenduidig maken van de waardigheid van het te bepalen sporenelement, wijziging analytische meetmethode van AAS naar GFAAS naar ICP-AES, enz.).

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.12.A Chromium in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep op basis van waarnemingen van LMG en PMG; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde 2  $\mu\text{g/L}$ ), b: verandering van het %OBS voor chroom in grondwater in de periode 1990-2000.

### 3.13 NIKKEL

#### *Inleiding*

De bodem wordt vanuit de atmosfeer en mest met nikkel belast. De depositie bedroeg in 1997 31 g/(ha.a). De atmosferische depositie van nikkel maakt voor circa 95% deel uit van de totale belasting van de bodem en is daarmee de hoofdbron voor de belasting met nikkel. Nikkel accumuleert in de bovengrond omdat het goed sorbeert. We verwachten geen effecten van diffuse belasting op de concentratie van nikkel in het grondwater. Door oxidatie van pyriet kan nikkel in het grondwater terecht komen. Bij lage pH kan nikkel in het grondwater oplossen. Alleen bij lage pH's zijn hoge concentraties in het grondwater mogelijk.

#### *Toestand*

Het %OBS is hoger dan 20% in het ondiepe grondwater van het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen. Het %OBS is hoger dan 10% voor de beekdalcomplexen, de keileemgebieden en de Centrale Slenk. Het %OBS is hoger dan 10% in het middeldiepe grondwater van de keileemgebieden, het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen

#### *Verandering*

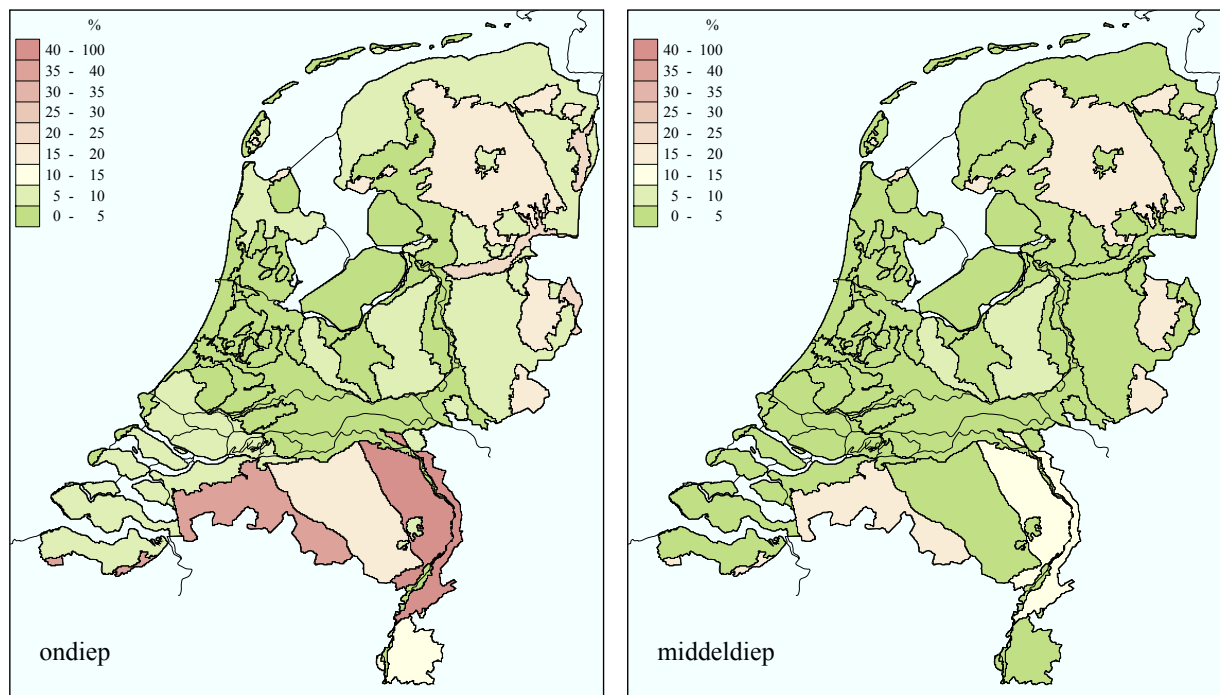
Het %OBS stijgt met meer dan 10% in het middeldiepe grondwater van het hoogveengebied.

#### *Diagnose*

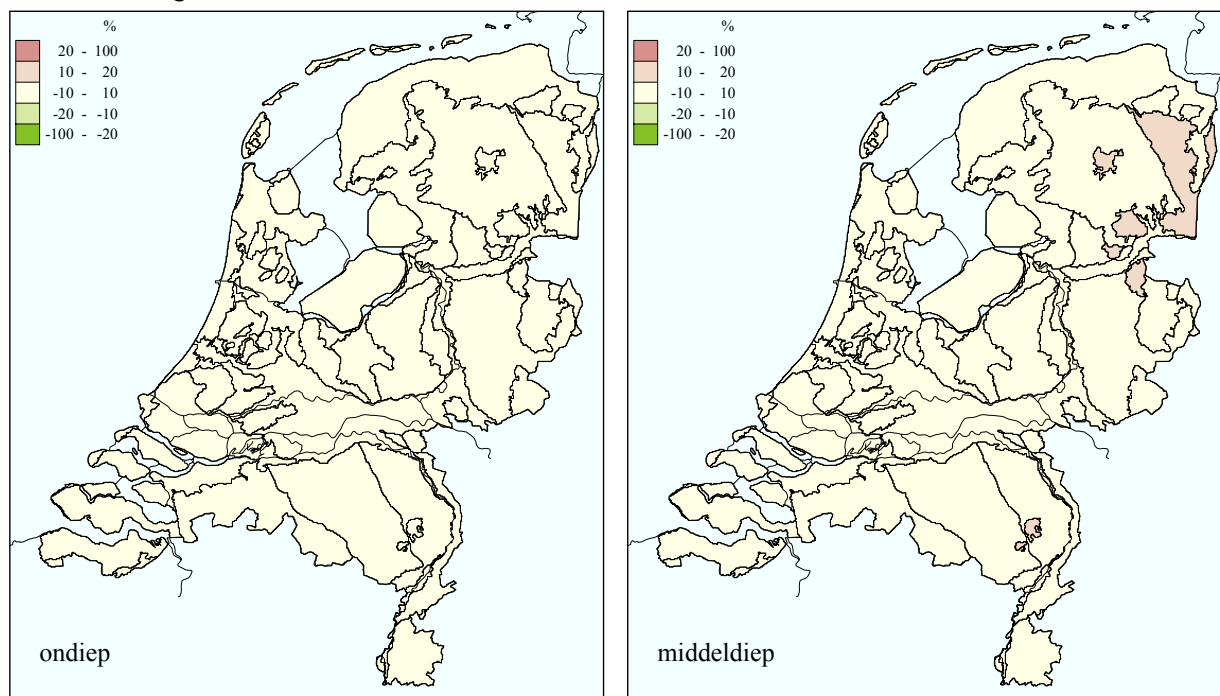
Nikkel komt van nature in associatie met pyriet in de ondergrond van Nederland voor (Huisman, 1998). Door oxidatie van pyriet door bijvoorbeeld nitraat uit mest kan nikkel in het grondwater oplossen. Hierdoor worden in voornamelijk het zuidelijke en ook in het noordelijke zandgebied hoge %OBS gevonden. Wegens het voorkomen van pyriet wordt ook in het oostelijk zandgebied een hoog %OBS verwacht. Het %OBS is niet hoog omdat de pH van het grondwater onder het oostelijk zandgebied voldoende hoog is. In hoofdstuk 3.17 "Diagnose sporenelementen grondwater" is beschreven of de invloed antropogeen is.



## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.13.A: Nikkel in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep op basis van waarnemingen van LMG en PMG; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde 15 µg/L), b: verandering van het %OBS voor nikkel in grondwater in de periode 1990-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.14 CADMIUM

#### *Inleiding*

In het verleden is veel cadmium op de bodem gedeponneerd door emissie vanuit de metaalindustrie. De atmosferische depositie is sinds eind jaren tachtig met 54% gedaald tot 0,3 g/ha in 1999. Deze daling wordt vooral bewerkstelligd door reducties in het buitenland en bij de doelgroep industrie (Hammingh, 2001). Tegenwoordig is de landbouw de belangrijkste bron voor de belasting met cadmium. De diffuse belasting van de bodem met cadmium komt voornamelijk door de atmosferische depositie en het gebruik van dierlijke mest en kunstmest. Cadmium is een van de best oplosbare sporenelementen en zou door uitspoelen van belasting aan maaiveld in het ondiepe grondwater terecht kunnen komen. De processen voor het uitspoelen van cadmium uit de bovengrond zijn door Boumans en Fraters, 1993 beschreven.

#### *Toestand*

Het %OBS is hoger dan 20% in het ondiepe grondwater van de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe, het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen. Het %OBS is hoger dan 10% in de beekdalcomplexen, de keileemgebieden en het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen. Het %OBS is hoger dan 20% in het middeldiepe grondwater van het zuidwestelijk zandgebied en het %OBS is hoger dan 10% voor de keileemgebieden.

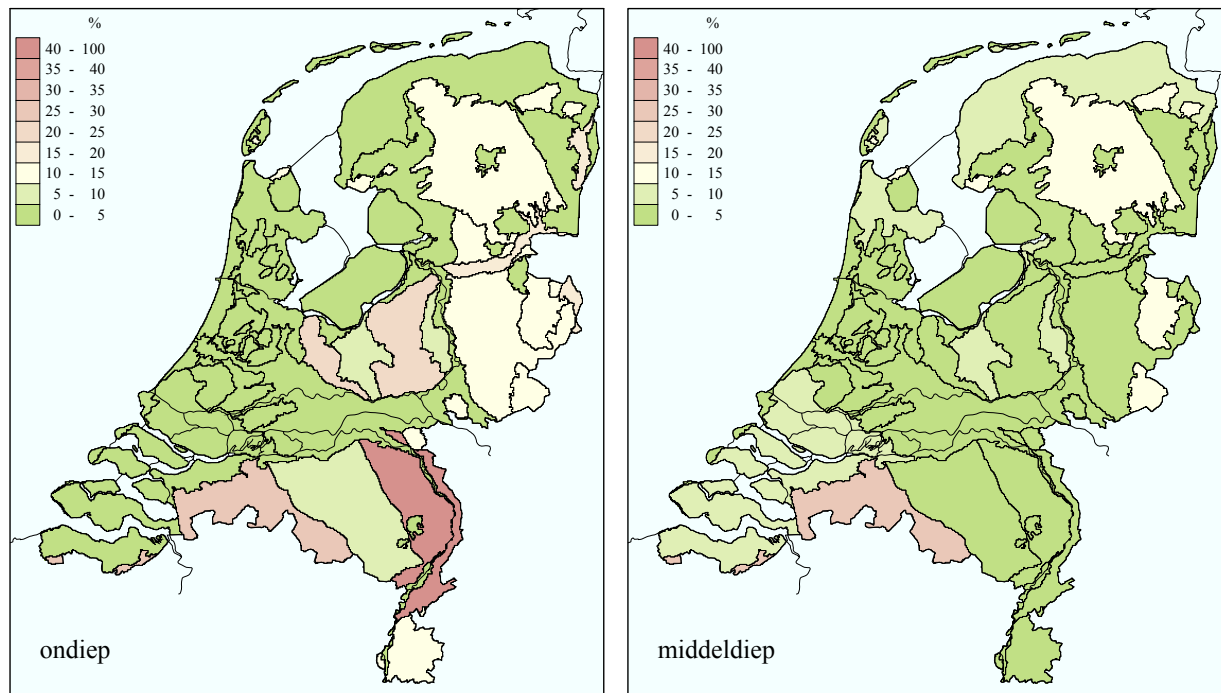
#### *Verandering*

Het %OBS stijgt met meer dan 10% in het middeldiepe grondwater van de beekdalcomplexen.

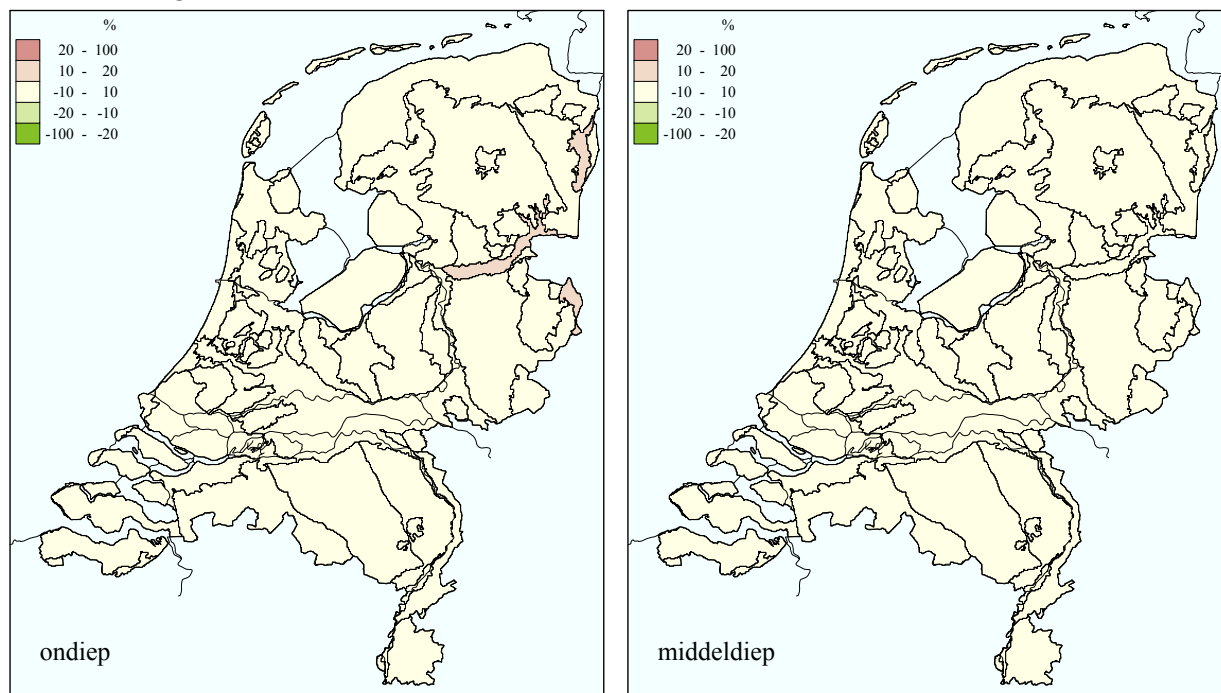
#### *Diagnose*

Net als nikkel komt cadmium van nature in associatie met pyriet in de ondergrond van Nederland voor (Huisman, 1998). Door oxidatie bijvoorbeeld van pyriet door nitraat uit mest kan cadmium in het grondwater oplossen. De stijging van het %OBS in het ondiepe grondwater in de beekdalcomplexen is niet relevant. In hoofdstuk 3.17 “Diagnose sporenelementen grondwater” is beschreven of de invloed antropogeen is.

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.14.A: Cadmium in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde 0,4 µg/L, waarnemingen van LMG en PMG), verandering van het %OBS voor cadmium in grondwater in de periode 1990-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.15 ZINK

#### *Inleiding*

Zink is samen met cadmium een van de best oplosbare sporenelementen en zou door uitspoelen van belasting aan maaiveld in het ondiepe grondwater terecht kunnen komen. De processen voor het uitspoelen zink uit de bovengrond zijn beschreven door Boumans en Fraters, 1993. Emissies naar de lucht zijn het gevolg van industriële activiteiten en afvalverbranding. De atmosferische depositie van zink in 1997 bedroeg 45 g/(ha.a). Ten opzichte van 1988 is de luchtconcentratie van zink met 47% gedaald. Deze daling is voornamelijk toe te schrijven aan emissiereducties bij de doelgroepen industrie en afvalverwerking (Hammingh, 2001). Verder komt zink op de bodem door het gebruik van dierlijke mest en kunstmest en zinkhoudende bestrijdingsmiddelen (circa 90 ton in 2000, Linden, 2001). Op landbouwgronden is de bijdrage van dierlijke mest en kunstmest goed voor 92% van de totale zinkbelasting (zie tabel 1.2.A)

#### *Toestand*

Het %OBS is hoger dan 20% in het ondiepe grondwater van het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen. Het %OBS is hoger dan 10% voor de beekdalcomplexen, de keileemgebieden en de Centrale Slenk. Het %OBS is hoger dan 10% in het middeldiepe grondwater van de zeekeilegebieden, de keileemgebieden, het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen.

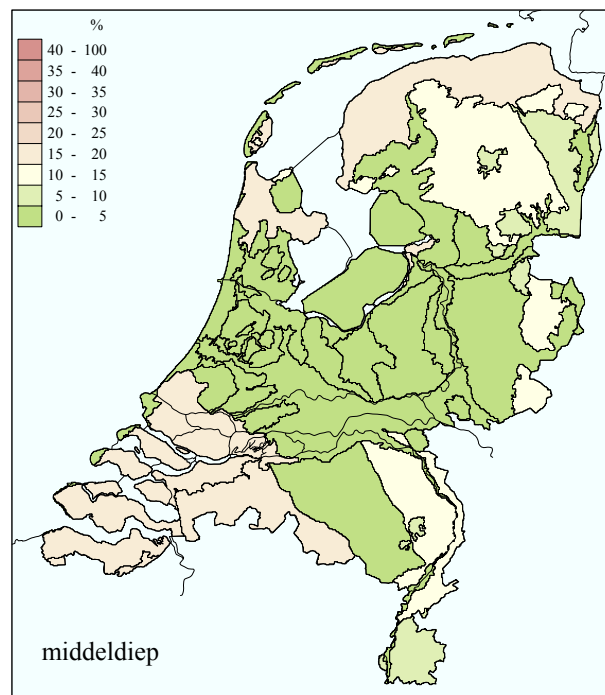
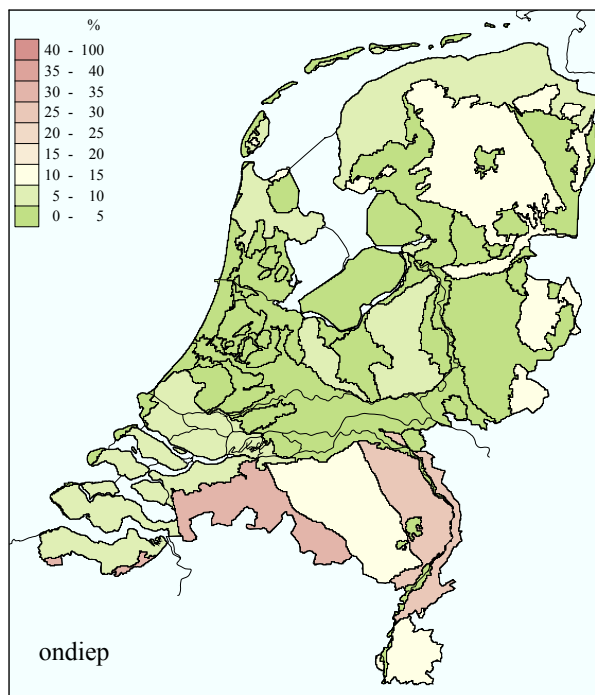
#### *Verandering*

Het %OBS stijgt met meer dan 10% in het middeldiepe grondwater van de zeekeilegebieden. Het %OBS daalt met meer dan 10% in het zuidwestelijk zandgebied.

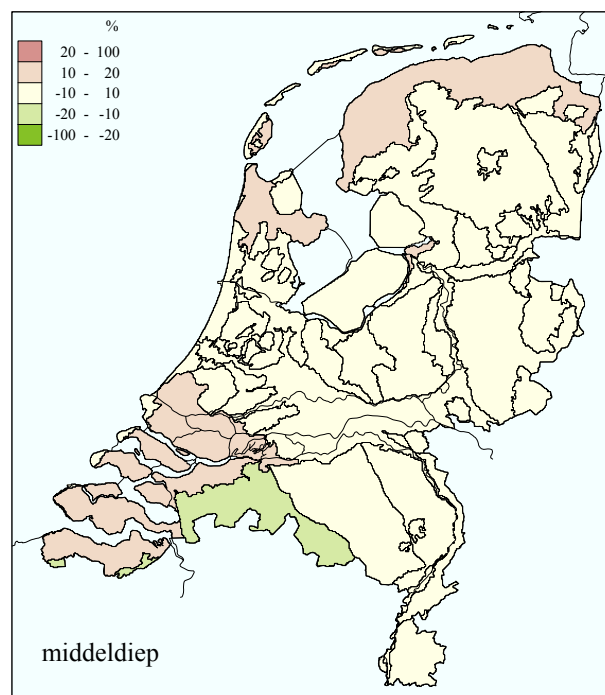
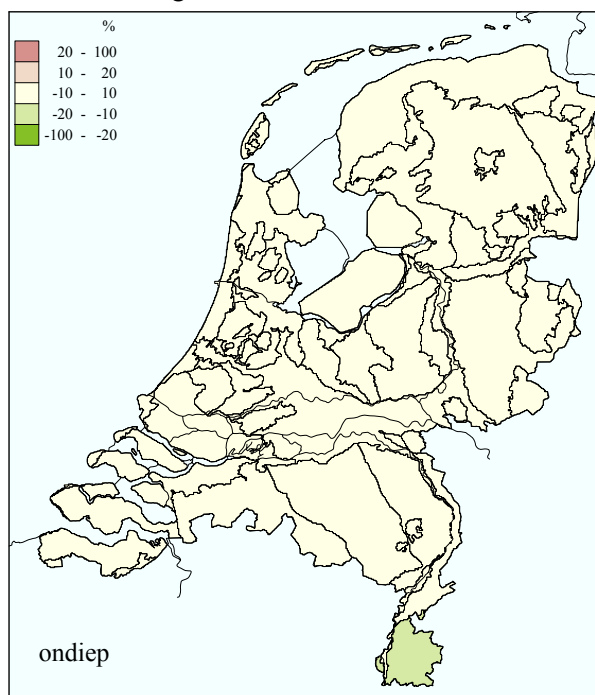
#### *Diagnose*

In grote lijnen is het beeld voor zink analoog aan het beeld dat voor cadmium is geschetst. Ook zink komt door verwering van pyriet in het grondwater terecht. De hoge %OBS en verandering van het %OBS in het middeldiepe grondwater in de zeekeilegebieden zijn onverwacht en kunnen niet worden verklaard. In hoofdstuk 3.17 "Diagnose sporenelementen grondwater" is beschreven of de invloed antropogeen is.

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.15.A: Zink in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde 65 µg/L, waarnemingen van LMG en PMG), b: verandering van het %OBS voor zink in grondwater in de periode 1990-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.16 KOPER

#### *Inleiding*

Koper is een essentieel sporenelement. Varkens krijgen koper in voer om de voedselopname te verbeteren. De atmosferische koperdepositie in de 1997 bedroeg 10 g/(ha.a). Op landbouwgronden werd in 1997 93% van de totale koperbelasting aangevoerd via dierlijke mest en kunstmest (tabel 1.2.A). Koper bindt evenals chroom en lood beter aan de bodem dan cadmium en zink. We verwachten geen koper in het grondwater door belasting aan maaiveld.

#### *Toestand*

Het %OBS is hoger dan 10% in het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen.

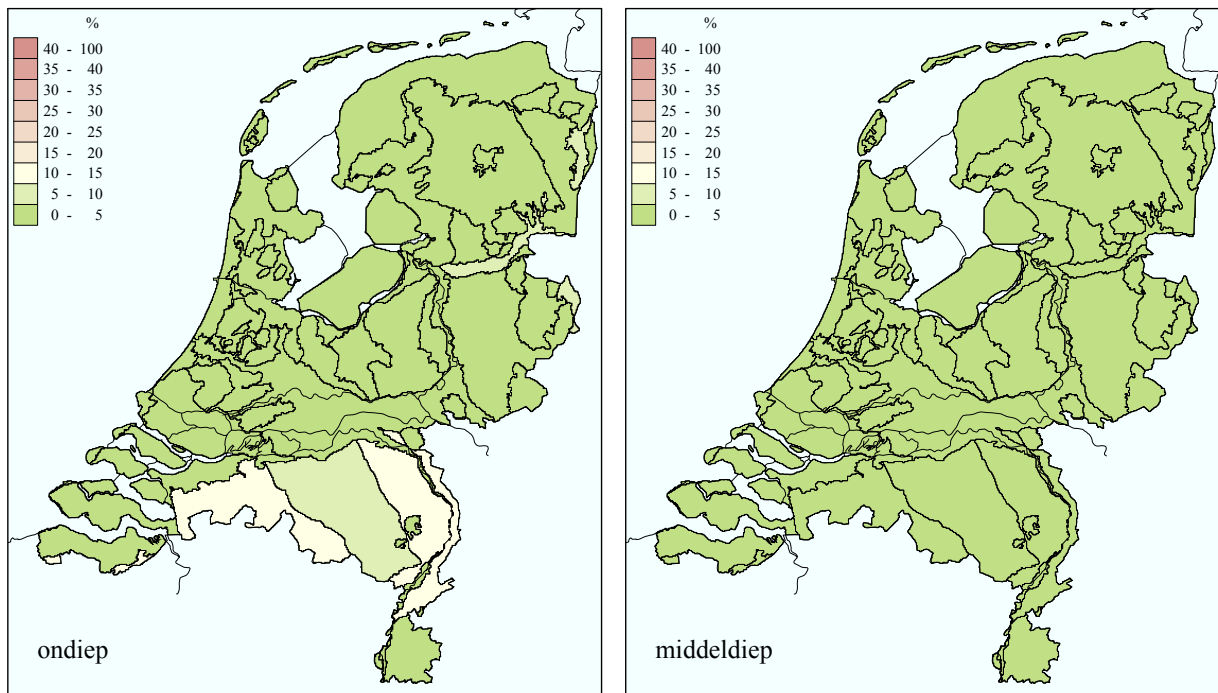
#### *Verandering*

Het %OBS stijgt met meer dan 10% in het ondiepe grondwater van de beekdalcomplexen.

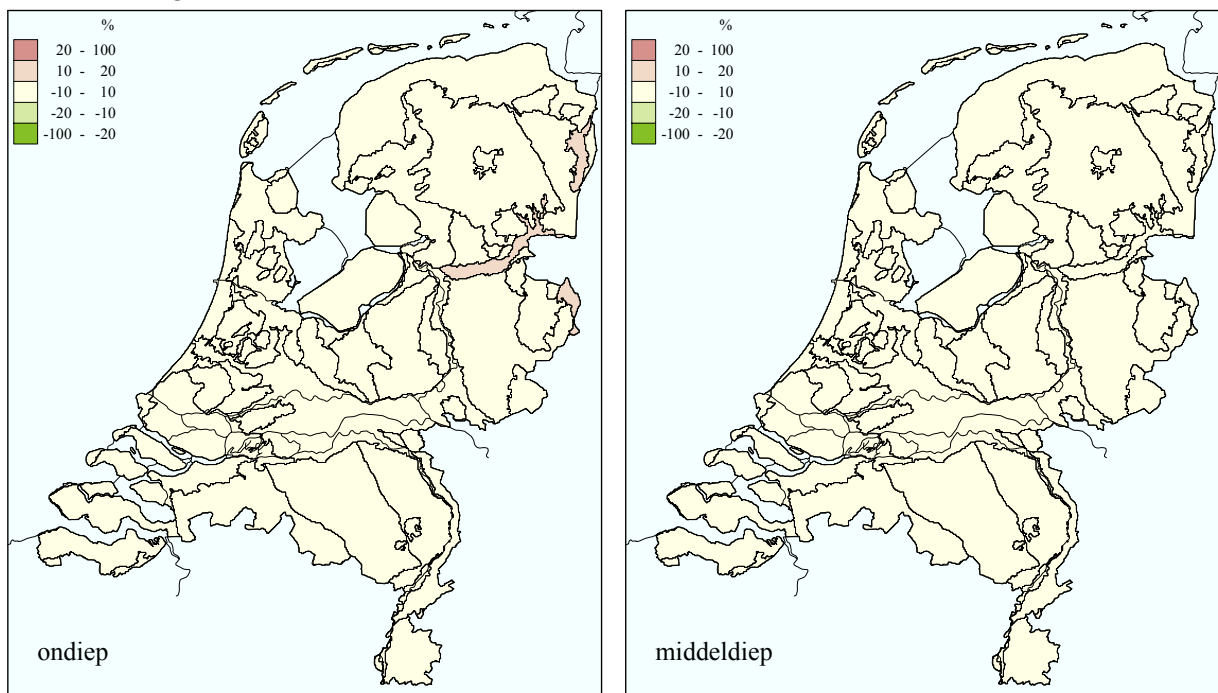
#### *Diagnose*

Conform de verwachting zijn de %OBS laag en verandert het %OBS niet. Koper komt door verwerking van pyriet in het grondwater. In hoofdstuk 3.17 "Diagnose sporenelementen grondwater" is er nader op ingegaan of de invloed antropogeen is.

## a: Toestand



## b: Verandering



Figuur 3.16.A: Koper in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep op basis van waarnemingen van LMG en PMG; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde 15  $\mu\text{g/L}$ ), b: verandering van het %OBS voor koper in grondwater in de periode 1990-2000 (waarnemingen van LMG).

### 3.17 DIAGNOSE SPORENELEMENTEN IN GRONDWATER

#### 3.17.1 Inleiding

In de voorafgaande paragrafen is per stof beschreven waar in het Nederlandse grondwater in welke mate (percentage oppervlak) overschrijdingen van streefwaarden voorkomen. Tevens is een indicatie gegeven van de oorzaak van vooral de verhoogde concentraties.

Hoge concentraties van nitraat en aluminium blijken in alle zandgebieden van Nederland voor te komen. Hoge concentraties van aluminium naast hoge concentraties van sulfaat en nitraat komen het meest voor in zuid Nederland. Hoge concentraties van sporenelementen als cadmium en zink komen ook vooral voor in het zuid-Nederlandse zandgebied. Het doel van dit hoofdstuk is om aan te geven wat de oorzaak is van de hoge concentraties van sporenelementen, en te verklaren waarom deze vooral in zuid-Nederland voorkomen.

#### 3.17.2 Bestand en gegevens bewerking

Gegevens van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit zijn geselecteerd om mogelijke invloeden op de conclusies, van locatiekeuze, bemonsteringsmethode, chemische analysemethode, enz. uit te sluiten. Invloeden van lokale verontreiniging en van zeewater zijn uitgesloten door waarnemingen te selecteren met een concentratie van chloride lager dan 200 mg/L. De waarnemingen zijn genomen uit de zandgebieden uit de periode 1990 tot en met 2000. De bovenkant van het filter moet dieper dan 5 m-mv liggen. De waarnemingen zijn op basis van metingen van tritium ingedeeld in een klasse jong en een klasse oud grondwater. Deze keuze is gemaakt omdat de opbouw naar hoge belastingen van het bodemsysteem pas na de 2e wereldoorlog, dus zo'n 50 jaar geleden, is begonnen. In het "oude" grondwater worden geen verhoogde concentraties sporenelementen of hoofd-componenten verwacht. Per filter is de mediaan berekend voor de waargenomen reeks van concentraties. De mediaan is vervolgens beschouwd als de meest waarschijnlijke concentratie van een filter. Hierdoor hebben uitschieters geen invloed op de resultaten van de analyses. We stellen dat concentraties in het jonge grondwater die tweemaal hoger zijn dan de maximale concentratie in oud grondwater, verhoogd zijn.

In de analyses is het volgende nagegaan:

1. zijn de verhoogde concentraties sporenelementen door de mens veroorzaakt (antropogeen)?
2. wat is de belangrijkste bron van de sporenelementen in het grondwater geweest: belasting van het maaiveld of het vrijkomen uit het bodemmateriaal (de grond)?

#### 3.17.3 Resultaten

##### 1. *Antropogene oorzaak?*

Volgens de analyse van tritium zijn er 298 filters met jong grondwater in de zandgebieden. Van deze 298 hebben 51 filters (17%) een concentratie van cadmium of koper of lood of nikkel of zink die tweemaal hoger is dan de maximale concentratie in oud grondwater. Daarom wordt gesteld dat deze 51 filters een duidelijk verhoogde concentratie van sporenelementen hebben.

Van de 51 filters met een verhoogde concentratie aan sporenelementen hebben 48 filters ook een verhoogde concentratie van een of meer van de drie hoofdcomponenten ( $\text{NO}_3^-$  en  $\text{SO}_4^{2-}$  en Al). Aangezien de verhoogde concentraties van de drie hoofdcomponenten kunnen worden verklaard uit antropogene beïnvloeding (vermesting en verzuring), wordt geconcludeerd dat het grondwater antropogeen is beïnvloed en ook de verhoogde concentraties van sporenelementen daarvan het gevolg zijn.



## 2. De bron van de sporenelementen?

Hoewel de verhoogde concentraties van sporenelementen zijn ontstaan door antropogene beïnvloeding, kan de bron verschillend zijn. Bronnen voor de belasting met sporenelementen nabij het bodemoppervlak zijn kunstmest, dierlijke mest en de atmosferische depositie. Een andere bron is het bodemmateriaal waardoor ter plekke van het grondwater zelf sporenelementen erin terecht kunnen komen. Om de bron van sporenelementen in het grondwater aan te duiden, zijn waarnemingen van putten in kwetsbare gebieden (invloed van bemesting in grondwater herkenbaar) geselecteerd. Omdat cadmium en zink het meest mobiel zijn (literatuur) is de analyse hierop toegespitst.

Voor cadmium en zink is in twee gebieden de relatie met aluminium onderzocht, omdat er enerzijds verschillen zijn in de belasting tussen Noord en Zuid Nederland (in Zuid Nederland in het verleden hogere belasting als gevolg van atmosferische depositie uit zinksmelterijen), en twee grondgebruiksgroepen, omdat de landbouw extra wordt belast vanuit kunstmest en dierlijke mest. Door een relatie te leggen met aluminium worden verschillen die worden veroorzaakt door verzuring en andere processen verdisconteerd.

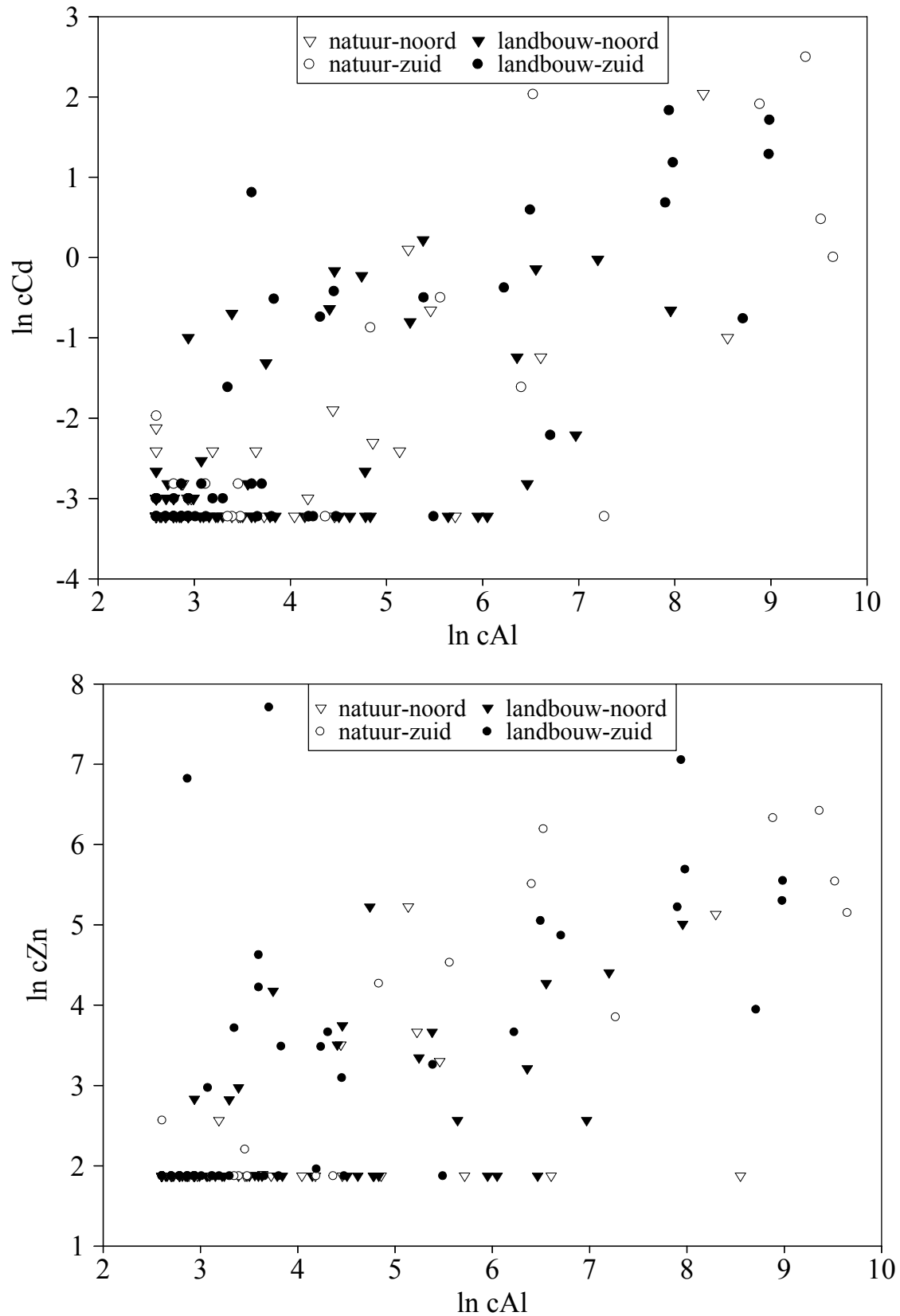
De waarnemingen zijn ingedeeld in vier groepen naar natuur en landbouw en boven (noord) en beneden (zuid) de grote rivieren. Indien historische belasting van het maaiveld in het zuiden de oorzaak is geweest voor verhoogde Cd en Zn verwachten we bij gelijke concentraties van Al, in het zuiden hogere Cd en Zn dan in het noorden. Indien recente belastingen van het maaiveld de oorzaak zijn geweest verwachten we bij gelijke concentraties van Al een verschil tussen landbouw en natuur.

De concentraties van zink en cadmium zijn dubbel-logaritmisch uitgezet tegen aluminium. Uit figuur 3.17.3.A blijkt enerzijds dat er geen duidelijk verschil is tussen landbouw en natuur en anderzijds dat hogere concentraties van cadmium en zink in combinatie met hoge concentraties van aluminium vooral in het zuiden voorkomen en dan zowel onder landbouw als natuur. Omdat er uitsluitend een relatie van de concentratie van aluminium met de concentratie van cadmium en zink bestaat en niet met bodemgebruik en regio is het het meest aannemelijk dat de oorzaak voor de hoge concentraties de kwetsbaarheid van de bodem is. Uit nader onderzoek van de dataset blijkt, dat bij hoge concentraties van mobiel cadmium en zink ook hoge concentraties van minder mobiele sporenelementen voorkomen (koper en nikkel). Het is daarom het meest aannemelijk dat de ondergrond de bron van de hoge concentraties van cadmium en zink is, en niet transport vanaf het bodemoppervlak.

Bij dit alles spelen verschillende processen een rol: oxidatie van pyriet (onder invloed van de uitspoeling van nitraat) waarbij sporenelementen in het grondwater komen, uitspoelende kationen (Ca, Mg, Al) die in de ondergrond sporenelementen van het adsorptiecomplex verdringen en vertering van mineralen door verzuring waarbij sporenelementen vrijkomen.

Doordat in zuid-Nederland de ondergrond armer, zuurder en waarschijnlijk pyriethoudender is dan in de rest van Nederland (Mol, 2002; Broers, 2002), treden dit soort processen vooral hier op.

Samenvattend zijn de hoge concentraties van sporenelementen in het jonge (meestal ondiepe) grondwater van zuid-Nederland dominant een effect van vermesting, verzuring en/of verdroging in combinatie met de eigenschappen van de ondergrond, en dus geen effect van de belasting van het maaiveld (als gevolg van atmosferische depositie en vermesting). Dit sluit overigens niet uit dat ook nog sporenelementen naar het ondiepe en middeldiepe grondwater uit kunnen spoelen en dat op de lange termijn de concentratie in het ondiepe en middeldiepe grondwater zouden kunnen beïnvloeden.



Figuur 3.17.3.A: Cadmium- en aluminiumconcentraties en zink- en aluminiumconcentraties in jong aëroob grondwater onder zandgebieden.

#### 4. CONCLUSIE

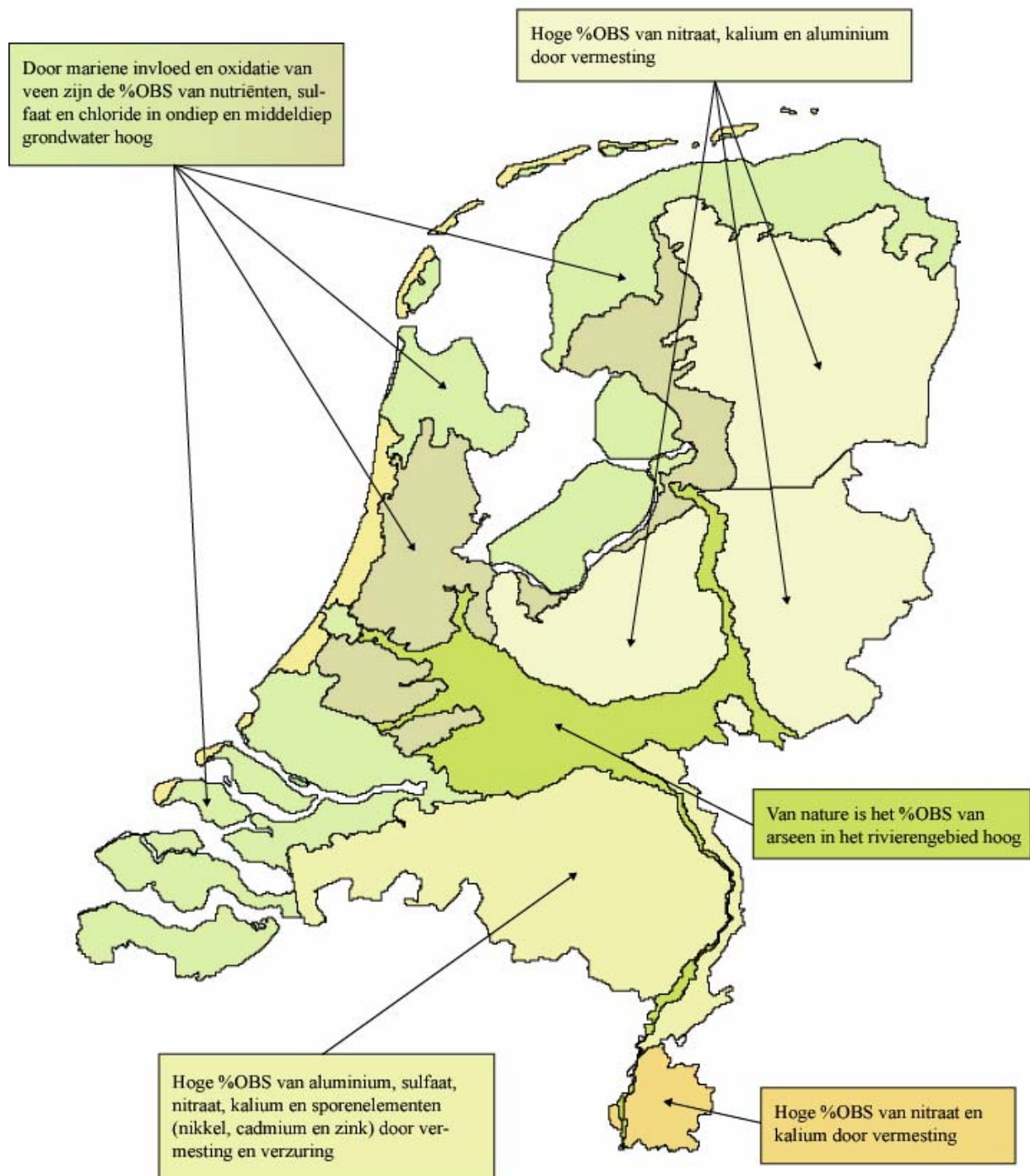
Streefwaarde-overschrijdingen (of overschrijdingen van de drinkwaternorm) in het ondiepe en middeldiepe grondwater van Nederland worden in 2000 gevonden voor nutriënten (ammonium, fosfaat, nitraat, kalium), spoorelementen (nikkel, cadmium, zink en arseen), en sulfaat, chloride en aluminium. In de zeeklei/veengebieden hebben de streefwaarde-overschrijdingen een natuurlijke oorzaak (nutriënten, sulfaat, chloride).

In de zandgebieden zijn de overschrijdingen voornamelijk het effect van de drie milieuthema's vermist, verzuring en verdroging, waarbij de effecten niet van elkaar te onderscheiden zijn. De effecten op de grondwaterkwaliteit zijn zowel direct (bv. uitspoeling van nitraat en kalium) als indirect (bv. oxidatie van pyriet onder invloed van nitraatuitspoeling). Specifiek in het zuid-Nederlandse zandgebied komen verhoogde concentraties van cadmium, nikkel en zink voor. Het meest aannemelijk is dat dit het gevolg is van vermist, verzuring en/of verdroging in combinatie met de eigenschappen van de ondergrond (arm, pyriethoudend) en niet van transport vanaf het bodemoppervlak (directe belasting van metalen vanuit metaalindustrie of mest).

In het rivierengebied worden van nature hoge arseengehalten in het grondwater aangetroffen.

Over het algemeen verandert de grondwaterkwaliteit weinig tussen 1984 en 2000. De concentraties van nitraat blijven gelijk, omdat de bemesting in Nederland tussen 1980 en 1990 ongeveer gelijk is gebleven. In ondiep grondwater onder gras/maïs op zand stijgt de concentratie van kalium. De concentraties van chloride in het grondwater van de zandgebieden dalen, omdat de bodembelasting van chloride uit mest is afgenomen.

Over het algemeen leidt de monitoring van het ondiepe grondwater tot het beeld dat in figuur 4.A is weergegeven.



*Figuur 4.A: Hoofdzaken van de chemische samenstelling (%OBS, percentage oppervlakte met overschrijding van de streefwaarde) van het ondiepe grondwater (2-10 m - GWS) in Nederland.*

## LITERATUUR

- Beugelink, G.P. en Pastoors, M.J.H., 2001. Verdroging in de vijfde milieuverkenning RIVM. Rapportnr 408129022, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Boer, J.L.M. de, Gast, L.F.L., Kusse, A.A.M., Snelting, H. en Willemsen, W.H., 1990. Inrichting en Exploitatie van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit. Rapportnr 72517061, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Boschloo, D.J. en Stolk, A.P., 1999. Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling; Meetresultaten 1998. Rapportnr 723101054, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Boumans, L.J.M., 1994. Nitraat in het bovenste grondwater onder natuurgebieden op zandgrond in Nederland. Rapportnr 712300002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Boumans, L.J.M. en Fraters, B., 1993. Cadmium, chroom, lood, zink en arseen in het freatische grondwater van de zandgebieden van Nederland. Rapportnr 712300001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Boumans, L.J.M. en Meinardi, C.R., 1986. Hoge zinkgehalten in het ondiepe grondwater van een natuurgebied in Peel. *H<sub>2</sub>O*, 19(12): 263-265.
- Boumans, L.J.M., Meinardi, C.R. en Krajenbrink, G.J.W., 1989. Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in zandgebieden. Rapportnr 728472013, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Broers, H.P., 2002. Strategies for regional groundwater quality monitoring. Thesis, State University of Utrecht, Utrecht, pp. 231.
- CBS, 1992. Mineralen in de landbouw, 1970-1990. C-67/1970-1990, ISBN 903571391-5, Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.
- CBS, 1995. Milieustatistieken voor Nederland 1994. C-67/1970-1990, ISBN 903571391-5, Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.
- CBS, 1998a. Bedrijven en oppervlakte. In: CBS (Editor), De landbouwellingen 1998, CBS cijfers van de land- en tuinbouw. Elsevier Scientific Publishing Company, Voorburg/Heerlen, pp. 11.
- CBS, 1998b. Statistiek van het bodemgebruik 1993. In: CBS (Editor), Kwartaalbericht Milieustatistieken 1998-2. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen, pp. 16.
- CBS, 2003. Statline.
- CBS en RIVM, 1999. Milieucompendium 1999; Het milieu in cijfers, Centraal Bureau voor de Statistiek, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Voorburg/Bilthoven.
- CBS en RIVM, 2001. Milieucompendium 2001; Het milieu in cijfers, Centraal Bureau voor de Statistiek, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Voorburg/Bilthoven.
- CCRX, 1993a. Metingen in het Milieu in Nederland 1992, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- CCRX, 1993b. Metingen in het Milieu in Nederland 1993, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Chatfield, C., 1989. The Analysis of time Series: An Introduction. Chapman and Hall, London, New York.
- Drecht, G. van, Boumans, L.J.M., Fraters, B., Reijnders, H.F.R. en Duijvenbooden, W. van, 1996a. Landelijke beelden van de diffuse metaalbelasting van de bodem in de bovengrond, alsmede de relatie tussen gehalten en belasting. Rapportnr 714801006, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Drecht, G. van, Boumans, L.J.M. en Reijnders, H.F.R., 1994. Landelijk beeld van de grondwaterkwaliteit, methode en resultaten voor nitraat. Rapportnr 714801001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Drecht, G. van, Reijnders, H.F.R., Boumans, L.J.M. en Duijvenbooden, W. van, 1996b. De kwaliteit van het grondwater op een diepte tussen 5 en 30 meter in Nederland in het jaar 1992 en de verandering daarvan in de periode 1984-1993. Rapportnr 714801005, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Duijvenbooden, W. van et al., 1989. De kwaliteit van het grondwater in Nederland. Rapportnr 728820001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Duijvenbooden, W. van, Taat, J. en Gast, L.F.L., 1985. Landelijk Meetnet Grondwater: Eindrapport van de Inrichtingsfase. Rapportnr 840382001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- EEG, 1998. Richtlijn 98/83/EG van de Raad betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water, EEG, European Economic Communities, Brussel.
- Eerdt, M. van, Meij, T van der en Fong, N., 1999. Belasting van landbouwgrond met zware metalen, 1990-1997, Kwartaalberichten Milieu 1999/3. Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag.
- Erisman, J.W. en Bleeker, A., 1997. Emission, concentration and deposition of acidifying substances. In: G.J. Heij and J.W. Erisman (Editors), Studies in Environmental Science 69: Acid Atmospheric Deposition and its Effects on Terrestrial Ecosystems in the Netherlands; The Third and Final Phase (1991-1995). Studies in Environmental Science. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, pp. 705.

- Fong, N., 2000. Mineralen in de landbouw 1998 en 1999. In: CBS (Editor), Kwartaalbericht Milieustatistieken 2000-4. Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg, p. 24-15.
- Frapporti, G., 1994. Geochemical and statistical interpretation of the Dutch national groundwater quality monitoring network. Thesis, Utrecht, Utrecht, pp. 119.
- Frapporti, G., Vriend, S.P. en Gaans, P.F.M. van, 1994. Trendbepaling in het Nederlandse grondwater; Verdroging en haar invloed op grondwatersamenstelling. *H<sub>2</sub>O*, 27(13): 372-375.
- Fraters, B. et al., 2000. Landbouwpraktijk en waterkwaliteit in Nederland: Achtergrondinformatie periode 1992-1997 voor de landenrapportage EU-nitraatrichtlijn. Rapportnr 718201003, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Fraters, B., Nienhuis, J.G en Hoogervorst, N.J.P., 1991. Berekeningen van de accumulatie van een aantal zware metalen en arseen voor de Nationale Milieuverkenningen 2 1990-2010. niet verschenen. Samenvatting in: Nationale Milieuverkenning 2, 1991, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, p. 340-344.
- Gast, L.F.L., Taat, J. en Duijvenbooden, W. van, 1985. Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit: 2. concentratiekaarten van de eerste bemonstering. Rapportnr 840382002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Groot, M.S.M., Bronswijk, J.J.B. en Leeuwen, T.C. van, 2000. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit; Resultaten 1996. Rapportnr 714801017, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Hammingh, P., 2001. Luchtkwaliteit, jaaroverzicht 1998 en 1999. Rapportnr 725301006, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Helsel, D.R. en Hirsch, R.M., 1992. Statistical methods in water resources. Stud. Environ. Sci., 49. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam -London - New York - Tokyo, pp. 522 .
- Hendriks, B. en Boumans, L.J.M., 2002. Neerslagcorrectiemethode voor provinciale nitraatgegevens, Interprovinciaal Overleg, Den Haag.
- Henkes, Ch. H., 1994. Daling van het Cl- en Na-gehalte in ondiep grondwater een gevolg van veranderde minerale bemesting. Meststoffen: p. 40-43.
- Huisman, D.J., 1998. Geochemical Characterization of Subsurface Sediments in the Netherlands, Landbouw Universiteit Wageningen, Wageningen, pp. 175.
- Klijn, F., 1988. Milieubeheergebieden; Deel A: Indeling van Nederland in ecoregio's en ecodistricten, Deel B: gevoeligheid van ecodistricten voor verzuring, verontreiniging en verdroging. Rapportnr 758702001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Kuiphof, H., 2000. Actualiseren LMG locatie-attributen. Interne notitie, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Laboratorium voor Anorganisch-analytische Chemie, 1990. Kwaliteitshandboek LAC, Sector MEV: Verrichtingenlijst laboratorium voor Anorganisch-analytische chemie, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Linden, A.M.A. van der, 2001. Belasting landbouw met zink uit pesticiden in 2000. Personal communication, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- LNV, 1990. Natuurbeleidsplan; regeringsbeslissing. Tweede kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21 149, nrs. 2-3, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, 's-Gravenhage.
- Meinardi, C.R., 1994. Groundwater Discharge and Travel Times in the Sandy Regions of the Netherlands. Thesis, Free University, Amsterdam, pp. 211.
- Milieu- en Natuurplanbureau RIVM, 2002. Minas en Milieu; Balans en Verkenning. Rapportnr 718201005, ISBN 906960097-8, NUGI825, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Mol, G., 2002. Bodemverzuringmonitoring in Nederland, Thesis, University Utrecht, Utrecht, pp. 144.
- Pebesma, E.J., 1996. Mapping groundwater quality in the Netherlands. Thesis, University Utrecht, Utrecht, pp. 114 .
- Pebesma, E.J. en Kwaadsteniet, J.W. de, 1994a. Een landsdekkend beeld van de Nederlandse grondwaterkwaliteit op 5 tot 17 meter diepte in 1991. Rapportnr 714810014; ISBN 90 6960 052 8, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Pebesma, E.J. en Kwaadsteniet, J.W. de, 1994b. Een landsdekkend beeld van verandering in de Nederlandse grondwaterkwaliteit op 5 tot 17 meter diepte: een vooruitzicht. Rapportnr 714810014; ISBN 90 6960 058 7, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Pebesma, E.J. en Kwaadsteniet, J.W. de, 1997. Mapping groundwater quality in the Netherlands. *J. of Hydrology*, 300: 364-386.
- Reijnders, H.F.R., Drecht, G. van, Prins, H.F. en Boumans, L.J.M., 1997a. De kwaliteit van het grondwater in Nederland. *H<sub>2</sub>O*, 30(22): 658-665.
- Reijnders, H.F.R., Drecht, G. van, Prins, H.F. en Boumans, L.J.M., 1998. The Quality of the Groundwater in the Netherlands. *J. of Hydrol.*, 207: 179-188.
- Reijnders, H.F.R., Prins, H.F., Drecht, G. van en Boumans, L.J.M., 2000. Opsporen en merken van afwijkende resultaten in het bestand van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit: Uitbijters. Interne notitie, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.

- Reijnders, H.F.R., Prins, H.F., Drecht, G. van, Boumans, L.J.M. en Wever, D., 1997b. Opsporen en merken van afwijkende resultaten in het bestand van het Landelijk Meetnet Grondwater-kwaliteit, Interne notitie, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- RIVM, 1992. Milieudiagnose 1991; I: Integrale rapportage Lucht-, Bodem- en Grondwater; II: Luchtkwaliteit; III: Bodem- en Grondwaterkwaliteit. Rapportnr I: 72801003, II: 222101022, III: 724801004, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- RIVM, 1993. Milieurapportage 1993; I Integrale rapportage stikstof. Rapportnr 482533001, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- RIVM, 2000. Milieubalans 2000; Het Nederlandse milieu verklaard. Samson H.D. Tjeenk Willink bv, Alphen aan den Rijn, Bilthoven, pp. 142.
- Russell, E.W., 1973. Soil conditions and plant growth. Longman, London and New York, pp. 24.
- Schachtschabel, P., Blume, H.-P., Brümmer, G., Hartge, K.H. en Schwertmann, U., 1989. Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Schröder, J. en Dilz, K., 1988. Snijmaïs met dierlijke en minerale mest. Meststoffen.
- Snelting, H. et al., 1982-1992. Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit, analyseresultaten per bemonsteringsjaar en per provincie. officiële rapporten van RID en RIVM, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Stolk, A.P., 2001. Landelijk Meetnet Regenwatersamenstelling; Meetresultaten 1999. Rapportnr 723101056, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Stuurgroep Integrale Normstelling Stoffen, VROM, VWS, LNV en EZ, 1999. Integrale Normstelling Stoffen - Milieukwaliteitsnormen bodem, water, lucht-, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Ministerie van Volksgezondheid en Welzijn, Ministerie van Landbouw, Natuur en Visserij, Ministerie van Economische Zaken, Den Haag.
- Stuyfzand, P.J., 1987. Een zeer nauwkeurige berekening van het elektrisch geleidingsvermogen, ter controle en aanvulling van wateranalyses. 2e versie, KIWA, N.V., Rijswijk.
- Tweede Kamer der Staten-Generaal en VROM, 1992. Beleidsstandpunt over de notitie "Milieukwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water" (MilBoWa)(kamerstukken II, 1990-1991, 21 990, Nr.1); Tweede Kamer der Staten-Generaal, vergaderjaar 1991-1992, 21 990 en 21 250, nr. 3, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, 's-Gravenhage.
- Vries, F. de en Denneboom, J., 1992. De Bodemkaart van Nederland digitaal, DLO-Staring Centrum, Wageningen.
- VROM, 2000. Circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering, Ministerie voor Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.
- VROM, 2001. Besluit van 9 januari 2001 tot wijziging van het Waterleidingbesluit in verband met de richtlijn betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag.
- VTCB, 1996. Advies Bodemkwaliteit. VTCB A86/02-I, Voorlopige Technische Commissie Bodembescherming, Leidschendam.
- Wever, D. en Bronswijk, J.J.B., 1997. Optimalisatie van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit. Rapportnr 714851002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Wilkens, B.J., 1995. Evidence for groundwater contamination by heavy metals through soil passage under acidifying conditions. Mededelingen van de Faculteit Aardwetenschappen der Universiteit Utrecht.
- Willems, W.J. et al., 2000. Onderbouwing van het Nederlandse derogatieverzoek in het kader van de Europese Nitraatrichtlijn. Rapportnr 718201002, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven.
- Wit, A.W.J. de, Heijden, Th.G.C. van der en Thunissen, H.A.M., 1999. Vervaardiging en nauwkeurigheid van het LGN3-grondgebruiksbestand. rapport 663/IS/05-99, Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied, Wageningen.





## BIJLAGE 1

## GRONDWATERKWALITEIT EN ONZEKERHEID PER COMPONENT

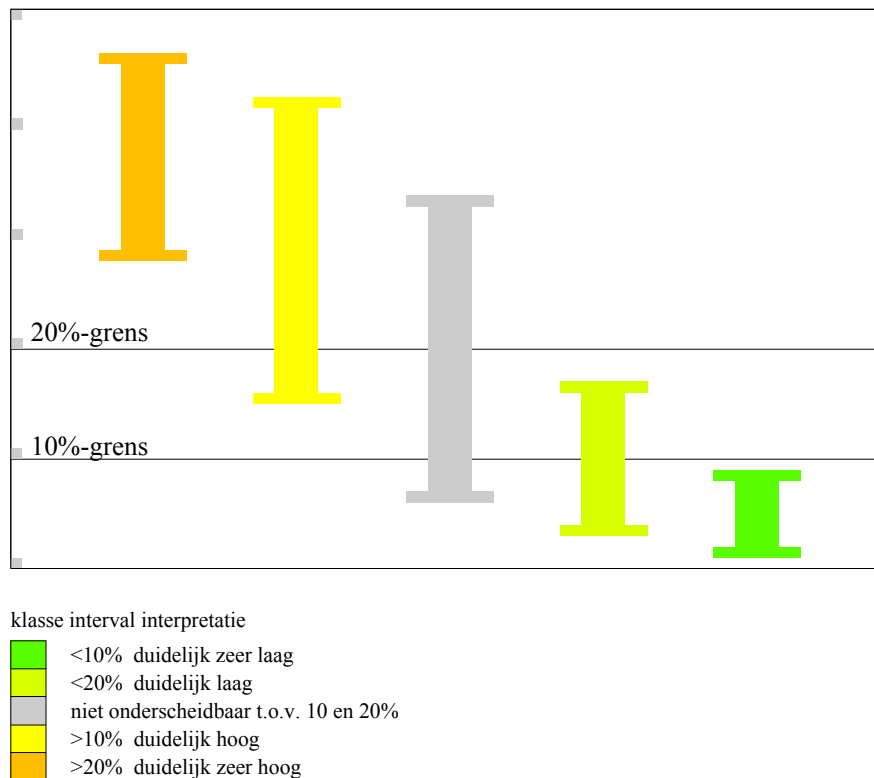
## 1 TOELICHTING BIJ TABELLEN EN FIGUREN

## 1.1 FIGUREN A IN BIJLAGE 1

In het hoofdrapport is in paragraaf 2.5 beschreven hoe de grondwaterkwaliteit in kaart is gebracht door een geografische eenheid een kleur toe te kennen op basis van de ligging van het percentage Oppervlakte Boven de Streefwaarde (%OBS; drinkwaternorm/pH 5/enz.) op een schaal 0-100%. Voor de gebiedsindeling is voor eco-districten gekozen. Het totaal aantal waarnemingen per component van de grondwatermeetnetten voor geheel Nederland in 2000 bedraagt 406. Het aantal waarnemingen per eco-district is echter soms klein. Hierdoor zijn betrouwbaarheidsintervallen (BI) van het %OBS breed. Het ontwikkelen van een kaartbeeld van het %OBS op basis van de ligging van brede BI's ten opzichte van gekozen grenzen levert te weinig differentiatie van de gebieden op (gekozen grenzen binnen de BI's, zie grijs interval in figuur 1.1.A). In de hoofdtekst zijn gebieden onderscheiden op basis van de ligging van het %OBS zelf. Om te voorkomen dat een kaart op basis van een %OBS samen gaat met een breed BI is er naar gestreefd om 20 waarnemingspunten per gebied ter beschikking te hebben. Bij eco-districten kan dit alleen maar door groeperen van eco-districten. Bij het groeperen van eco-districten is erop gelet dat districten zijn samengevoegd die op elkaar lijken en die een vergelijkbaar %OBS hebben. Daarna is het 80%-BI voor het %OBS per eco-districtgroep uitgerekend. Voor 80%-betrouwbaarheidsintervallen is gekozen omdat twee schattingen van het %OBS met een grotere significantie (dan 80%) verschillend van elkaar zijn als de twee 80% intervallen gescheiden zijn. Om de breedte en ligging van de BI's, ook in onderlinge vergelijking, na te gaan zijn per stof, per diepte en per ecodistrict de BI's in de figuren A weergegeven. Omdat in Limburg maar circa 9-10 putten aan de criteria voldoen leidt dit brede BI's.

De ligging van de BI's van het %OBS is benoemd op basis van de onder en bovenkant van het BI ten opzichte van 10 en 20%. Onderscheiden kunnen worden: "duidelijk zeer laag: bovenkant 80%-BI lager dan 10 %OBS", "duidelijk laag: bovenkant 80%-BI lager dan 20 %OBS", "duidelijk hoog: onderkant 80%-BI hoger dan 10 %OBS", "duidelijk zeer hoog: onderkant 80%-BI hoger dan 20 %OBS" en "niet onderscheidbaar: 80%-BI valt over de drempelwaarden van 10 en 20 %OBS heen". Het classificatie-proces is verduidelijkt in figuur 1.1.A. In deze rapportage worden alleen gebruikt duidelijk hoog en duidelijk zeer hoog.

% oppervlakte



*Figuur 1.1.A: Classificatie van 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte van een gebied met een concentratie in het grondwater boven de streefwaarde. Gebieden zijn geclassificeerd (en ingekleurd) afhankelijk van de ligging van het interval ten opzichte van de percentages 10% en 20%.*

## 1.2 FIGUREN B IN BIJLAGE 1

### *Gemiddelde concentratie met betrouwbaarheidsintervallen.*

Voor combinaties van grondsoort, grondgebruik en eco-regio- en voor ondiep en middeldiep grondwater zijn per component gemiddelde concentraties en het daarbij behorende 80%-BI berekend. Voor 80%-betrouwbaarheidsintervallen is gekozen omdat twee gemiddelden met meer dan 95% significantie verschillend van elkaar zijn als twee 80% intervallen gescheiden zijn. Hierbij is verondersteld dat de schatters van de gemiddelden normaal zijn verdeeld. De berekeningen zijn uitgevoerd met een bestand waarin zonedig data voor 2000 uit waarnemingenreeksen zijn geëxtrapoleerd (zie bijlage 3, Inter- en extrapolatie van waarnemingstijdreeksen). In de figuren B zijn per component, voor combinaties van grondsoort, grondgebruik en eco-regio en voor ondiep en middeldiep grondwater de resultaten samengevat. Voor veel componenten ligt een deel van de concentraties onder de bepalingsgrens van de chemische analysemethode. Voor de berekening van gemiddelden en BI's is aan een concentratie lager dan de bepalingsgrens de waarde van de bepalingsgrens toegekend. Verder zijn de 80%-BI's beperkt tot het positieve waardegebied.

In de figuren B zijn de streefwaarden afgebeeld (Tweede Kamer der Staten-Generaal en VROM, 1992). Formeel is de streefwaarde uitsluitend bedoeld voor het waarderen van een enkelvoudige waarneming van de grondwatersamenstelling. Daarom mag een eigenschap van een verzameling van gegevens (gemiddelde en betrouwbaarheidsinterval) niet worden vergeleken met een streefwaarde. De afbeelding van de streefwaarde is toch weergegeven om een indruk te geven van de ligging van gemiddelden ten opzichte daarvan. Voor de vergelijking van gemiddelden onderling en met een streefwaarde is het gebruikelijk om 95% BI te berekenen. In figuren B worden BI ook onderling vergeleken en

hiervoor zijn 80% BI geschikt. Het gemiddelde is duidelijk hoger of duidelijk lager dan de streefwaarde als het BI voor het gemiddelde respectievelijk hoger of lager is dan de streefwaarde.

*Percentage oppervlakte met grondwater met concentraties boven de streefwaarde voor combinaties van grondsoort, grondgebruik en eco-regio's.*

Het aantal waarnemingen dat de streefwaarde overschrijdt geeft aan in hoeverre van tevoren gestelde doelen voor de milieukwaliteit zijn gerealiseerd. Deze indicatie is bruikbaar voor het beleid omdat een streefwaarde geldt voor elke waarneming in het compartiment grondwater. In deze rapportage zijn waarnemingen vergeleken met de kwaliteitsdoelstellingen die aan verschillende beleidsdocumenten zijn ontleend (zie hoofdrapport tabel 2.4A). Het percentage van de oppervlakte met grondwater met concentraties boven de streefwaarde is gelijk gesteld aan het percentage waarnemingen boven de streefwaarde. Dit is alleen juist als de steekproef van waarnemingen in verhouding met de oppervlakte per hoofdklasse van grondgebruik is verdeeld. Om afwijking in de overeenstemming tussen verhouding waarnemingen en verhouding oppervlakte te verdisconteren is het %OBS gewogen gemiddeld met oppervlakte per hoofdklasse grondgebruik, landbouw, natuur en stedelijk. De onzekerheid in het %OBS is aangegeven met het 80%-BI, dat is berekend met de binominale kansverdeling (Van Drecht et al., 1994). Per component en per combinatie van grondsoort, grondgebruik en eco-regio zijn voor ondiep en middeldiep grondwater het %OBS geschat en het 80%-BI daarvan berekend. De berekeningen zijn uitgevoerd met een bestand waar gegevens voor 2000 uit waarnemingsseries zijn geëxtrapolleerd (zie bijlage 3, Inter- en extrapolatie van waarnemingstijdreeksen). In het onderste deel van de B-figures zijn voor ondiep en middeldiep grondwater per component de resultaten samengevat voor de verschillende combinaties van grondsoort, grondgebruik en eco-regio.

Streefwaarden voor grondwaterkwaliteit zijn meestal vastgesteld aan de hand van waarnemingen uit het LMG (blz. 30 Tweede Kamer der Staten-Generaal en VROM, 1992). Daarbij is het 90-percentiel gebruikt van de waargenomen verdeling van concentraties in het middeldiepe grondwater (VTCB, 1996). Hierdoor is het percentage overschrijdingen klein en ligt voor veel stoffen in de buurt van de 10% van de waarnemingen in het middeldiepe grondwater.

### 1.3 TABELLEN A IN BIJLAGE 1

Het doel is om per groep van waarnemingspunten geselecteerd naar grondsoort, grondgebruik en eco-regio en per groep van waarnemingspunten geselecteerd naar eco-districtgroep voor ondiep en middeldiep grondwater een daling of stijging van de grondwaterkwaliteit vast te stellen. Daartoe is per waarnemingsput en filter het verschil tussen de concentratie in 1984 en 2000 alsmede de correlatiecoëfficiënt (lineaire  $r$  volgens Pearson; Helsel en Hirsch, 1992) over de periode 1984-2000 berekend. Vervolgens is per groep en per eco-districtgroep de gemiddelde verandering en gemiddelde correlatiecoëfficiënt berekend. Ook zijn de bijbehorende 95%-BI's berekend. Een verandering is duidelijk (significant) als het BI de waarde nul niet bevat. Een correlatie is duidelijk als het BI de waarde nul niet bevat. Voor de berekeningen van veranderingen en correlaties is uitgegaan van waarnemingen van uitsluitend het LMG, omdat het bestand van het LMG waarnemingen uit de hele periode 1984-2000 bevat. Bij waarnemingen waarvan de concentratie lager is dan de bepalingsgrens is een waarde genomen die gelijk is aan de hoogste bepalingsgrens die in een verzameling van waarnemingen voorkomt. De hoogste bepalingsgrens is genomen om te voorkomen dat door aanpassingen van de bepalingsgrens duidelijke veranderingen artificieel ontstaan. Hierdoor valt de gemiddelde concentratie wat te hoog uit. Per component zijn tabellen A gemaakt waarin per groep en per eco-district de gemiddelde verandering en correlaties zijn samengevat. In het bovenste deel van de tabellen A zijn de resultaten per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio samengevat en in het onderste deel per eco-

districtgroep. Bij een duidelijke (significante) verandering is het getal vet afgedrukt en bij een duidelijke correlatie is dit met een pijl aangegeven. Bij het behandelen van de interpretatie van de tabellen is ervan uitgegaan dat zich bij samenvallen van een duidelijke verandering met een duidelijke correlatie een duidelijke daling of stijging voordoet. In de tabellen is een daling met een groen veld aangegeven en een stijging met een geel veld.

#### 1.4 FIGUREN C IN BIJLAGE 1

Bij de interpretatie van veranderingen en correlaties per eco-districtgroep wordt niet snel een significante verandering in de grondwaterkwaliteit aangetoond (zie tabellen A). Toch wordt bijvoorbeeld nitraat in het grondwater aangetroffen en dat kan alleen maar zijn veroorzaakt door de toegenomen N-belasting van het systeem. Immers van nature komt nitraat niet of nauwelijks in het grondwater voor. Het is zeer aannemelijk dat het systeem aan veranderingen onderhevig is. Ook wordt uit de beelden die door generalisatie ontstaan een aanwijzing verkregen dat zich toch, zij het nog niet significant, effecten voordoen. In de rapportage van Van Drecht is dit aspect ook al onderkend en zijn in onderdeel E procentuele verdelingen van de **waarnemingen** per jaar, zandgebied en dieptetraject afgebeeld. Daarom zijn in deze rapportage in Figuren C tijdreeksen van percentage Waarnemingen Boven de Streefwaarde (%WBS) voor de eco-districtgroepen en voor heel Nederland weergegeven. De gepresenteerde tijdreeksen zijn bedoeld om indicaties van de verandering van de grondwaterkwaliteit aan te ontlenen. Om enige ordening aan te brengen zijn de tijdreeksen van de eco-districtgroepen ingedeeld naar een indeling van Nederland in noord, midden, west en zuid Nederland (zie ook bijlage 4 figuur 6.A).



## 2 TABELLEN EN FIGUREN

### 2.1 CHLORIDE

#### Figuur 2.1.A

De laagveengebieden, polders en droogmakerijen en zeekleigebieden hebben een duidelijk zeer hoog %OBS voor zowel ondiep als middeldiep grondwater. In de laagveengebieden, polders en droogmakerijen en zeekleigebieden is het %OBS in het middeldiepe grondwater hoger dan in het ondiepe grondwater. Ook in het rivierengebied doet dit fenomeen zich voor.

#### Figuur 2.1.B

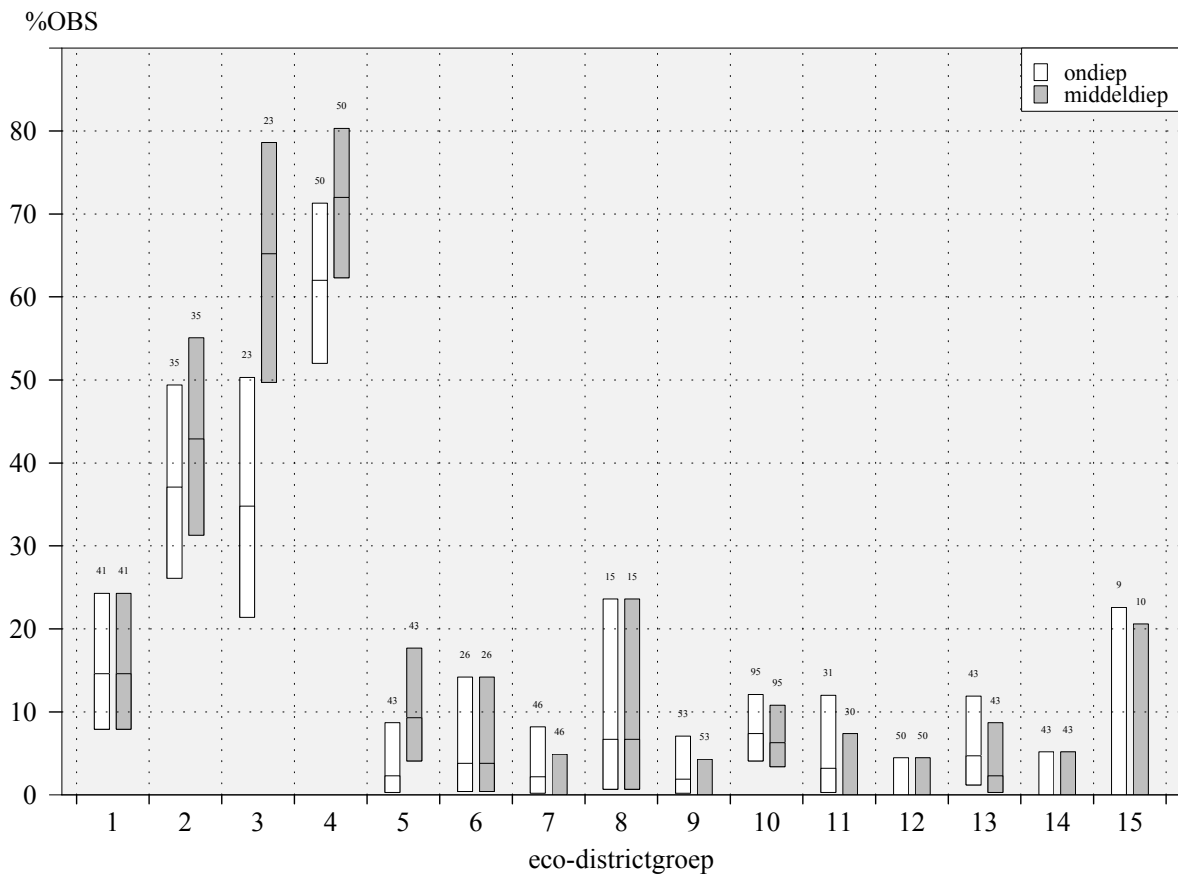
In het grondwater in het westen van het land worden hoge concentraties van chloride gevonden. Hierdoor is het bereik van de concentratie van chloride hier groot. Daarom zijn de concentraties van chloride logaritmisch uitgezet. In de duinen- en strandwallengebied en laagveen-/zeekleigebieden komen hoge concentraties van chloride voor zoals blijkt uit de breedte van het BI. In het rivierengebied en de zandgebieden zijn de BI smal door de grotere aantallen waarnemingen en de lagere concentraties. De gemiddelde concentraties van de groepen *g/zk* en *a/zk* en in het diepe grondwater *s/zk* liggen duidelijk boven de streefwaarde. In het laagveen- en zeekleigebied is het %OBS voor de groepen *g/v*, *g/zk*, *a/zk* en *s/zk* is duidelijk zeer hoog (55-85%). In het rivierengebied is het %OBS voor de groep *s/rk* duidelijk zeer hoog. Het %OBS voor de groep *b/dz* is duidelijk hoog.

#### Tabel 2.1.A

In het ondiepe grondwater worden duidelijke dalingen gevonden voor de groepen *g-m/z*, *a/z*, *s/z*, de keileemgebieden, de Peelhorst en oude rivierterrassen en de zandgebieden als geheel. In het middeldiepe grondwater is alleen een duidelijke daling gevonden voor de groep *s/z* gevonden. Duidelijke dalingen worden ook gevonden in jong grondwater en grondwater met een concentratie van chloride < 150 mg/L.

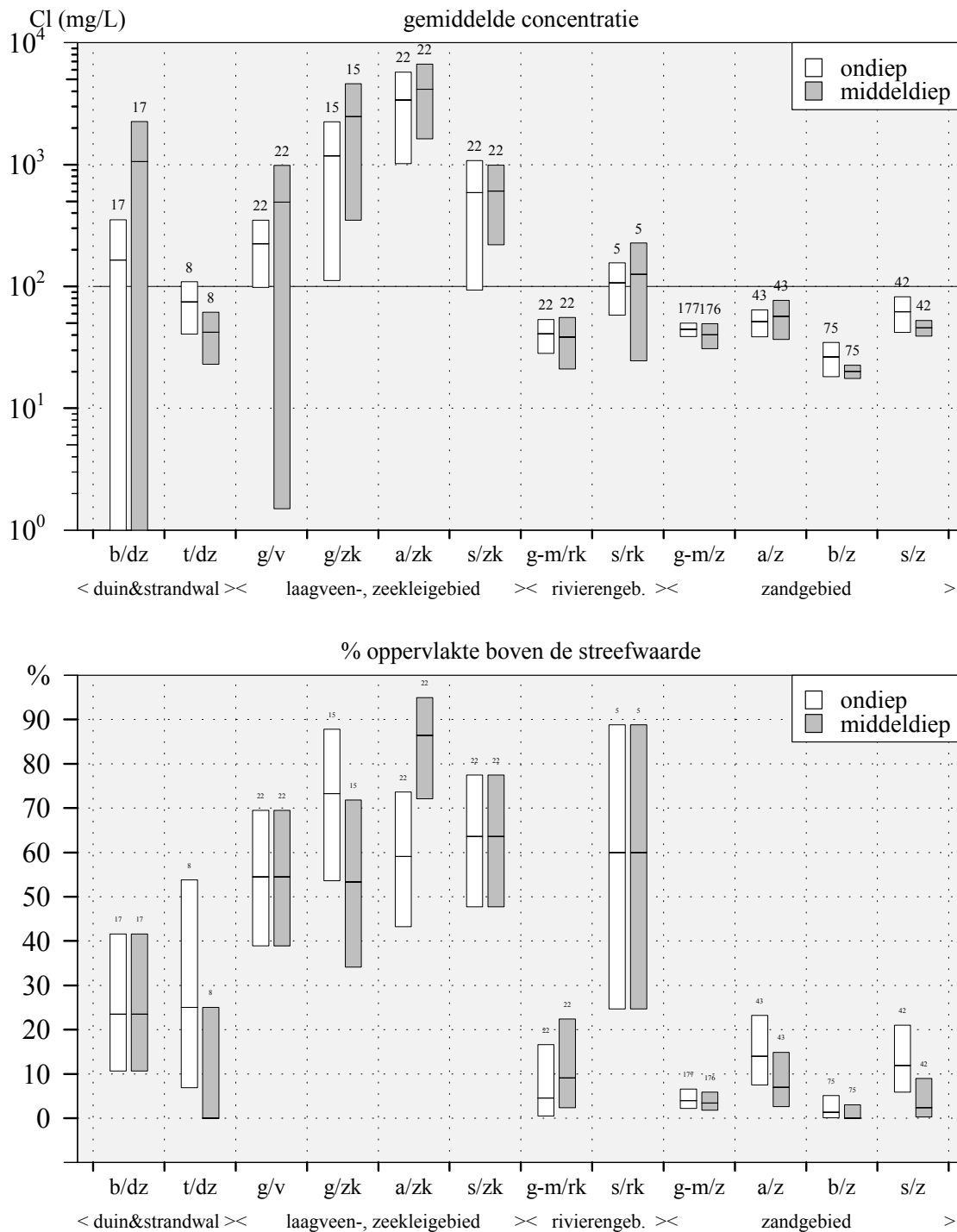
#### Figuur 2.1.C

Het %WBS daalt in het ondiepe grondwater in het rivierengebied, de duinen en strandwallen, de Centrale Slenk en Nederland als geheel. De daling is volgens tabel 2.A niet significant.



*Figuur 2.1.A: Chloride in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor chloride (%OBS; streefwaarde voor chloride 100 mg/L; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=riverengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileengebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



Figuur 2.1.B: Chloride in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor chloride (100 mg/L). Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.



Tabel 2.1.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van chloride uitgedrukt in mg/L in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1984-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep		middeldiep		grondwater van voor of na 1960			
		n	Δ	n	Δ	jong		oud	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	47	9	-200	12	36	6	-303
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	3	2	1	2	-2	1	-3
3	gras (laag-)veen (g/v)	16	-31	16	14	11	-44	19	12
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	-23	12	-97	4	-32	18	-67
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	22	-13	22	-92	1	-208	42	-102
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	-53	14	31	11	-68	16	28
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	<b>-10</b>	16	-3	17	-12	15	-1
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	-6	6	18	12	6	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	<b>-5</b> ↓	76	-4	91	<b>-7</b> ↓	59	-1
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	<b>-14</b> ↓	11	4	14	-9	8	2
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	<b>-2</b> ↓	39	0	62	-1	12	0
12	bebouwd op zand (s/z)	25	<b>-23</b> ↓	25	<b>-7</b> ↓	40	<b>-14</b> ↓	10	-20
nr	gebied	n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	duinen en strandwallen	15	17	15	-124	19	14	11	-172
2	laagveengebieden	25	-56	25	-19	17	-69	32	-23
3	polders en droogmakerijen	17	-112	17	-108	5	-56	29	-120
4	zeekleigebied	37	34	37	-87	9	-10	64	-64
5	rivierengebied	33	-9	32	-15	46	-6	19	-26
6	beekdalcomplexen	8	-8	8	-6	8	-8	8	-6
7	hoogveengebied	17	-5	17	4	16	-7	18	5
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	-8	12	-1	9	<b>-9</b> ↓	15	-3
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-5	30	0	42	-4	18	0
10	keileengebied	38	<b>-11</b> ↓	38	-3	48	<b>-10</b> ↓	27	-1
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-1	16	-3	30	-2	2	1
12	Centrale Slenk	24	<b>-13</b> ↓	24	-3	23	<b>-11</b> ↓	25	-6
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-3	13	1	15	<b>-4</b> ↓	6	6
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	<b>-9</b> ↓	20	-2	35	<b>-5</b> ↓	4	-4
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	10	6	5	1	2	2	-1
16	zandgebieden	177	<b>-8</b> ↓	178	-1	226	<b>-7</b> ↓	123	-1
17	heel Nederland	309	-11	310	-26	323	<b>-10</b> ↓	280	-39
nr	groep	cCl < 150 mg/L		cCl > 150 mg/L					
		ondiep	middeldiep	ondiep	middeldiep	ondiep		middeldiep	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	-7	6	-1	1	637	3	-598
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	3	2	1	0	-	0	-
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	-5	8	-9	5	-112	6	28
4	gras op zeeklei (g/zk)	3	3	4	-17	6	-36	8	-137
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	-5	4	3	12	-20	16	-136
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	2	-22	4	-5	6	-90	6	70
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	<b>-10</b>	15	-7	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	4	<b>21</b>	3	<b>10</b>	0	-	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	70	<b>-4</b> ↓	73	<b>-1</b> ↓	1	-10	1	-64
10	akkerbouw op zand (a/z)	8	<b>-5</b>	10	-3	0	-	0	-
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	0	39	0	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	19	<b>-11</b> ↓	24	<b>-8</b> ↓	1	-12	0	-
nr	gebied	n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	duinen en strandwallen	8	-6	11	-5	1	637	3	-598
2	laagveengebieden	12	-3	12	-8	8	-184	9	-60
3	polders en droogmakerijen	7	<b>-2</b>	5	3	7	-262	11	-164
4	zeekleigebied	8	-4	6	-12	20	56	27	-119
5	rivierengebied	29	-4	26	-4	0	-	0	-
6	beekdalcomplexen	6	3	7	3	0	-	1	-64
7	hoogveengebied	15	2	17	4	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	-4	11	-1	1	-57	1	-2
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-5	30	0	0	-	0	-
10	keileengebied	28	-5	33	-3	2	-11	0	-
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-1	16	<b>-3</b>	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	20	-5	24	-3	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-3	13	1	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	18	<b>-5</b> ↓	20	-2	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	10	6	5	0	-	0	-
16	zandgebieden	157	<b>-3</b> ↓	171	-1	3	-27	2	-33
17	heel Nederland	226	<b>-3</b> ↓	237	<b>-2</b> ↓	39	-42	52	-143

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

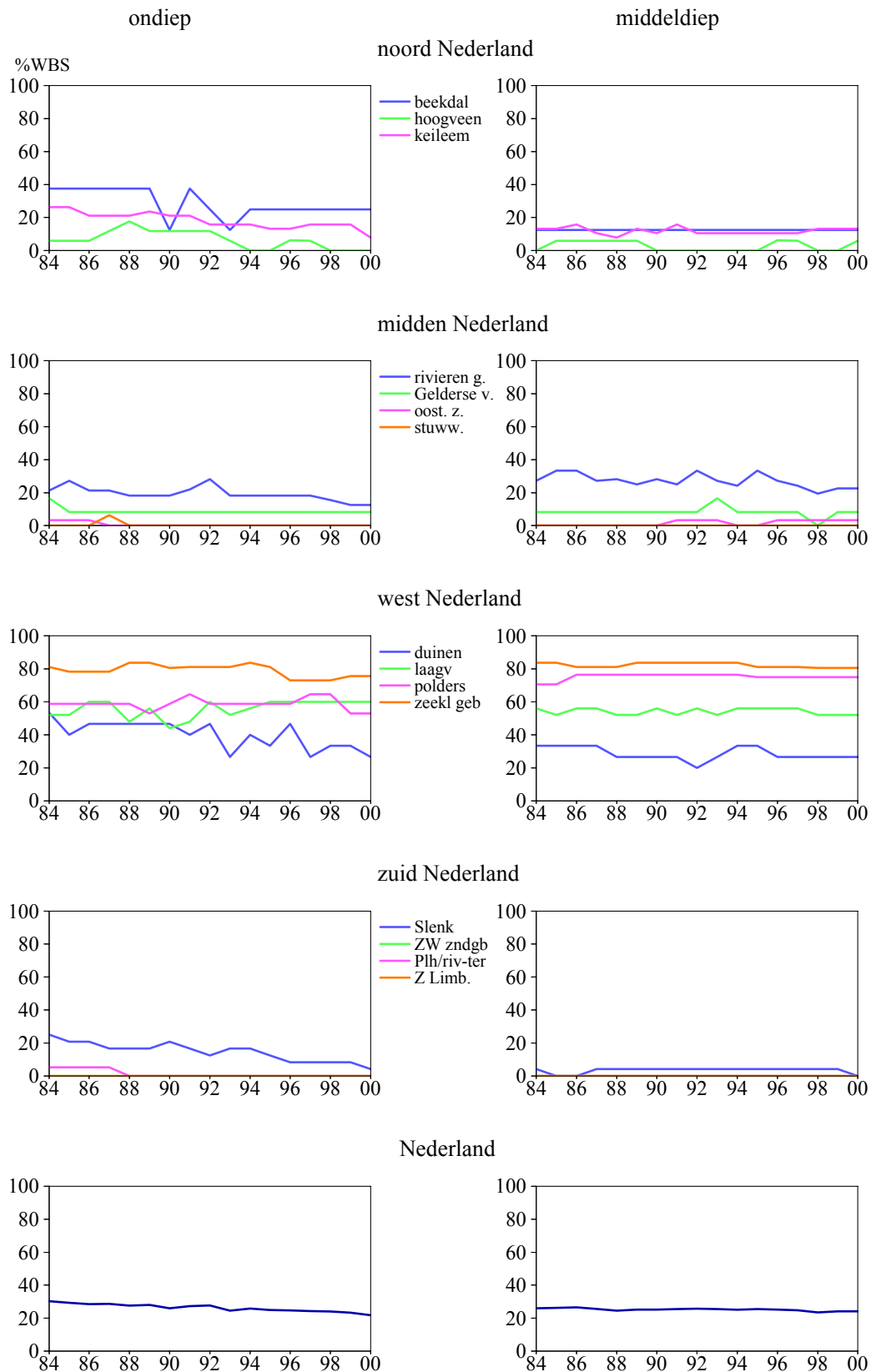
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1984 en 2000

- : geen waarneming

Δ : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



Figuur 2.1.C: Percentage waarnemingen van chloride boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde 100 mg/L; zie voor het gemiddelde aantal waarnemingen per eco-districtgroep onder de tabel met gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).



## 2.2 PH

### Figuur 2.2.A

Het %O(pH<5) is duidelijk zeer hoog in het ondiepe grondwater van de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe, het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen en een duidelijk hoog %O(pH<5) in het ondiepe grondwater van de beekdalcomplexen en de keileemgebieden.

### Figuur 2.2.B

Voor de gemiddelde pH's in het ondiepe en middeldiepe grondwater zijn drie groepen te onderscheiden. De groep met kalkrijke duinen en strandwallen en het kalkrijke rivierengebied hebben een gemiddelde pH ruim boven de 7. De groepen in het laagveen- en zeekleigebied hebben een neutrale pH (tussen 6,7 en 7). De derde groep wordt gevormd door de zandgebieden met gemiddeld lage pH's. In de zandgebieden is de gemiddelde pH in het middeldiepe grondwater altijd hoger dan in het ondiepe grondwater door voortschrijdende ontkalking. Dit is het duidelijkst bij de groep g-m/z en b/z. De indeling in drie hoofdgroepen hangt waarschijnlijk samen met de mate waarin calciumcarbonaat in de bodem aanwezig is.

Het %O(pH<5) in het ondiepe grondwater voor de groepen g-m/z en a/z is duidelijk hoog en voor b/z duidelijk zeer hoog en ook duidelijk hoger dan in het middeldiepe grondwater.

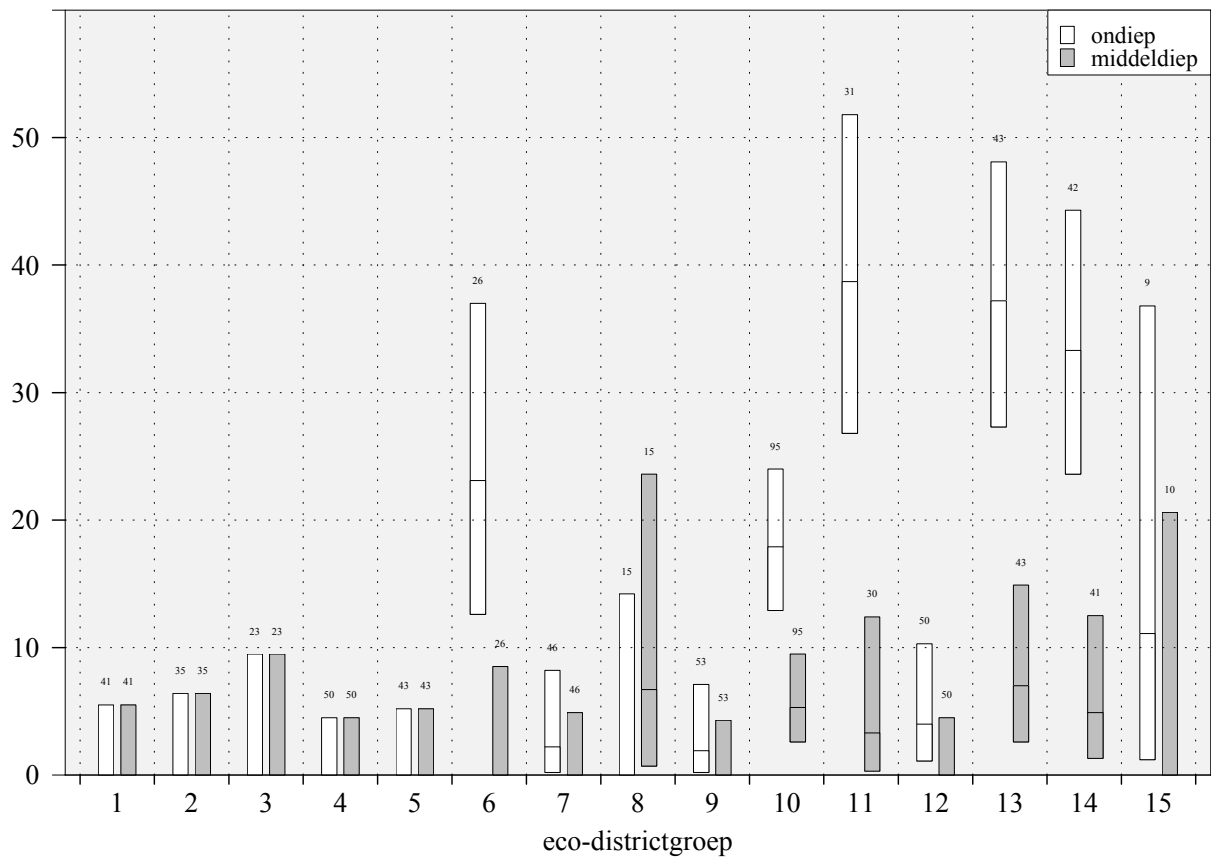
### Tabel 2.2.A

Voor de berekening van dalingen/stijgingen, veranderingen en correlaties zijn uitsluitend de metingen van de pH in het veld (periode 1993-2000) gebruikt. Verondersteld is dat de pH die in het veld is gemeten nauwkeuriger is dan de meting in het laboratorium omdat tijdens het transport naar het laboratorium omzettingen in het monster zich kunnen voordoen. In het ondiepe grondwater worden duidelijke pH-daling gevonden voor de groep g-m/rk en in het middeldiepe grondwater voor de groep g-m/z. Ook worden in het middeldiepe grondwater duidelijke dalingen gevonden voor het rivierengebied en het oostelijk zandgebied met de geïsoleerde stuwwallen. De dalingen zijn in de orde van 0,1-0,2 pH-eenheden/10 jaar. De dalingen zijn gering en liggen dicht in de buurt van de meetnauwkeurigheid van een pH-meter. De gesignaleerde dalingen kunnen hierdoor ook een meeteffect zijn.

### Figuren 2.2.C

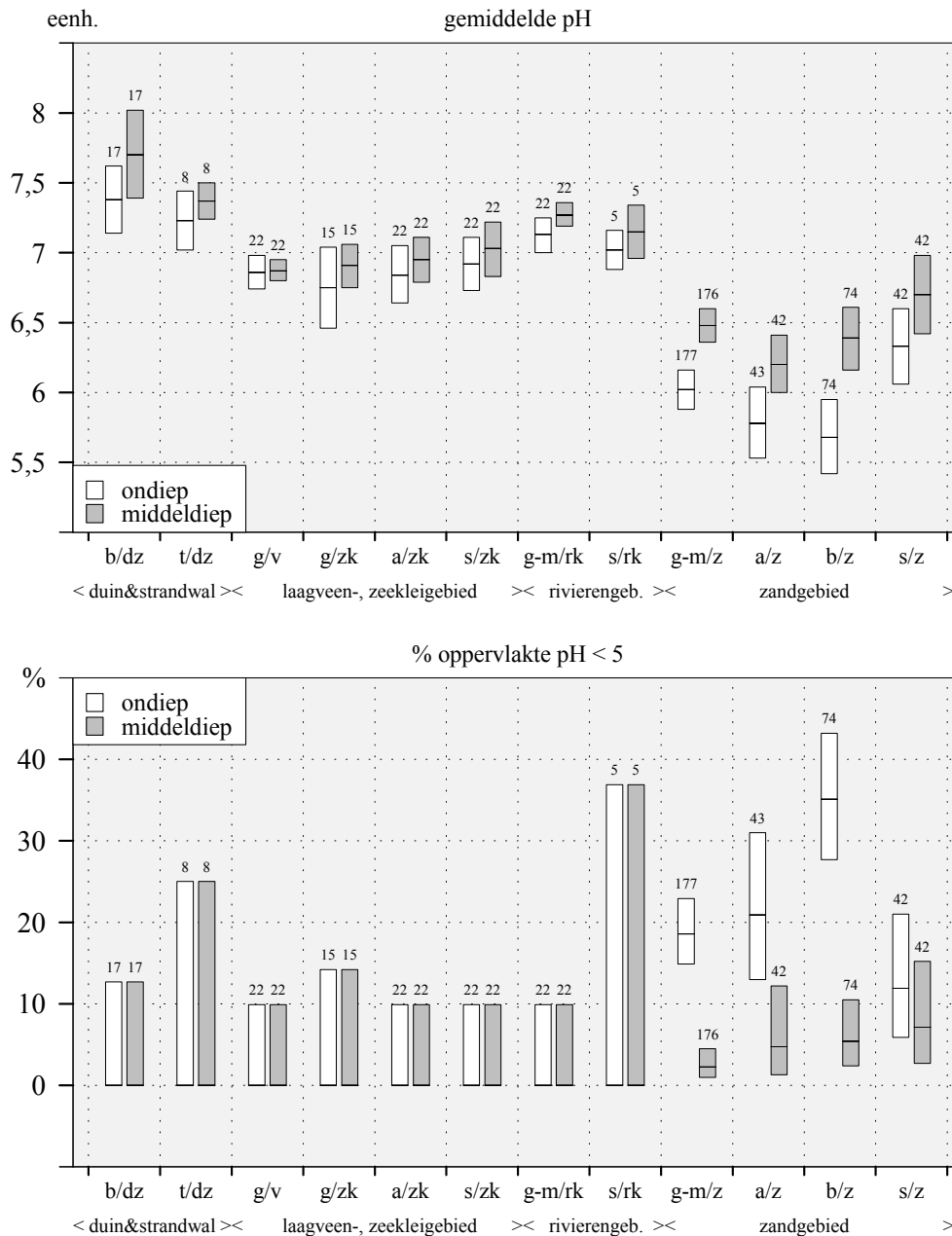
Figuren 2.2.C hebben betrekking op het percentage waarnemingen beneden de pH 5 (%WB(pH<5)) van de pH-metingen in het laboratorium in de periode 1984-1992 en op de pH-metingen in het veld in de periode 1993-2000. Over het algemeen zijn er geen grote discontinuïteiten te bespeuren als gevolg van de overgang van meting van de pH in het laboratorium naar de meting in het veld. De %WB(pH<5) lijken in het veld over het algemeen lager uit te komen.

%OpH&lt;5



*Figuur 2.2.A: De pH van grondwater in het jaar 2000 per eco-districtgroep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte met een pH van het grondwater van lager dan 5 (richtwaarde %O(pH<5); waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileengebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



Figuur 2.2.B: De pH van het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte met een pH < 5 in het grondwater.

Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/mais, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.

Tabel 2.2.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van pH uitgedrukt in eenheden in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1993-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep		middeldiep		grondwater van voor of na 1960			
		n	Δ	n	Δ	jong		oud	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	-0.1	7	0.1	11	-0.2	5	0.2
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	-0.3	2	-0.1	2	-0.1	1	0.0
3	gras (laag-)veen (g/v)	15	0.1	5	0.1	7	0.2	9	0.1
4	gras op zeeklei (g/zk)	7	0.0	1	0.1	3	0.0	5	0.0
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	14	0.2 ↑	6	0.1 ↑	1	0.0	18	0.1 ↑
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	10	-0.1	3	0.1	7	0.1	4	-0.1
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	-0.2 ↓	14	-0.1	13	-0.1	15	-0.2 ↓
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	5	-0.3 ↓	5	-0.2 ↓	10	-0.2 ↓	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	0.0	72	-0.1 ↓	88	0.0	56	-0.1
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	-0.2	11	0.3	14	0.0	8	0.2
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	0.0 ↓	37	-0.1 ↓	61	-0.1 ↓	11	0.3
12	bebouwd op zand (s/z)	25	0.1	23	0.1	35	0.0	9	0.3
nr	gebied								
1	duinen en strandwallen	15	-0.1	11	0.0	18	-0.2 ↓	8	0.1
2	laagveengebieden	23	0.1	7	0.6	13	0.1	14	0.3
3	polders en droogmakerijen	12	0.0	1	0.0	4	0.0	8	0.0
4	zeekleigebied	22	0.1	11	0.1	6	0.0	25	0.1
5	rivierengebied	31	-0.1 ↓	28	-0.1 ↓	40	-0.1 ↓	18	-0.2 ↓
6	beekdalcomplexen	8	-0.1	8	-0.1	8	-0.2	8	0.0
7	hoogveengebied	16	0.0	13	0.0	13	0.0	14	0.0
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	0.2	11	0.0	9	0.0	13	0.1
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	0.0 ↓	28	-0.1 ↓	41	-0.1 ↓	15	-0.1
10	keileemgebied	38	0.0	31	0.1	45	0.0	23	0.0
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	0.1	14	-0.1	29	0.0	1	-0.1
12	Centrale Slenk	24	-0.1 ↓	24	0.0 ↓	20	-0.1 ↓	24	0.0 ↓
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-0.1	13	-0.1	15	0.0	6	-0.2
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-0.1	17	0.0 ↓	33	-0.1 ↓	3	0.1
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	1	0.0	4	-0.2	0	-	2	-0.1
16	zandgebieden	175	0.0	159	0.0 ↓	213	0.0 ↓	107	0.0
17	heel Nederland	279	0.0	221	0.0 ↓	294	0.0 ↓	182	0.0
		cCl < 150 mg/L				cCl > 150 mg/L			
		ondiep		middeldiep		ondiep		middeldiep	
nr	groep	n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	6	-0.2	4	0.0	1	-0.1	3	0.1
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	-0.3	2	-0.1	0	-	0	-
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	0.0	3	0.1	6	0.1	2	0.0
4	gras op zeeklei (g/zk)	5	0.1	0	-	2	-0.1	1	0.1
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	0.1	1	-0.1	5	0.2	4	0.1
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	3	-0.2	0	-	4	0.0	2	0.1
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	14	-0.2 ↓	14	-0.1	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	4	-0.3 ↓	4	-0.2 ↓	0	-	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	73	0.0	70	-0.1 ↓	1	0.1	1	0.0
10	akkerbouw op zand (a/z)	10	-0.2	10	0.4	0	-	1	-0.2
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	0.0 ↓	37	-0.1 ↓	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	21	0.1	23	0.1	1	0.3	0	-
nr	gebied								
1	duinen en strandwallen	11	-0.2	8	0.0	1	-0.1	3	0.1
2	laagveengebieden	12	0.0	4	0.9	9	0.1	3	0.1
3	polders en droogmakerijen	8	0.0	0	-	3	0.0	1	0.0
4	zeekleigebied	10	0.0	1	-0.1	7	0.1	8	0.1
5	rivierengebied	29	-0.1 ↓	26	-0.1 ↓	0	-	0	-
6	beekdalcomplexen	7	-0.1 ↓	7	-0.1	0	-	1	0.0
7	hoogveengebied	16	0.0	13	0.0	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	0.2	11	0.0	0	-	0	-
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	0.0	28	-0.1 ↓	0	-	0	-
10	keileemgebied	32	0.0	29	0.1	2	0.2	1	-0.2
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	0.1	14	-0.1	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	21	-0.1 ↓	24	0.0	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-0.1	13	-0.1	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-0.1	17	0.0 ↓	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	1	0.0	4	-0.2	0	-	0	-
16	zandgebieden	165	0.0	156	0.0 ↓	2	0.2	2	-0.1
17	heel Nederland	236	0.0 ↓	199	0.0 ↓	22	0.1	17	0.1

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

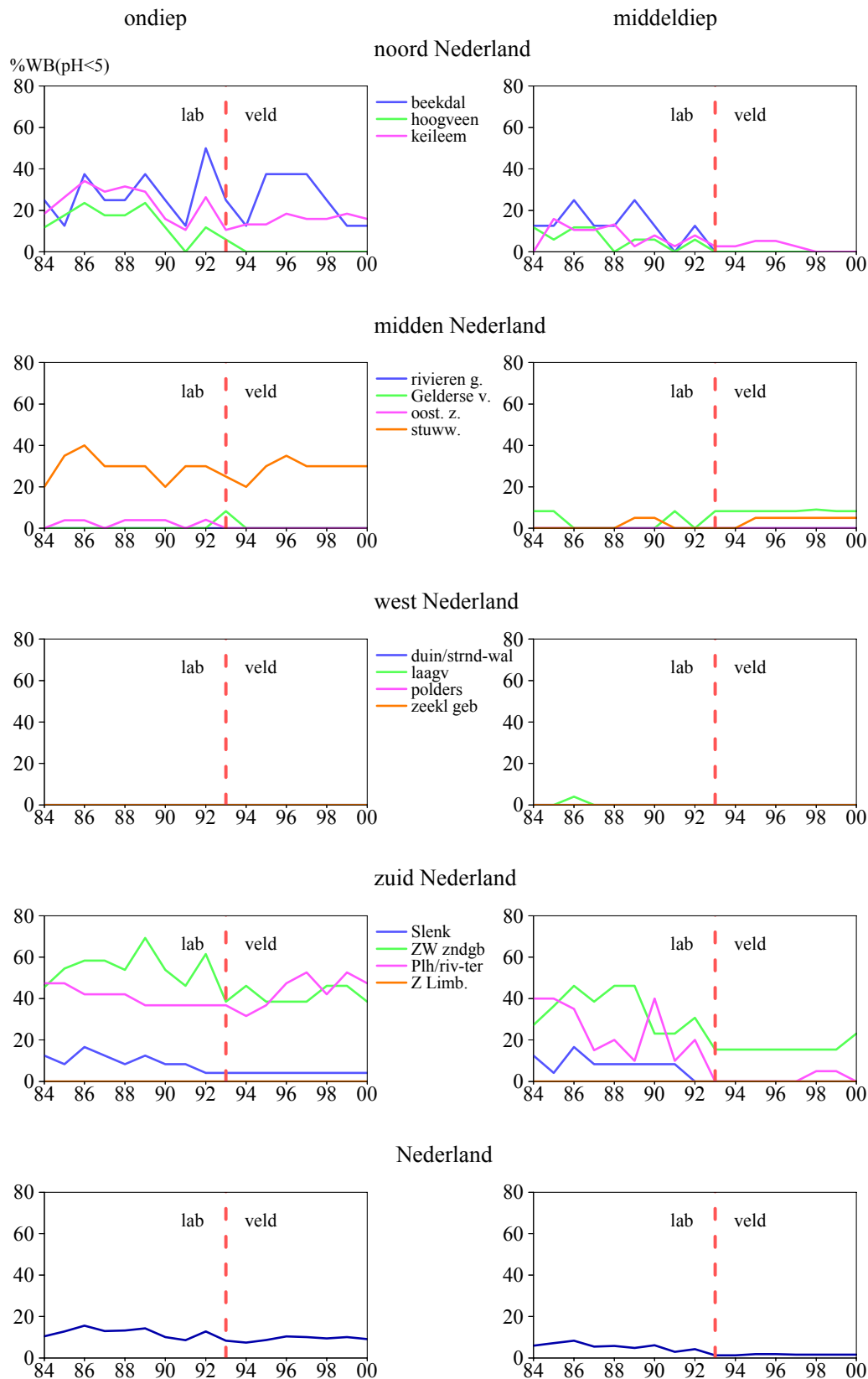
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1993 en 2000

- : geen waarneming

Δ : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



Figuur 2.2.C: Percentage waarnemingen van de pH gemeten in het laboratorium en veld beneden de drempelwaarde, per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (grens pH = 5; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep onder de tabel met gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).





## 2.3 SULFAAT

### Figuur 2.3.A

Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het ondiepe grondwater van het zuidwestelijk zandgebied en %OBS is duidelijk hoog voor de zeekleigebieden en de Peelhorst en oude rivierterrassen. Het %OBS is duidelijk hoog in het middeldiepe grondwater van de zeekleigebieden, het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen.

### Figuur 2.3.B

In het middeldiepe grondwater van de b/dz en in het grondwater van g/zk en a/zk komen hoge concentraties van sulfaat voor. In de zandgebieden liggen de gemiddelde concentraties dicht bij de berekende concentratie van 70 mg/L. De gemiddelde sulfaatconcentratie voor groep b/z ligt hoger dan de verwachte concentratie van 20 mg/L (zie hoofdrapport 3.3 Inleiding).

Er zijn geen duidelijk hoge %OBS per groep gevonden.

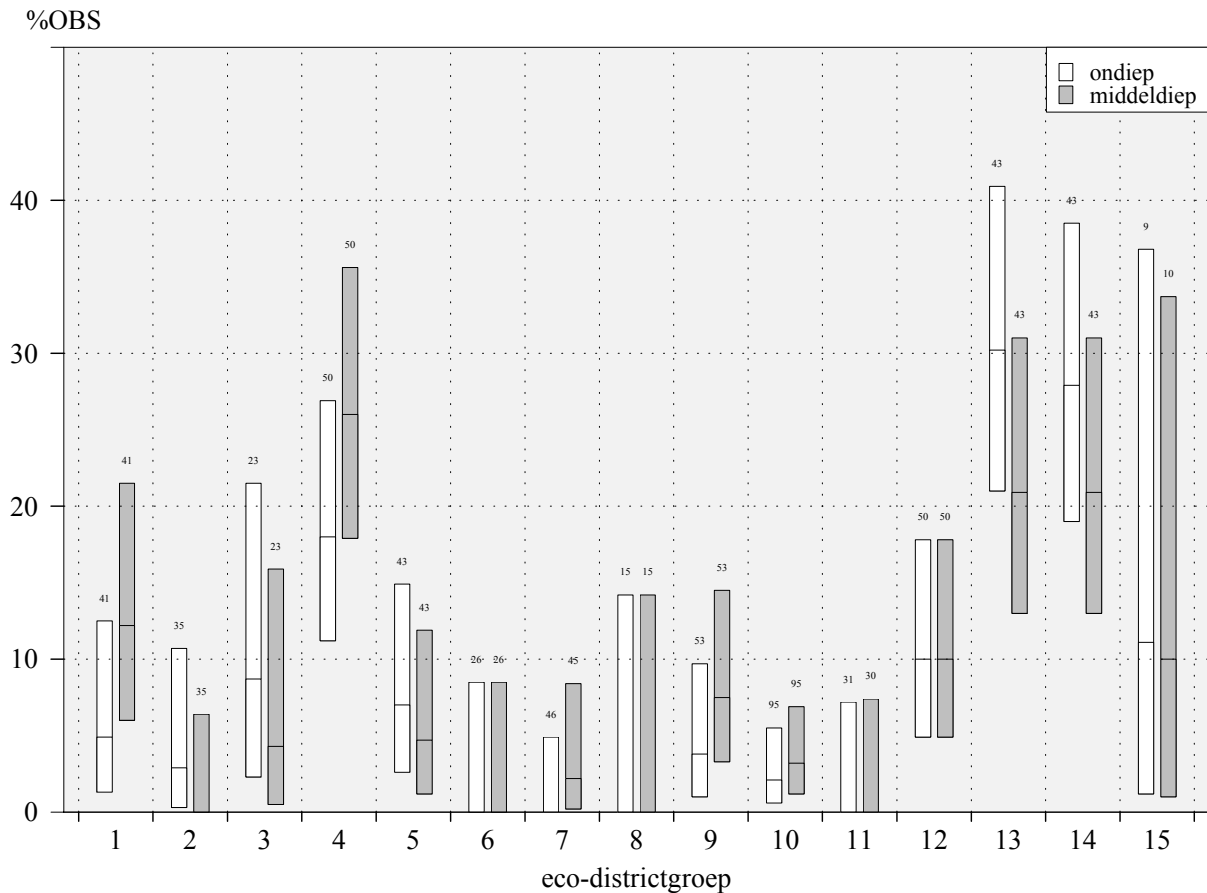
### Tabel 2.3.A

In het ondiepe grondwater wordt een duidelijke daling gevonden voor de groepen b/dz, g/v en g-m/z, de duinen en strandwallengebied, de laagveengebieden, het hoogveengebied, de zandgebieden als geheel en heel Nederland. In het middeldiepe grondwater wordt een duidelijke daling gevonden voor g/v en de zeekleigebieden en een duidelijke stijging voor b/z de Peelhorst en oude rivierterrassen.

Over het algemeen wijzen de resultaten in de richting van een daling van de sulfaatconcentratie in het ondiepe en middeldiepe grondwater in heel Nederland. De grootste dalingen doen zich voor in laag Nederland. In het middeldiepe grondwater wordt voor de groep b/z en voor de Peelhorst en oude rivierterrassen een stijging gevonden.

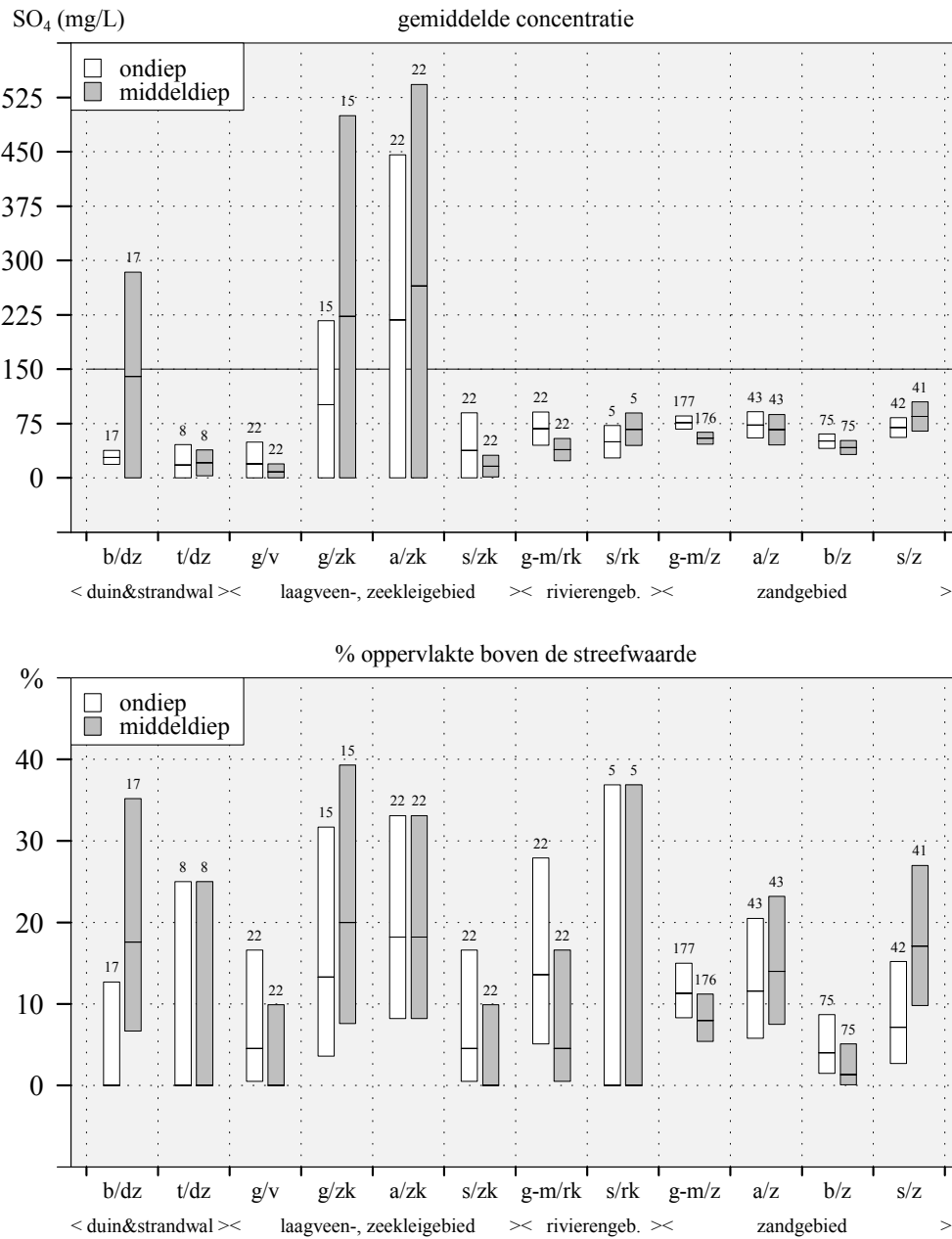
### Figuur 2.3.C

De verandering van concentratie van sulfaat zoals geschetst in tabel 2.3 A komt ook tot uitdrukking in het verloop van %WBS. De %WBS lijken te dalen in het ondiepe grondwater van de hoogveengebied, zeekleigebieden en de polders en droogmakerijen, de centrale Slenk en heel Nederland.



*Figuur 2.3.A: Sulfaat in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor sulfaat (OBS; streefwaarde 150 mg/L sulfaat; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileembieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



Figuur 2.3.B: Sulfaat in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor sulfaat (150 mg/L). Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.

Tabel 2.3.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van sulfaat uitgedrukt in mg/L in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1984-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep				middeldiep				grondwater van voor of na 1960			
		n		Δ		n		Δ		jong		oud	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ		
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	-22 ↓	9	-20	12	-24 ↓	6	-15				
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	-69 ↓	2	-12 ↓	2	-52 ↓	1	-4				
3	gras (laag-)veen (g/v)	16	-10 ↓	16	-5 ↓	11	-12 ↓	19	-4 ↓				
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	-12 ↓	12	-18 ↓	4	-14	18	-16 ↓				
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	22	-7 ↓	22	-17 ↓	1	169	42	-15 ↓				
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	-23 ↓	14	-3	11	-24	16	-6 ↓				
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	1	16	3	17	-3	15	8				
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	-5	6	9	12	2	0	-				
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	-10 ↓	76	1	91	-11	59	6				
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	-8	11	3	14	-5	8	2				
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	1	39	6 ↑	62	3 ↑	12	6 ↑				
12	bebouwd op zand (s/z)	25	-7 ↓	25	-4	40	-4 ↓	10	-12 ↓				
nr	gebied	ondiep				middeldiep				grondwater van voor of na 1960			
1	duinen en strandwallen	15	-28 ↓	15	-12	19	-28 ↓	11	-6				
2	laagveengebieden	25	-9 ↓	25	0 ↓	17	-9 ↓	32	-2 ↓				
3	polders en droogmakerijen	17	-18 ↓	17	6 ↓	5	-18	29	-4 ↓				
4	zeekleigebied	37	-13 ↓	37	-25 ↓	9	-5	64	-21 ↓				
5	rivierengebied	33	-5 ↓	32	2	46	-5 ↓	19	6				
6	beekdalcomplexen	8	1	8	8	8	6	8	3				
7	hoogveengebied	17	-23 ↓	17	-2 ↓	16	-19 ↓	18	-7 ↓				
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	2	12	2	9	-2	15	4				
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-5	30	2 ↑	42	-3	18	1				
10	keileengebied	38	-4 ↓	38	4	48	-1	27	2				
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-1	16	1	30	0	2	1				
12	Centrale Slenk	24	-14	24	0	23	-19	25	4				
13	zuidwestelijk zandgebied	13	1	13	-19 ↑	15	-26	6	22				
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-9	20	16 ↑	35	4	4	-2				
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	10	6	-4	1	-12	2	-6				
16	zandgebieden	177	-7 ↓	178	2	226	-5	123	2				
17	heel Nederland	309	-9 ↓	310	-2 ↓	323	-7 ↓	280	-4 ↓				
cCl < 150 mg/L													
nr	groep	ondiep		middeldiep		ondiep		middeldiep					
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	-28 ↓	6	-17	1	-10	3	-28				
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	-69 ↓	2	-12 ↓	0	-	0	-				
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	-7 ↓	8	-4 ↓	5	-12 ↓	6	-6 ↓				
4	gras op zeeklei (g/zk)	3	-3 ↓	4	-2	6	-11 ↓	8	-26 ↓				
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	-8 ↓	4	-5 ↓	12	-7	16	-9 ↓				
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	2	-16	4	-5 ↓	6	-9 ↓	6	9				
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	2	15	2	0	-	0	-				
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	4	-3	3	7	0	-	0	-				
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	70	-9 ↓	73	2	1	-39	1	-2				
10	akkerbouw op zand (a/z)	8	-16	10	5	0	-	0	-				
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	0	39	6 ↑	0	-	0	-				
12	bebouwd op zand (s/z)	19	-10 ↓	24	-6	1	63	0	-				
nr	gebied	ondiep		middeldiep		ondiep		middeldiep					
1	duinen en strandwallen	8	-33	11	-11	1	-10	3	-28				
2	laagveengebieden	12	-7 ↓	12	-3 ↓	8	-13 ↓	9	2 ↓				
3	polders en droogmakerijen	7	-8 ↓	5	-5 ↓	7	-3	11	11 ↓				
4	zeekleigebied	8	-7	6	-3	20	-19 ↓	27	-22 ↓				
5	rivierengebied	29	-4 ↓	26	1	0	-	0	-				
6	beekdalcomplexen	6	7	7	9	0	-	1	-2				
7	hoogveengebied	15	-26 ↓	17	-2 ↓	0	-	0	-				
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	3	11	3	1	-10	1	-7				
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-5	30	2 ↑	0	-	0	-				
10	keileengebied	28	-6 ↓	33	4	2	12	0	-				
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-1	16	1	0	-	0	-				
12	Centrale Slenk	20	-16	24	0	0	-	0	-				
13	zuidwestelijk zandgebied	13	1	13	-19	0	-	0	-				
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	18	-12	20	16 ↑	0	-	0	-				
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	10	6	-4	0	-	0	-				
16	zandgebieden	157	-7 ↓	171	2	3	5	2	-4 ↓				
17	heel Nederland	226	-8 ↓	237	0	39	-13 ↓	52	-11 ↓				

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

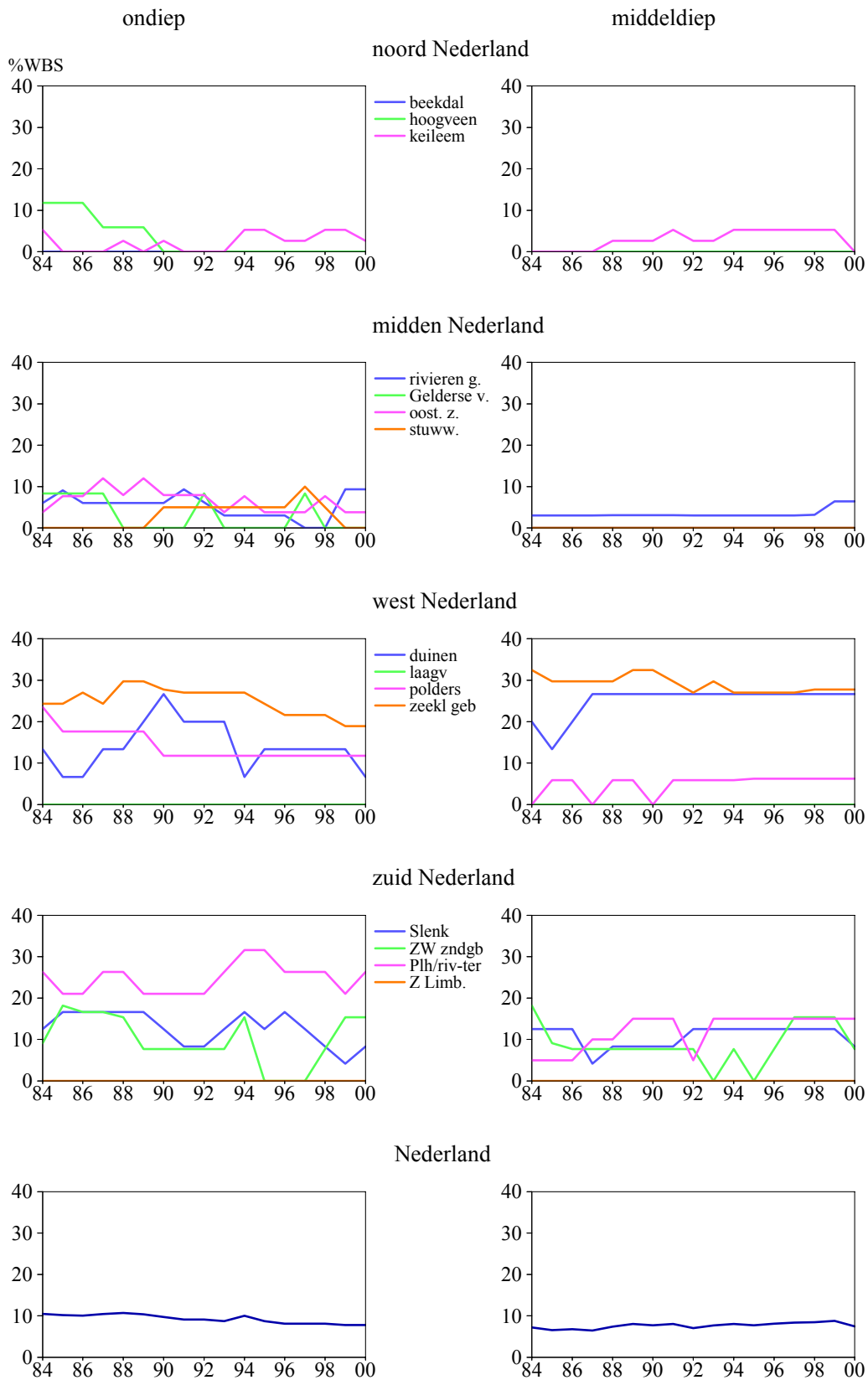
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1984 en 2000

- : geen waarneming

Δ : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



*Figuur 2.3.C: Percentage waarnemingen van sulfaat boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde 150 mg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).*



## 2.4 ALUMINIUM

### Figuur 2.4.A

Duidelijk zeer hoge %OBD worden gevonden in het ondiepe grondwater voor de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe, het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen en duidelijk hoge %OBD worden gevonden voor de beekdalcomplexen, de keileemgebieden en de Centrale Slenk. Een zeer hoog %OBS wordt gevonden in het middeldiepe grondwater voor het zuidwestelijk zandgebied. Het %OBD in het ondiepe grondwater is duidelijk hoger dan in het middeldiepe grondwater voor de beekdalcomplexen, het hoogveengebied, het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen, de zeekleigebieden, de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe en de Peelhorst en oude rivierterrassen.

### Figuur 2.4.B

In het ondiepe grondwater in zandgebieden worden duidelijk hoge gemiddelde concentraties gevonden voor de groepen g-m/z en b/z. In het ondiepe grondwater voor de groepen a/z en b/z komen hoge concentraties voor. Een gemiddelde concentratie die circa zes maal zo hoog is als de drinkwaternorm wordt gevonden voor de groep b/z.

Het %OBD in het ondiepe grondwater voor g-m/z en b/z is duidelijk zeer hoog en voor a/z is het %OBD duidelijk hoog. Het patroon van de %OBD is grote lijnen analoog aan dat van de gemiddelde concentratie. Ook met het figuur voor het %O(pH<5) is de gelijkensis groot (zie bijlage1 figuur 2.2.A).

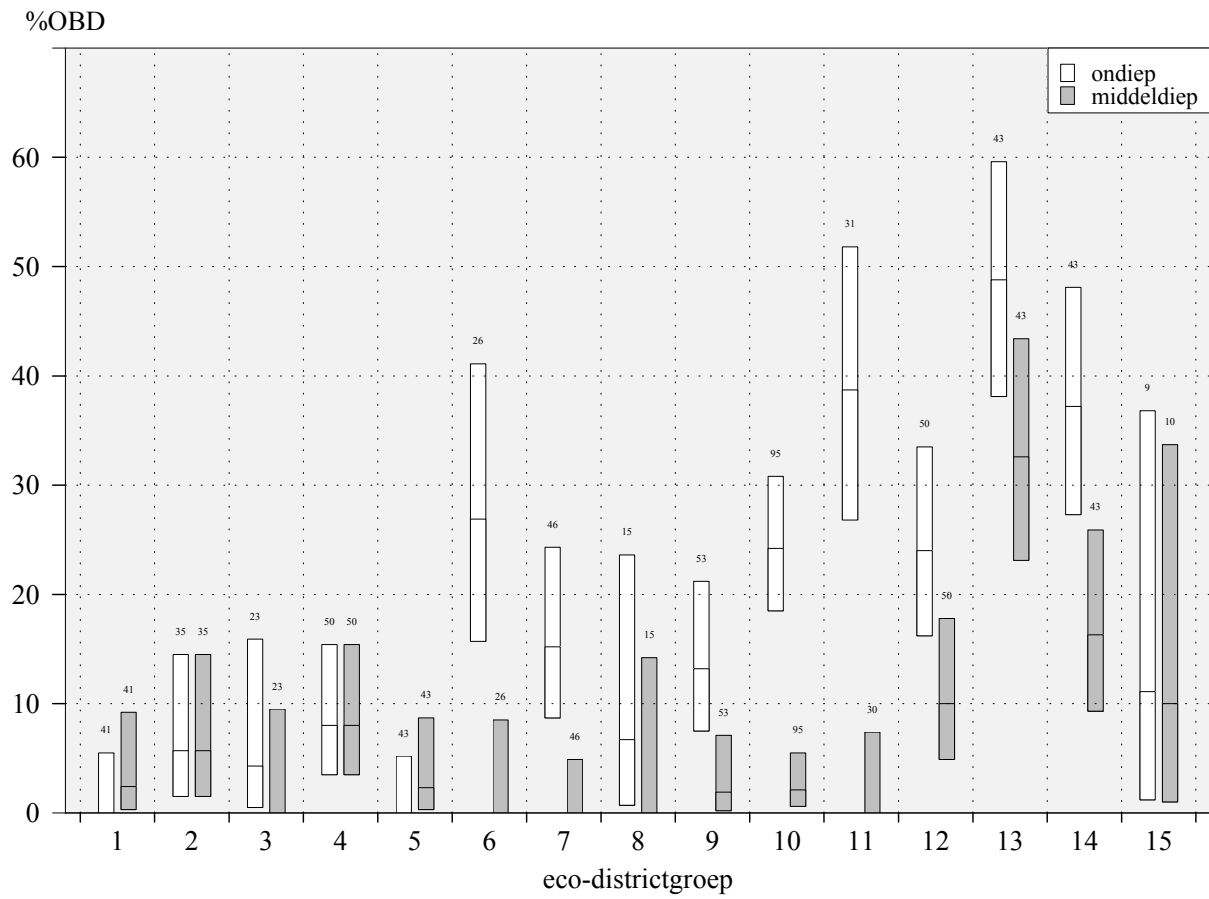
### Tabel 2.4.A

Alleen in het middeldiepe grondwater wordt voor de polders en droogmakerijen een duidelijke stijging berekend.

### Figuur 2.4.C

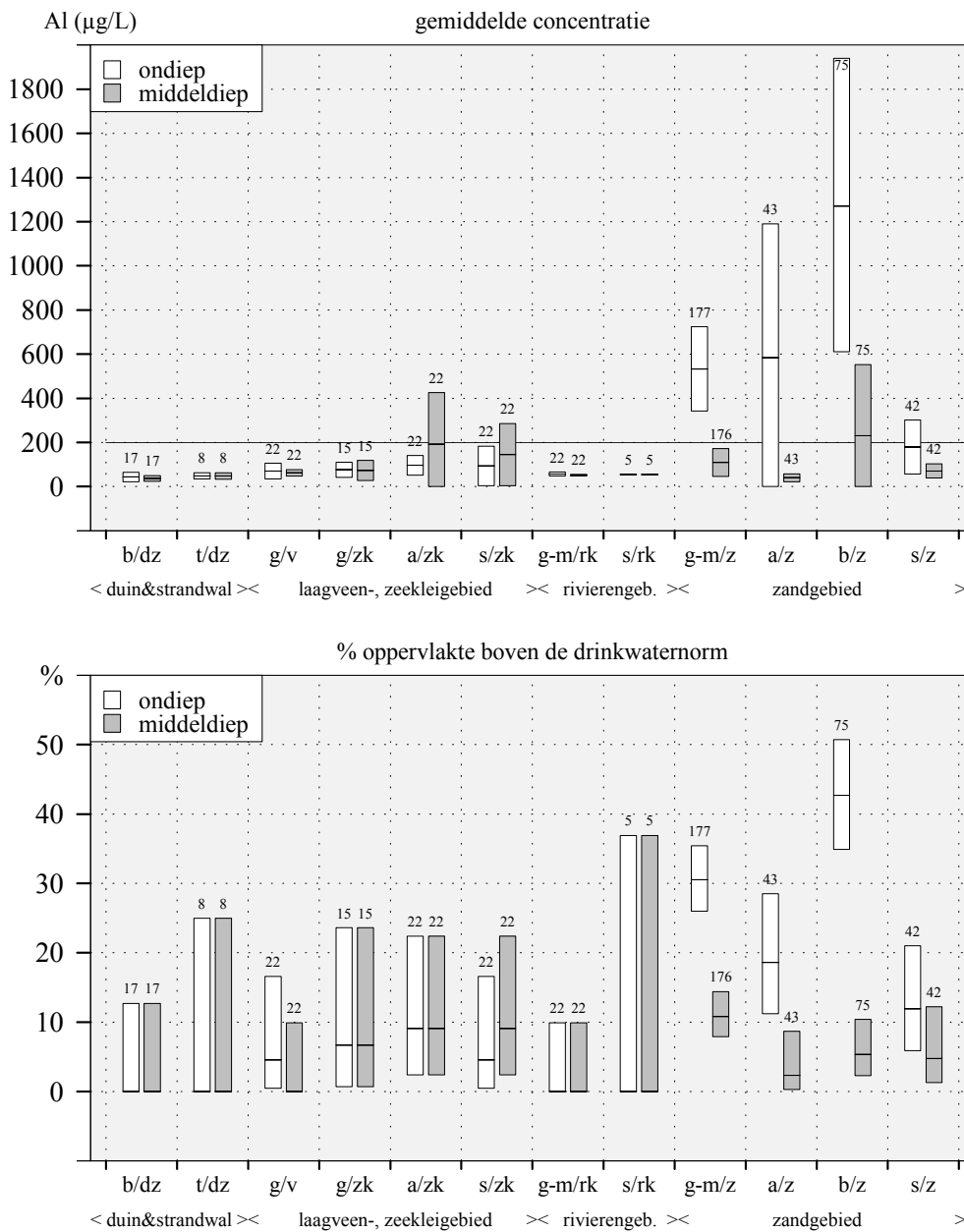
Uit het variabele verloop van het %WBD voor de polders en droogmakerijen is niet waar te nemen dat de concentraties van aluminium stijgen.





*Figuur 2.4.A: Aluminium in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de drinkwaternorm aluminium (OBD; drinkwaternorm 200 µg/L aluminium; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileengebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



Figuur 2.4.B: Aluminium in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de drinkwaternorm (200 µg/L).

Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.

Tabel 2.4.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van aluminium uitgedrukt in mg/L in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1990-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep		middeldiep		grondwater van voor of na 1960			
						jong		oud	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	16	9	-1	12	12	6	-1
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	0	2	0	2	0	1	0
3	gras (laag-)veen (g/v)	15	-7	16	21	10	-1	17	20
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	9	12	60	4	-23 ↓	18	50
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	22	26	22	123	1	-2	40	82
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	-82	12	144	10	144	14	-63
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	6	15	2	15	4	15	5
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	0	6	0	12	0	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	-153 ↓	76	-58	90	-157 ↓	58	-33
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	19	11	-75	14	-41	8	-6
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	573	39	39 ↓	62	435	12	-6 ↓
12	bebouwd op zand (s/z)	25	-64 ↓	25	-5	37	-39	9	5
nr	gebied								
1	duinen en strandwallen	15	10	15	-87	19	8	11	-119
2	laagveengebieden	24	-53	24	77	16	89	27	-28
3	polders en droogmakerijen	17	22	16	16 ↑	5	0	26	23 ↑
4	zeekleigebied	37	9	37	81	8	-7	63	54
5	rivierengebied	33	-9	30	2	44	-7	18	4
6	beekdalcomplexen	8	0	8	-1	8	6	8	-7
7	hoogveengebied	17	-101 ↓	17	0 ↓	15	-88 ↓	17	3
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	-11 ↓	12	-1	9	-10	15	-3 ↓
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-8	30	6	41	-6	17	8
10	keileemgebied	38	-400 ↓	38	-39 ↓	48	-295 ↓	27	-93 ↓
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	58 ↓	16	1	30	32 ↓	2	0
12	Centrale Slenk	24	159 ↓	24	-2	20	219	24	-10 ↓
13	zuidwestelijk zandgebied	13	824	13	-266 ↓	15	683	6	0
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-95	20	18	35	-42	4	0
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-1073	5	-117 ↓	1	7	2	-2215
16	zandgebieden	177	-21 ↓	178	-25 ↓	221	-8 ↓	120	-22 ↓
17	heel Nederland	308	-32 ↓	305	-4	314	-1 ↓	267	-19
		cCl < 150 mg/L				cCl > 150 mg/L			
		ondiep		middeldiep		ondiep		middeldiep	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	16	6	0	1	90	3	-2
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	0	2	0	0	-	0	-
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	-21 ↓	8	-2 ↓	5	4	7	50 ↑
4	gras op zeeklei (g/zk)	4	-22	4	3	6	31	8	88
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	-4	4	3	12	46	16	167
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	3	-63 ↓	4	400	7	-146	7	18
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	6	15	2	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	5	0	3	0	0	-	1	0
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	72	-131 ↓	74	-60	1	46	1	0
10	akkerbouw op zand (a/z)	10	21	10	-82	0	-	1	0
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	610	39	39 ↓	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	20	-93	24	-6	1	192	0	-
nr	gebied								
1	duinen en strandwallen	9	9	12	-108	1	90	3	-2
2	laagveengebieden	12	-24	12	131	9	-113	11	25
3	polders en droogmakerijen	8	6	5	5	7	47	11	20
4	zeekleigebied	9	-19	7	2	20	19	27	109
5	rivierengebied	30	-10	26	2	0	-	1	0
6	beekdalcomplexen	7	0	7	-2	0	-	1	0
7	hoogveengebied	15	-111	17	0 ↓	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	-12	11	-1	1	0	1	0
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-8	30	6	0	-	0	-
10	keileemgebied	30	-432 ↓	34	-27 ↓	2	119	1	0
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	58 ↓	16	1	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	21	180 ↓	24	-2	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	824	13	-266 ↓	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-95	20	18	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-1073	5	-117 ↓	0	-	0	-
16	zandgebieden	162	-9 ↓	172	-23 ↓	3	80	3	0
17	heel Nederland	235	-31 ↓	239	-17 ↓	40	0	56	61 ↑

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

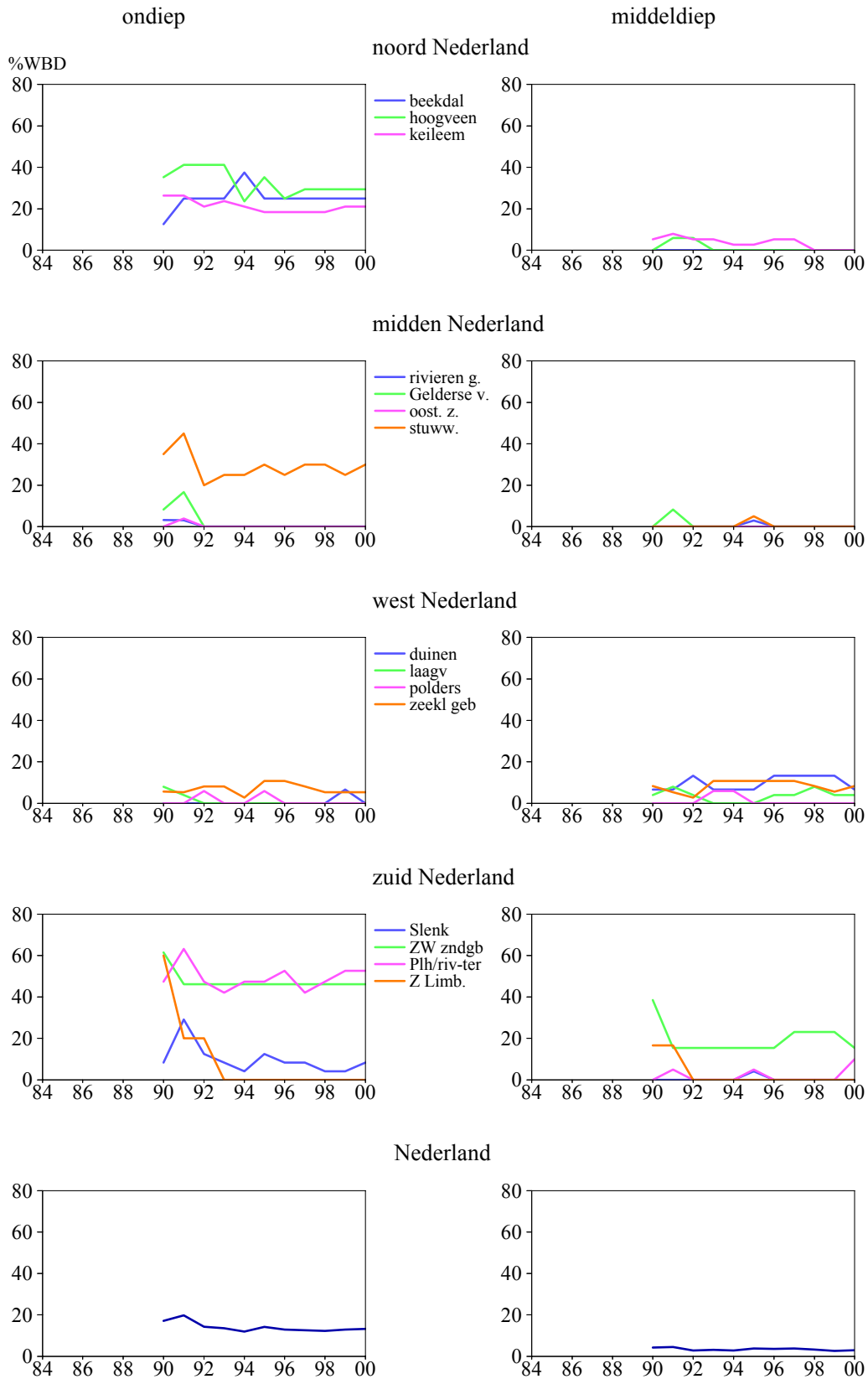
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1990 en 2000

- : geen waarneming

Δ : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



*Figuur 2.4.C: Percentage waarnemingen van aluminium boven de drinkwaternorm per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (drinkwaternorm 200 µg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).*



## 2.5 NITRAAT

### Figuur 2.5.A

Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het ondiepe grondwater van het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen, de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe, de Peelhorst en oude rivierterrassen en het krijt- en lössgebied en het %OBS is duidelijk hoog van de keileemgebieden en het zuidwestelijk zandgebied. Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het middeldiepe grondwater van het krijt- en lössgebied en duidelijk hoog voor de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe.

### Figuur 2.5.B

In het ondiepe grondwater wordt voor de groep g-m/z een gemiddelde concentratie van nitraat die duidelijk hoger is dan de streefwaarde van 5,6 mg/L N gevonden.

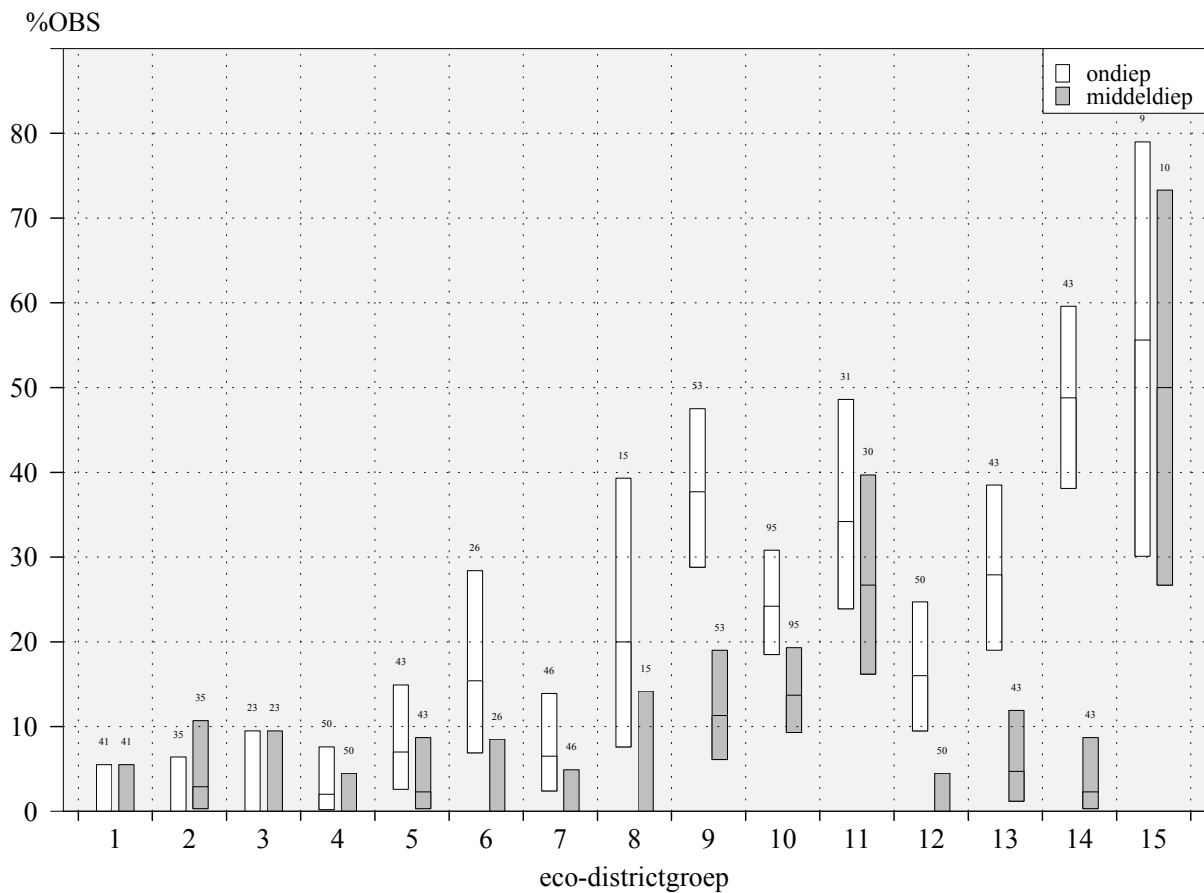
In het ondiepe grondwater is het %OBS voor de groep g-m/z, a/z en s/z duidelijk zeer hoog en voor de groep b/z duidelijk hoog.

### Tabel 2.5.A

In grondwater worden geen duidelijke veranderingen van de gemiddelde concentratie van nitraat per gebied of groep gevonden.

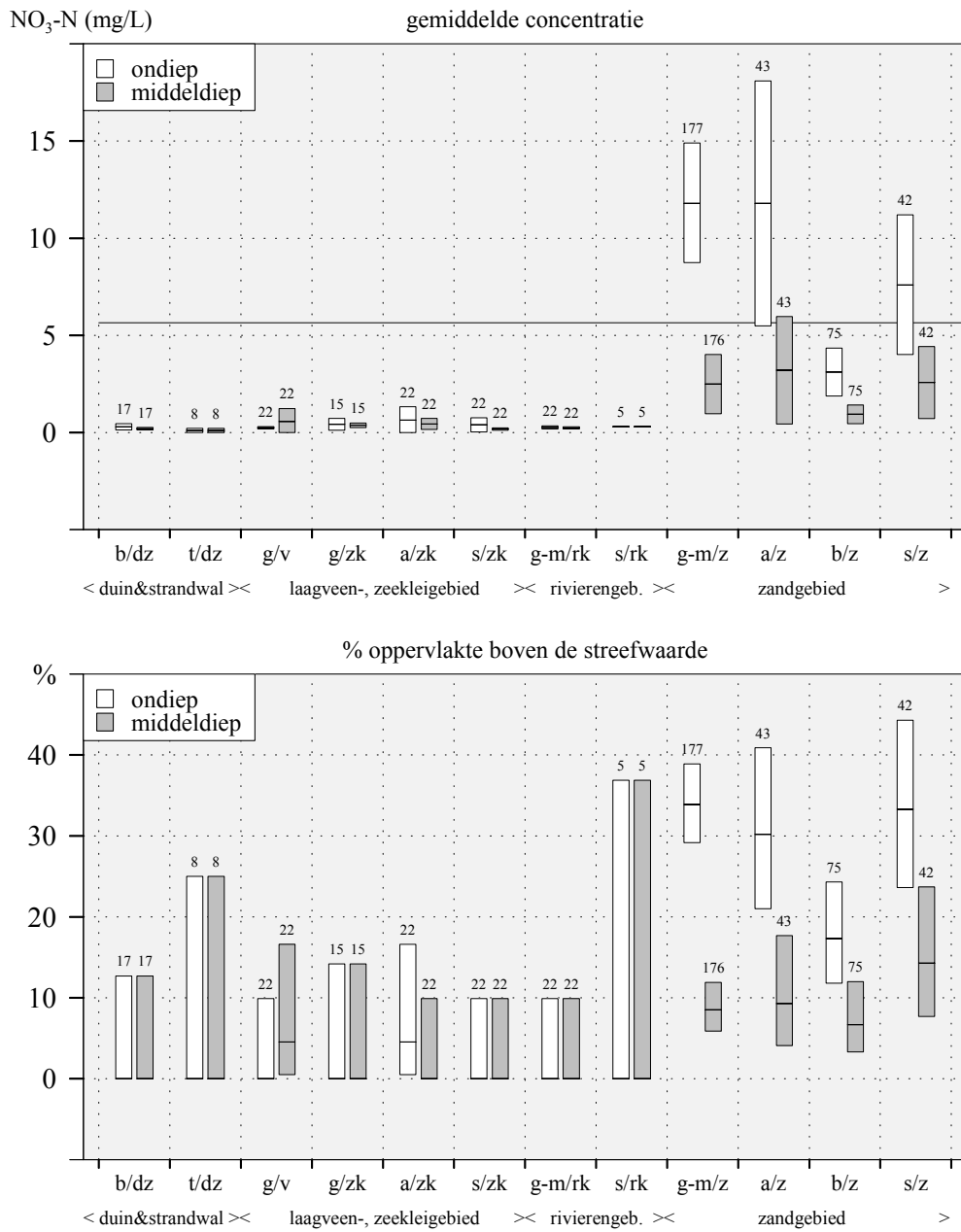
### Figuur 2.5.C

De tijdreeksen tonen dat er geen indicaties worden gevonden voor verandering van het %WBS in de tijd.



*Figuur 2.5.A: Nitraat in het grondwater in het jaar 2000 per eco-districtgroep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor nitraat-N (OBS; streefwaarde 5,6 mg/L NO<sub>3</sub>-N; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=riverengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileengebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



*Figuur 2.5.B: Nitraat in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor nitraat-N (5,6 mg/L). Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.*



Tabel 2.5. A: Gemiddelde verandering van de concentratie van nitraat uitgedrukt in mg/L N in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1984-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep		middeldiep		grondwater van voor of na 1960			
		n	Δ	n	Δ	jong		oud	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	0.00 ↑	9	0.00	12	0.00 ↑	6	0.00
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	0.00	2	0.00	2	0.00	1	0.00
3	gras (laag-)veen (g/v)	16	0.01	16	0.31	11	0.05	19	0.25
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	0.00	12	0.02	4	0.06	18	0.00
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	22	0.19	22	0.09	1	0.00	42	0.03
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	0.17	14	0.00	11	0.22	16	0.00
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	-0.01	16	0.00	17	-0.01	15	0.00
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	0.00	6	0.00	12	0.00	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	-0.14 ↑	76	0.47	91	0.36	59	-0.14
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	0.79	11	-1.67	14	-0.70	8	0.00
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	0.48 ↑	39	-0.15	62	0.44 ↑	12	0.39
12	bebouwd op zand (s/z)	25	-1.02	25	-0.14	40	-0.28	10	-1.78
nr gebied									
1	duinen en strandwallen	15	0.00 ↑	15	0.01 ↑	19	0.00 ↑	11	0.02 ↑
2	laagveengebieden	25	0.01	25	0.20 ↑	17	0.03	32	0.15 ↑
3	polders en droogmakerijen	17	0.00	17	0.00	5	0.00	29	0.00
4	zeekleigebied	37	0.11	37	0.06	9	0.30	64	-0.02
5	rivierengebied	33	0.81	32	-0.19	46	0.45	19	0.00
6	beekdalcomplexen	8	0.57	8	0.01	8	0.57	8	0.01
7	hoogveengebied	17	-0.13	17	-0.01	16	-0.14	18	-0.01
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	0.90	12	-1.12	9	-0.38	15	0.05
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-2.30	30	-0.08	42	-1.70	18	-0.01
10	keileengebied	38	0.43	38	-0.41	48	0.20	27	-0.33
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-0.86 ↑	16	3.79	30	1.43 ↑	2	1.98
12	Centrale Slenk	24	1.01 ↑	24	0.11	23	1.82 ↑	25	-0.60
13	zuidwestelijk zandgebied	13	1.09	13	-1.82	15	0.72	6	-0.21
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	0.31	20	-0.02	35	0.16	4	-0.02
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	6.77 ↑	6	1.79	1	0.30	2	0.00
16	zandgebieden	177	-0.05 ↑	178	0.04	226	0.17 ↑	123	-0.17
17	heel Nederland	309	0.18 ↑	310	0.06 ↑	323	0.19 ↑	280	-0.06 ↑
cCl < 150 mg/L									
nr	groep	ondiep		middeldiep		cCl > 150 mg/L			
		n	Δ	n	Δ	ondiep		middeldiep	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	0.00	6	0.00	1	0.00	3	0.00
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	0.00	2	0.00	0	-	0	-
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	0.00	8	0.00	5	0.04	6	0.78
4	gras op zeeklei (g/zk)	3	0.00	4	0.06	6	0.00	8	0.00
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	-0.10	4	0.00	12	0.41	16	0.13
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	2	0.00	4	0.00	6	0.00	6	0.00
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	-0.01	15	0.00	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	4	0.00	3	0.00	0	-	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	70	-0.17	73	0.49	1	0.00	1	0.00
10	akkerbouw op zand (a/z)	8	3.24	10	-1.84	0	-	0	-
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	0.22 ↑	39	-0.15	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	19	-0.40	24	-0.15	1	0.07	0	-
nr gebied									
1	duinen en strandwallen	8	0.00 ↑	11	0.02 ↑	1	0.00	3	0.00
2	laagveengebieden	12	0.00	12	0.00	8	0.02	9	0.52
3	polders en droogmakerijen	7	-0.01	5	0.00	7	0.00	11	0.00
4	zeekleigebied	8	-0.39 ↓	6	0.04	20	0.25	27	0.08
5	rivierengebied	29	1.06 ↑	26	-0.24	0	-	0	-
6	beekdalcomplexen	6	0.76	7	0.01	0	-	1	0.00
7	hoogveengebied	15	-0.15	17	-0.01	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	0.98	11	-1.23	1	0.00	1	0.00
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-2.30	30	-0.08	0	-	0	-
10	keileengebied	28	0.17	33	-0.48	2	0.04	0	-
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-0.86 ↑	16	3.79	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	20	2.11 ↑	24	0.11	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	1.09	13	-1.82	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	18	1.29 ↑	20	-0.02	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	6.77 ↑	6	1.79	0	-	0	-
16	zandgebieden	157	0.09 ↑	171	0.04	3	0.02	2	0.00
17	heel Nederland	226	0.34 ↑	237	0.05	39	0.13	52	0.13

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

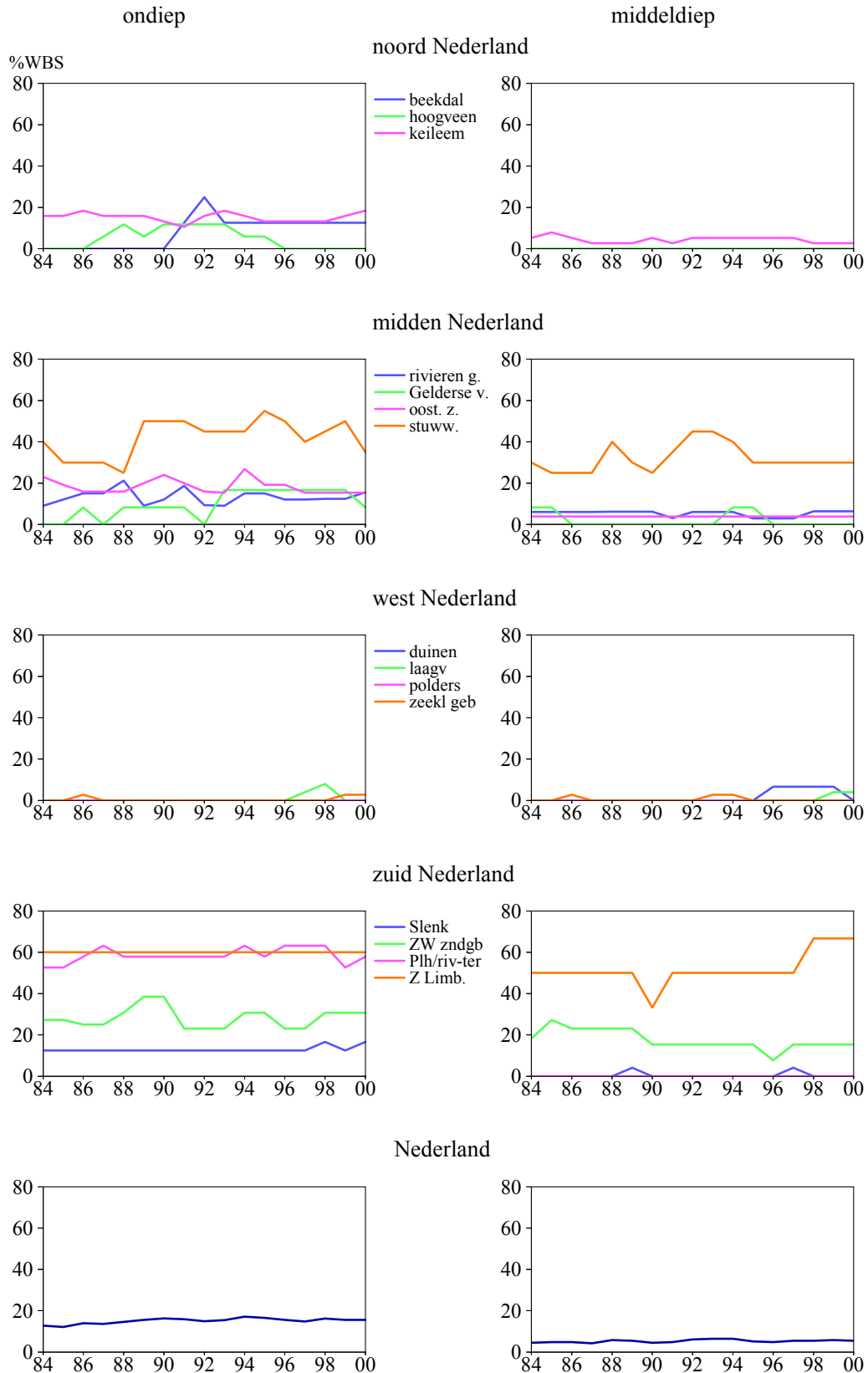
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1984 en 2000

- : geen waarneming

Δ : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



*Figuur 2.5.C: Percentage waarnemingen van nitraat boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde nitraat-N 5,6 mg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep groep onder de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).*

### *Relatie grondwatertrap*

In het hoofdrapport is in paragraaf 3.6 in de inleiding aangegeven dat de concentratie van nitraat samenhangt met de grondwatertrap (Gt). Met lineaire regressie is onderzocht of de concentratie van nitraat samenhangt met het grondgebruik, kwel of infiltratie, tritium-classificatie en Gt. Bij het grondgebruik zijn onderscheiden bos, gras en bouwland. Voor kwel of infiltratie is gebruik gemaakt van twee bronnen: 1) de verticale grondwaterstroming tussen eerste en derde filter van het LMG geclassificeerd in kwel, infiltratie en stagnant. en 2) de verticale grondwaterstroming (getalswaarde) uit de kwel/infiltratiekaart (Beugelink en Pastoors, 2001). De tritium-code is geclassificeerd in infiltratie voor of na 1960 (Meinardi, 1994). De grondwatertrap is verdeeld in nat (Gt I-IV), matig nat (Gt V-VI) en droog (Gt VII-VII\*). Uit het LMG zijn waarnemingen uit de zandgebieden gebruikt. De resultaten van de analyse zijn opgenomen in tabel 2.5.B.

*Tabel 2.5.B: Resultaten van de regressie-analyse van de concentratie van nitraat in relatie met het grondgebruik, kwel of infiltratie, tritium-classificatie en met de ontwatering.*

factoren	Veklaarde variantie (%)
Grondgebruik en kwel/infiltratie uit kaartbestand	17.4
Grondgebruik en kwel/infiltratie uit LMG	16.4
Grondgebruik en ontwatering	33.8
Grondgebruik en tritium-klassificatie	19.1

Uit tabel 2.5.B blijkt dat grondgebruik en ontwatering de hoogste verklaarde variantie oplevert. Om de samenhang van ontwatering met de concentratie van nitraat duidelijker te demonstreren zijn Gt's gegroepeerd in droog (Gt I-V\*) en nat (Gt VI-VII\*). Verder zijn de waarnemingen van nitraat ingedeeld in de groepen per grondgebruik/grondsoort in het zandgebied. Per groep is het gemiddelde en %OBS uitgerekend. Uit figuur 2.5.D blijkt dat alleen voor g-m/z in de zandgebieden een duidelijk verschil in de gemiddelde nitraatconcentratie wordt gevonden tussen de natte en droge groep. Bij de groepen a/z en b/z wordt ook een verschil aangetroffen. Over het geheel genomen gaan droge gronden samen met hoge nitraatconcentraties en natte gronden met lage concentraties. Voor de groep s/z worden nitraatconcentraties gevonden op het niveau van a/z. Bovendien zijn de betrouwbaarheidsintervallen breed.

De lage concentraties worden verklaard doordat bij natte gronden het grondwater bij een geringere diepte al anaëroob wordt en denitrificatie optreedt. De verschillen in de hoogte van de concentratie tussen de groepen g-m/z, naar a/z en b/z hangt waarschijnlijk samen met de N-belasting.

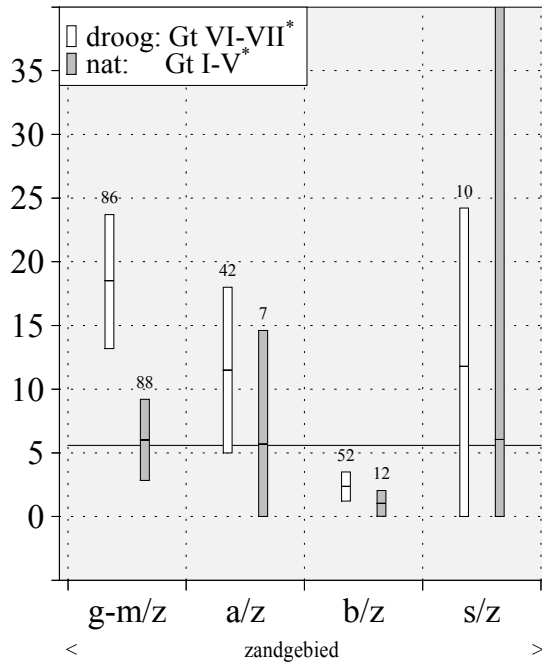
De gemiddelde concentraties voor de groep b/z zijn duidelijk lager dan de streefwaarde maar liggen toch op een niveau van 1-2 mg/L. In een natuurlijke situatie zonder bemesting (landbouweffecten uit de omgeving) en atmosferische depositie wordt geen nitraat in het grondwater verwacht. De waargenomen concentraties van nitraat kunnen mede zijn veroorzaakt doordat het intrekgebied van een waarnemingsput vaak niet voor 100% uit bos bestaat. Anderzijds kan nitraat ook worden gevormd door mineralisatie van organische stof in recessie verkerend oud bos. Verder kunnen er jaren zijn met een slecht groeiseizoen. Tenslotte is het mogelijk dat grondwater afkomstig van landbouwpercelen door grondwaterstroming onder randen van bossen terecht komt. Ook deponiert ammoniak vanuit de landbouw op bos en wordt daar in nitraat omgezet.

De hoge gemiddelde nitraatconcentraties in het stedelijk gebied worden verklaard uit nitraatbelasting

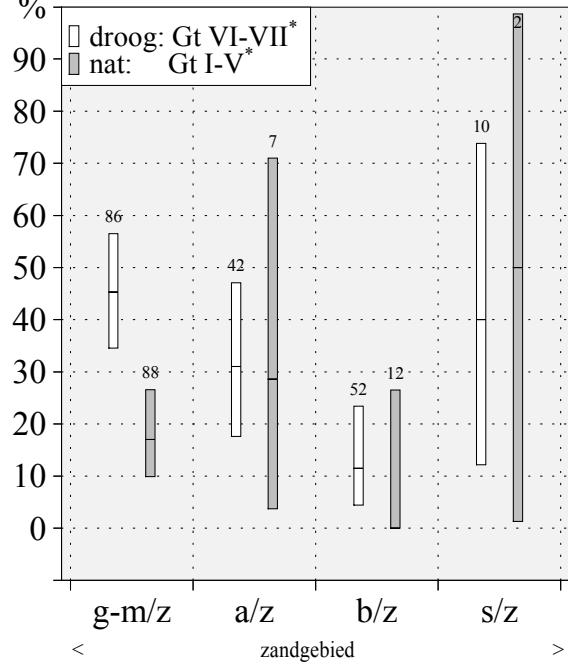
door bemesting van tuinen, uitwerpselen van honden en lekkende riolering.

De bevindingen voor de figuur met het %OBS zijn in grote lijnen gelijk aan de bevindingen die voor de gemiddelde concentratie zijn gemeld. Opmerkelijk is het hoge %OBS voor de groep g-m/z in het zandgebied. Dit percentage bedraagt circa 45% voor de droge groep en circa 15% voor de natte gronden.

NO<sub>3</sub>-N (mg/L) gemiddelde concentratie



% oppervlakte boven de streefwaarde



*Figuur 2.5.D: Nitraat in het grondwater op een diepte van 5-15 m –mv in de zandgebieden in het jaar 1999 per grondgebruik/grondsoort ingedeeld naar klassen van grondwatertrappen; 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie en het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor nitraat-N (streefwaarde: 5,6 mg/L; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, a=akkerbouw, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, z=zand



## 2.6 AMMONIUM

### Figuur 2.6.A

Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het ondiepe grondwater van de polders en droogmakerijen, de zeekleigebieden en het hoogveengebied en duidelijk hoog in de laagveengebieden en de keileemgebieden. Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het middeldiepe grondwater is van de polders en droogmakerijen en het hoogveengebied en duidelijk hoog in de laagveengebieden, de zeekleigebieden, de beekdalcomplexen en de keileemgebieden.

### Figuur 2.6.B

De streefwaarden voor ammonium zijn verschillend voor klei- en veengebieden en zandgebieden. Uit de figuur met gemiddelde concentraties van ammonium wordt duidelijk dat grondwater onder rivierklei meer lijkt op grondwater onder zand. Daarom is de streefwaarde voor zand ook toegepast op grondwater onder rivierklei. In het ondiepe grondwater komt de gemiddelde concentratie van alleen de groepen t/dz en s/zk duidelijk boven de streefwaarde uit.

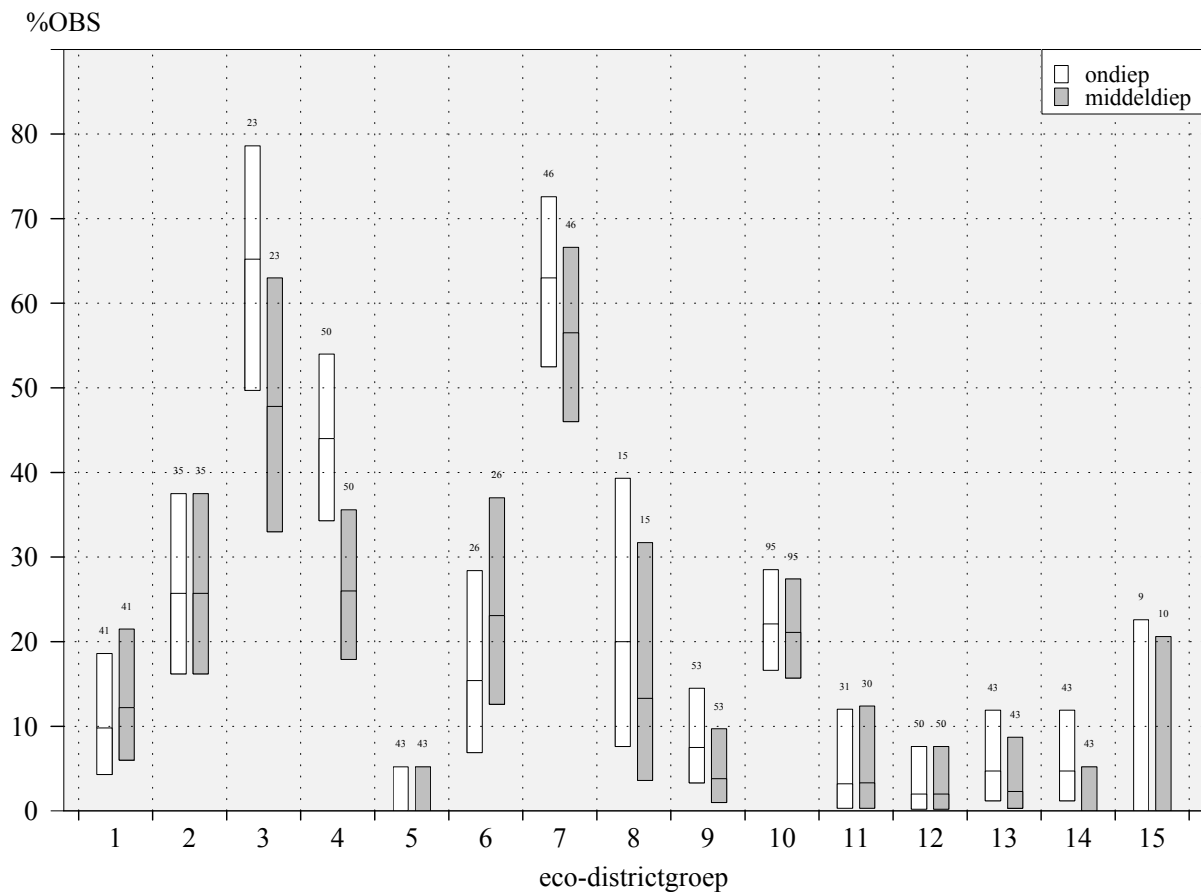
Duidelijk zeer hoge %OBS worden gevonden in het ondiepe grondwater voor de groepen t/dz, g/zk, a/zk en s/zk en duidelijk hoge %OBS voor de groepen g/v, a/z en s/z. Duidelijk zeer hoge %OBS worden gevonden in het middeldiepe voor de groepen b/dz, t/dz, a/zk en s/zk en duidelijk hoge %OBS voor de groepen g/v, a/z en s/z.

### Tabel 2.6.A

In het ondiepe grondwater worden duidelijke dalingen gevonden voor de eco-districtgroepen Utrechtse Heuvelrug en Veluwe en de Peelhorst en oude rivierterrassen. In het middeldiepe grondwater wordt een duidelijk daling gevonden voor de laagveengebieden.

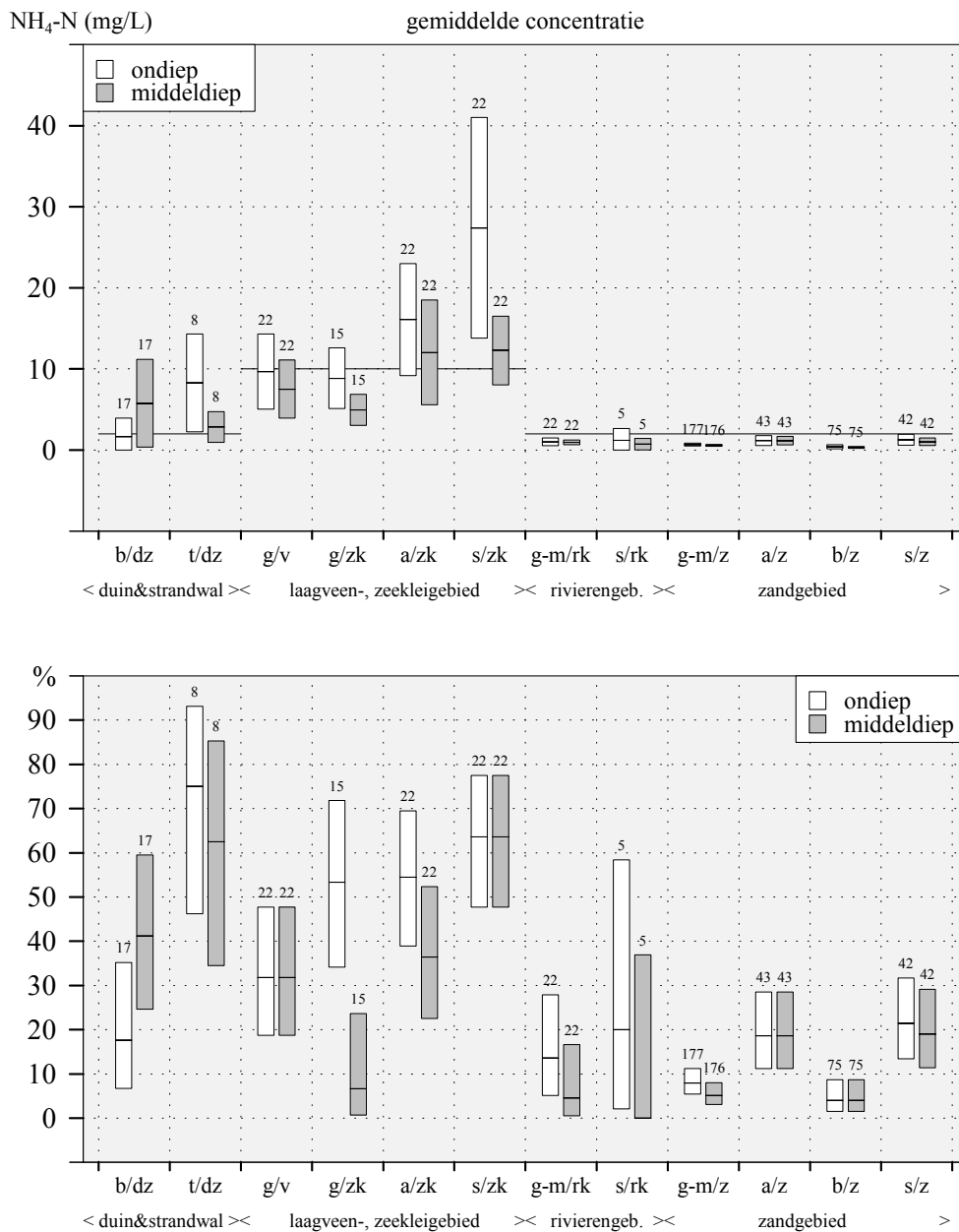
### Figuur 2.6.C

De reeksen voor de %WBS blijven met de tijd op gelijk niveau.



*Figuur 2.6.A: Ammonium in het grondwater in het jaar 2000 per eco-districtgroep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor ammonium-N (OBS; streefwaarde voor ammonium-N zand en leem: 2 mg/L, klei en veen: 10 mg/L; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileengebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



Figuur 2.6.B: Ammonium in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor ammonium-N (zand en leem: 2 mg/L, klei en veen: 10 mg/L).

Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.



Tabel 2.6.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van ammonium uitgedrukt in mg/L N in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1984-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep		middeldiep		grondwater van voor of na 1960			
		n	Δ	n	Δ	jong		oud	
						n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	0.00	9	1.25	12	0.01	6	1.85
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	4.50	2	-0.26	2	0.81	1	-0.47
3	gras (laag-)veen (g/v)	16	-0.24	16	-0.86	11	0.19	19	-1.01 ↓
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	-0.08	12	-0.59	4	-1.78	18	-0.12
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	22	-0.36	22	-0.73	1	0.11	42	-0.43
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	-1.29 ↓	14	0.53	11	-1.61 ↓	16	0.72
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	-0.03	16	0.01	17	0.02	15	-0.05
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	-0.53	6	-0.02	12	-0.28	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	-0.07	76	0.00 ↑	91	-0.06	59	0.00 ↑
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	0.15	11	-0.02	14	0.14	8	-0.07
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	-0.02 ↓	39	0.01	62	-0.01 ↓	12	0.02
12	bebouwd op zand (s/z)	25	-0.25 ↓	25	-0.24 ↓	40	-0.26 ↓	10	-0.15
nr	gebied	ondiep		middeldiep		jong		oud	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	duinen en strandwallen	15	0.64	15	0.67	19	0.51	11	0.91
2	laagveengebieden	25	-0.70	25	<b>-0.90 ↓</b>	17	-0.59	32	<b>-0.94 ↓</b>
3	polders en droogmakerijen	17	0.58	17	-0.37 ↓	5	-0.40	29	0.20
4	zeekleigebied	37	-0.78	37	-0.13	9	-1.03	64	-0.29
5	rivierengebied	33	-0.22	32	0.09	46	-0.08	19	-0.05
6	beekdalcomplexen	8	-0.19	8	-0.10	8	-0.18	8	-0.11
7	hoogveengebied	17	-0.30	17	-0.11	16	-0.29	18	-0.12
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	-0.12	12	0.00	9	-0.55	15	0.24
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	0.04	30	-0.03	42	0.01	18	-0.01
10	keileengebied	38	0.03	38	-0.04	48	0.01	27	-0.03
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	<b>-0.02 ↓</b>	16	-0.14 ↓	30	-0.08 ↓	2	-0.01
12	Centrale Slenk	24	-0.05	24	-0.02 ↑	23	<b>-0.07 ↓</b>	25	0.00 ↑
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-0.16	13	0.01	15	-0.14	6	0.02 ↑
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	<b>-0.10 ↓</b>	20	-0.02	35	<b>-0.06 ↓</b>	4	-0.06
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-0.05 ↓	6	0.86	1	-0.10	2	-0.02 ↓
16	zandgebieden	177	-0.06 ↓	178	-0.04	226	<b>-0.08 ↓</b>	123	0.00
17	heel Nederland	309	-0.15 ↓	310	-0.07	323	-0.10 ↓	280	-0.12
cCl < 150 mg/L					cCl > 150 mg/L				
nr	groep	ondiep		middeldiep		ondiep		middeldiep	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	-0.12	6	-0.13	1	0.18	3	3.99
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	4.50	2	-0.26	0	-	0	-
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	-0.63 ↓	8	-0.49 ↓	5	-0.33	6	-1.43
4	gras op zeeklei (g/zk)	3	0.04	4	-1.08	6	0.69	8	-0.34
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	-0.45	4	-0.37	12	-0.48	16	-0.88
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	2	-0.76	4	-0.06	6	-1.26	6	1.16
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	0.05	15	-0.06	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	4	-0.70	3	0.15	0	-	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	70	-0.07	73	0.01 ↑	1	-0.53	1	-0.15
10	akkerbouw op zand (a/z)	8	0.20	10	-0.02	0	-	0	-
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	<b>-0.04 ↓</b>	39	0.01	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	19	-0.28	24	-0.25	1	-0.31	0	-
nr	gebied	ondiep		middeldiep		ondiep		middeldiep	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	duinen en strandwallen	8	0.98	11	<b>-0.25 ↓</b>	1	0.18	3	3.99
2	laagveengebieden	12	-0.37	12	<b>-0.53 ↓</b>	8	-1.54	9	-1.75
3	polders en droogmakerijen	7	-0.05	5	-1.01	7	1.89	11	-0.10
4	zeekleigebied	8	-0.31	6	0.10	20	-0.98	27	-0.17
5	rivierengebied	29	-0.17	26	0.06	0	-	0	-
6	beekdalcomplexen	6	-0.24	7	-0.09	0	-	1	-0.15
7	hoogveengebied	15	-0.15	17	-0.11	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	-0.40	11	0.02	1	2.98	1	-0.24
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	0.04	30	-0.03	0	-	0	-
10	keileengebied	28	0.04	33	-0.03	2	-0.42	0	-
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	<b>-0.02 ↓</b>	16	-0.14 ↓	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	20	-0.05	24	-0.02 ↑	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-0.16	13	0.01	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	18	<b>-0.10 ↓</b>	20	-0.02	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-0.05 ↓	6	0.86	0	-	0	-
16	zandgebieden	157	-0.07 ↓	171	-0.04	3	0.72	2	-0.20
17	heel Nederland	226	-0.07 ↓	237	-0.06	39	-0.42	52	-0.19

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

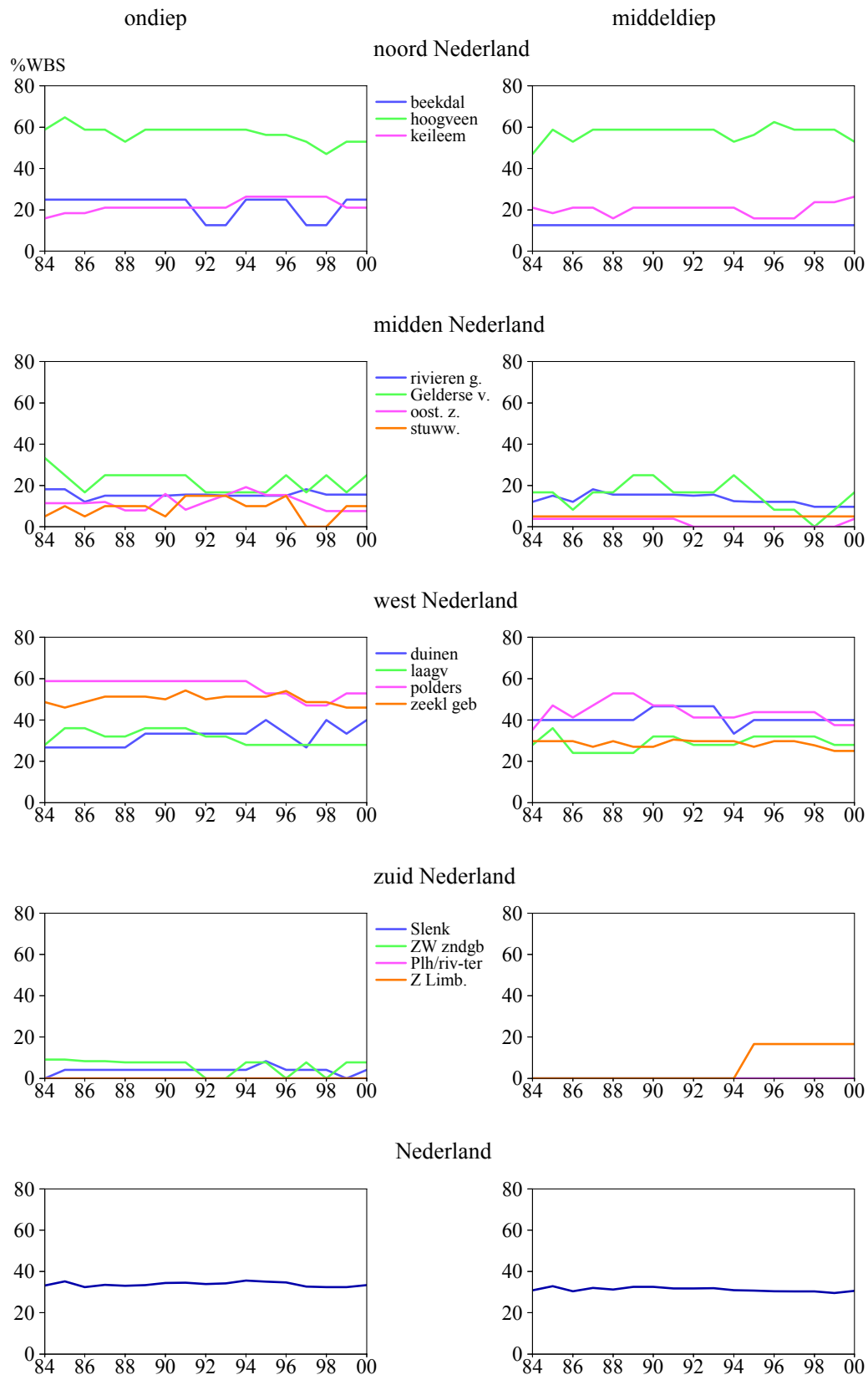
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1984 en 2000

- : geen waarneming

Δ : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



Figuur 2.6.C: Percentage waarnemingen van ammonium boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde voor ammonium-N (zand en leem: 2 mg/L, klei en veen: 10 mg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).



## 2.7 TOTAAL-P

### Figuur 0.A

Het %OBS is duidelijk hoog in het ondiepe grondwater van de duinen en strandwallen, de laagveen-gebieden, de polders en droogmakerijen, de zeekleigebieden en het hoogveengebied. Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het middeldiepe grondwater van het hoogveengebied en het %OBS is duidelijk hoog van de polders en droogmakerijen.

### Figuur 0.B

Voor alleen t/dz in het ondiepe grondwater is de gemiddelde concentratie duidelijk hoger dan de streefwaarde voor zand. In het gebied waar van nature nog veenresten in de ondergrond zitten worden hoge concentraties van totaal-P gevonden. Hierbij valt vooral de groep s/zk op. Uit de figuur met gemiddelde concentraties van totaal-P- wordt duidelijk dat grondwater onder rivierklei meer lijkt op grondwater onder zand.

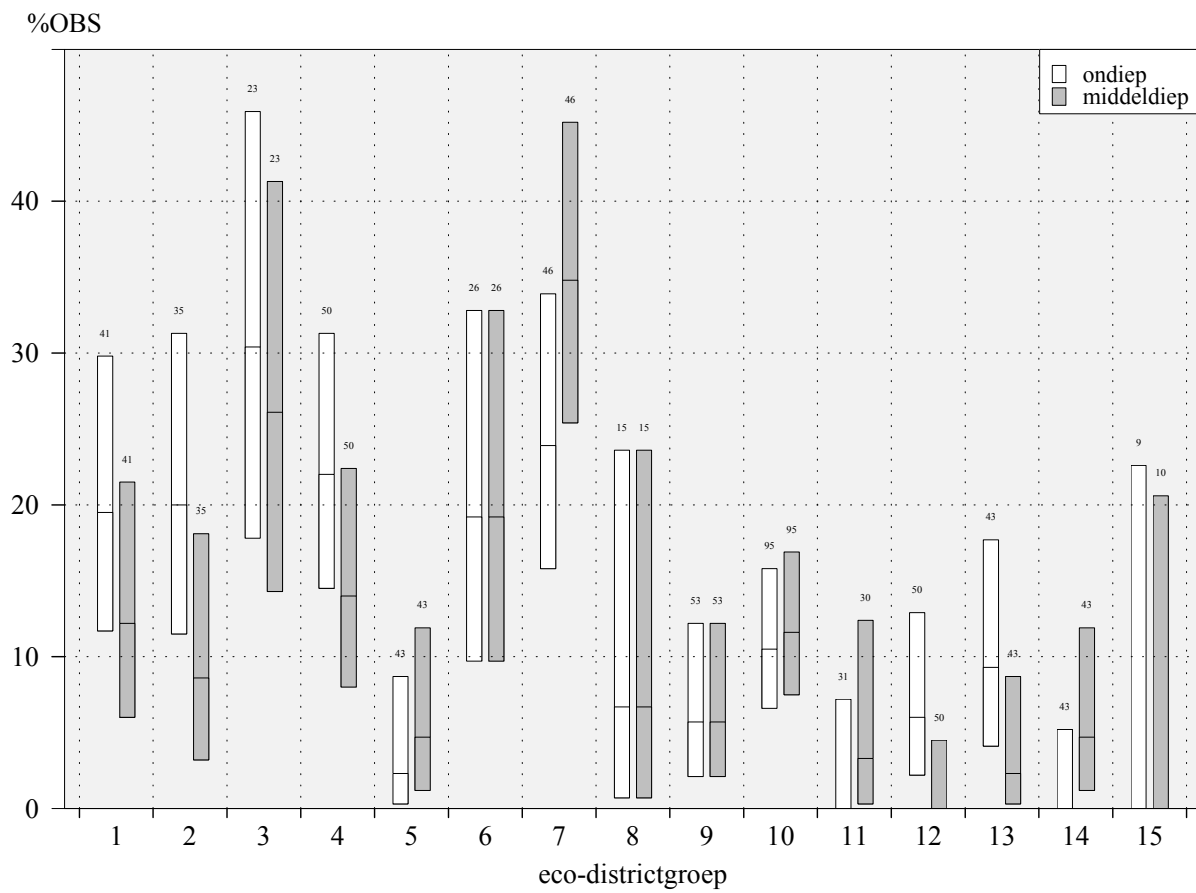
Duidelijk zeer hoge %OBS worden in het ondiepe grondwater gevonden voor de groepen t/dz, s/zk, g-m/rk en s/rk. Het %OBS is duidelijk hoog voor de groep b/dz. Duidelijk zeer hoge %OBS worden gevonden in het middeldiepe grondwater voor de groepen b/dz en t/dz en duidelijk hoge %OBS voor de groepen s/zk, g-m/rk en a/z.

### Tabel 0.A

In het ondiepe grondwater stijgt de gemiddelde concentratie van totaal-P duidelijk voor de groep s/rk en het rivierengebied. In het middeldiepe grondwater stijgt de concentratie duidelijk in het oostelijk dekzandgebied met geïsoleerde stuwwallen en de Centrale Slenk.

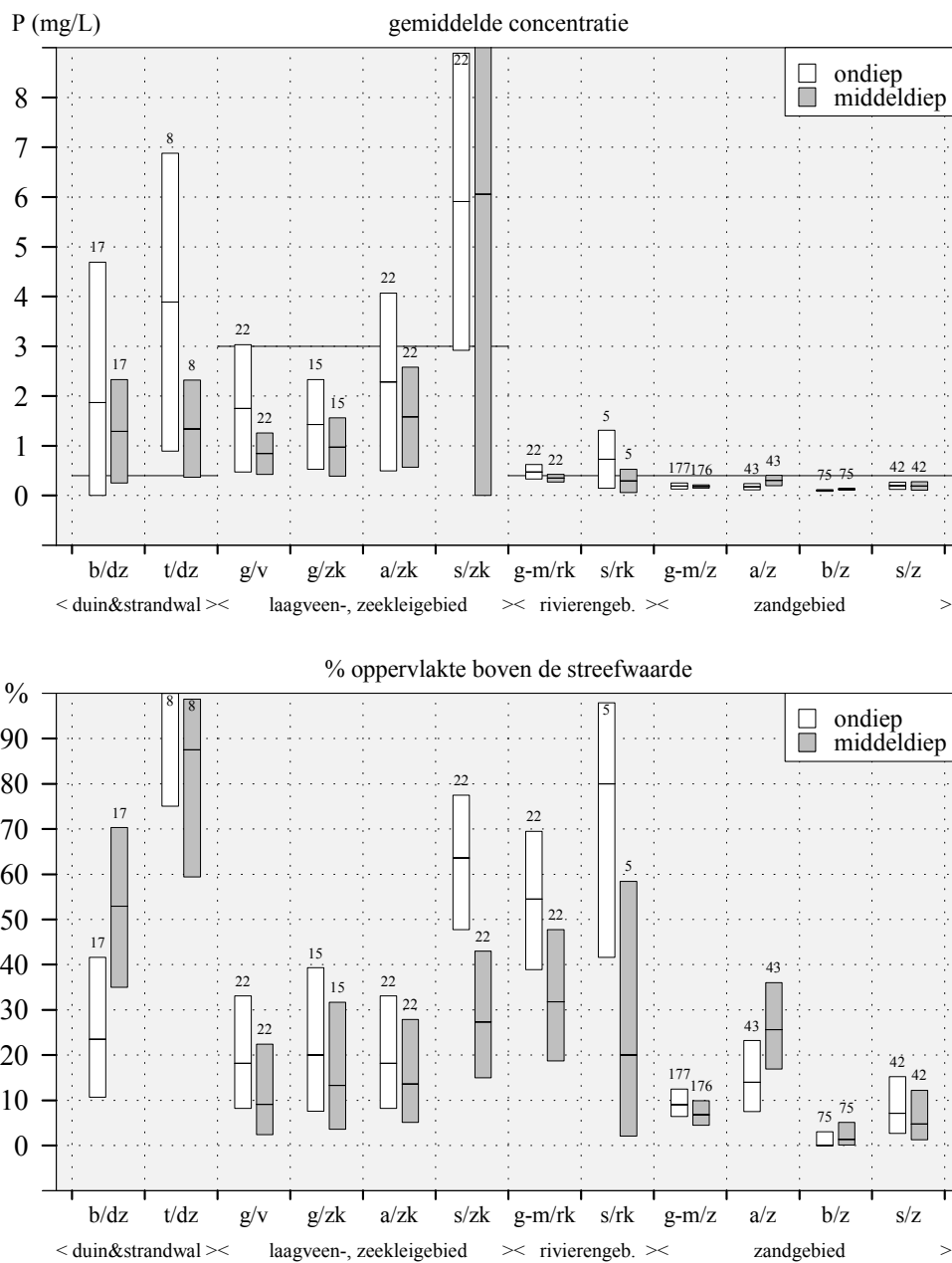
### Figuur 0.C

Het verloop van de reeksen van de %WBS met de tijd is variabel maar netto verandert het %WBS weinig.



*Figuur 0.A: Totaal-P in het grondwater in het jaar 2000 per eco-districtgroep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor totaal-P (%OBS; streefwaarde totaal-P zand en leem: 0,4 µg/L; klei en veen 3 mg/L; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileemgebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



**Figuur 0.B:** Totaal-P in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor totaal-P (zand en leem: 0,4 mg/L; klei en veen 3 mg/L).

Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.

Tabel 0.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van fosfaat uitgedrukt in mg/L P in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1984-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep				middeldiep				grondwater van voor of na 1960			
		n		Δ		n		Δ		jong		oud	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ		
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	0.20	9	-0.07	12	0.09	6	0.02				
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	4.07	2	0.01	2	0.58	1	0.02				
3	gras (laag-)veen (g/v)	16	0.13	16	-0.03 ↑	11	-0.01	19	0.08				
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	0.08	12	-0.01	4	-0.20	18	0.05				
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	22	-0.75	22	-0.31	1	0.06	42	-0.37				
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	0.90	14	-0.06	11	1.03	16	0.04				
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	<b>0.04</b>	16	0.04	17	0.04	15	<b>0.05</b>				
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	<b>0.23</b> ↑	6	0.02 ↑	12	<b>0.12</b> ↑	0	-				
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	<b>0.01</b>	76	0.02 ↑	91	<b>0.02</b>	59	0.01 ↑				
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	-0.05	11	0.08 ↑	14	0.02	8	0.00				
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	-0.02 ↓	39	0.01	62	0.00	12	0.00				
12	bebouwd op zand (s/z)	25	-0.01	25	0.01 ↑	40	0.00	10	0.01				
nr gebied													
1	duinen en strandwallen	15	0.67	15	-0.01	19	0.49	11	0.05				
2	laagveengebieden	25	0.57 ↑	25	0.01 ↑	17	0.70	32	0.08 ↑				
3	polders en droogmakerijen	17	-0.04	17	-1.17	5	0.18	29	-0.74				
4	zeekleigebied	37	-0.39	37	-0.17	9	-0.27	64	-0.17				
5	rivierengebied	33	<b>0.06</b> ↑	32	0.08 ↑	46	0.07	19	<b>0.06</b>				
6	beekdalcomplexen	8	-0.01	8	0.04	8	0.02	8	0.01				
7	hoogveengebied	17	0.03	17	0.01	16	0.07	18	-0.02				
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	0.00	12	-0.02 ↑	9	0.02	15	-0.02				
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	<b>0.03</b>	30	<b>0.03</b> ↑	42	<b>0.03</b>	18	<b>0.03</b> ↑				
10	keileengebied	38	-0.01	38	0.01 ↑	48	0.01	27	0.00 ↑				
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-0.04	16	0.01	30	-0.02	2	0.00				
12	Centrale Slenk	24	0.01	24	<b>0.02</b> ↑	23	<b>0.02</b>	25	0.02 ↑				
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-0.04 ↓	13	-0.03 ↓	15	-0.01	6	-0.07 ↓				
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-0.01 ↓	20	-0.01	35	-0.02	4	0.02 ↑				
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-0.24 ↓	6	-0.02 ↓	1	-0.06	2	-0.43				
16	zandgebieden	177	0.00	178	0.01 ↑	226	0.01	123	0.00 ↑				
17	heel Nederland	309	0.03	310	-0.07 ↑	323	0.08 ↑	280	-0.10 ↑				
cCl < 150 mg/L													
nr	groep	ondiep		middeldiep		cCl > 150 mg/L		middeldiep					
		n	Δ	n	Δ	ondiep	Δ	n	Δ				
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	-0.11 ↓	6	-0.19	1	2.84	3	0.19				
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	4.07	2	0.01	0	-	0	-				
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	0.07	8	<b>0.09</b> ↑	5	0.06	6	-0.25				
4	gras op zeeklei (g/zk)	3	0.39	4	-0.08	6	0.07	8	0.03				
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	0.25	4	0.00	12	-1.51	16	-0.42				
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	2	0.27	4	<b>0.79</b>	6	2.17	6	-0.45				
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	<b>0.04</b>	15	<b>0.05</b>	0	-	0	-				
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	4	0.22	3	0.02	0	-	0	-				
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	70	<b>0.02</b>	73	0.01 ↑	1	0.02	1	0.07				
10	akkerbouw op zand (a/z)	8	-0.07	10	0.08	0	-	0	-				
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	-0.02 ↓	39	0.01	0	-	0	-				
12	bebouwd op zand (s/z)	19	-0.02	24	0.01	1	0.13	0	-				
nr gebied													
1	duinen en strandwallen	8	0.94	11	-0.10	1	2.84	3	0.19				
2	laagveengebieden	12	0.07	12	0.17 ↑	8	1.46	9	-0.08				
3	polders en droogmakerijen	7	<b>0.43</b>	5	0.32	7	-0.64	11	-1.95				
4	zeekleigebied	8	0.06	6	0.03	20	-0.59	27	-0.23				
5	rivierengebied	29	0.04	26	0.09	0	-	0	-				
6	beekdalcomplexen	6	-0.03	7	0.03	0	-	1	0.07				
7	hoogveengebied	15	0.04	17	0.01	0	-	0	-				
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	<b>0.02</b>	11	0.00	1	-0.17	1	-0.30				
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	<b>0.03</b>	30	<b>0.03</b> ↑	0	-	0	-				
10	keileengebied	28	-0.01	33	0.01	2	0.07	0	-				
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-0.04	16	0.01	0	-	0	-				
12	Centrale Slenk	20	0.02	24	<b>0.02</b> ↑	0	-	0	-				
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-0.04	13	-0.03 ↓	0	-	0	-				
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	18	-0.01	20	-0.01	0	-	0	-				
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-0.24 ↓	6	-0.02 ↓	0	-	0	-				
16	zandgebieden	157	0.00	171	0.01 ↑	3	-0.01	2	-0.11 ↑				
17	heel Nederland	226	0.05	237	<b>0.03</b> ↑	39	-0.05	52	-0.54				

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

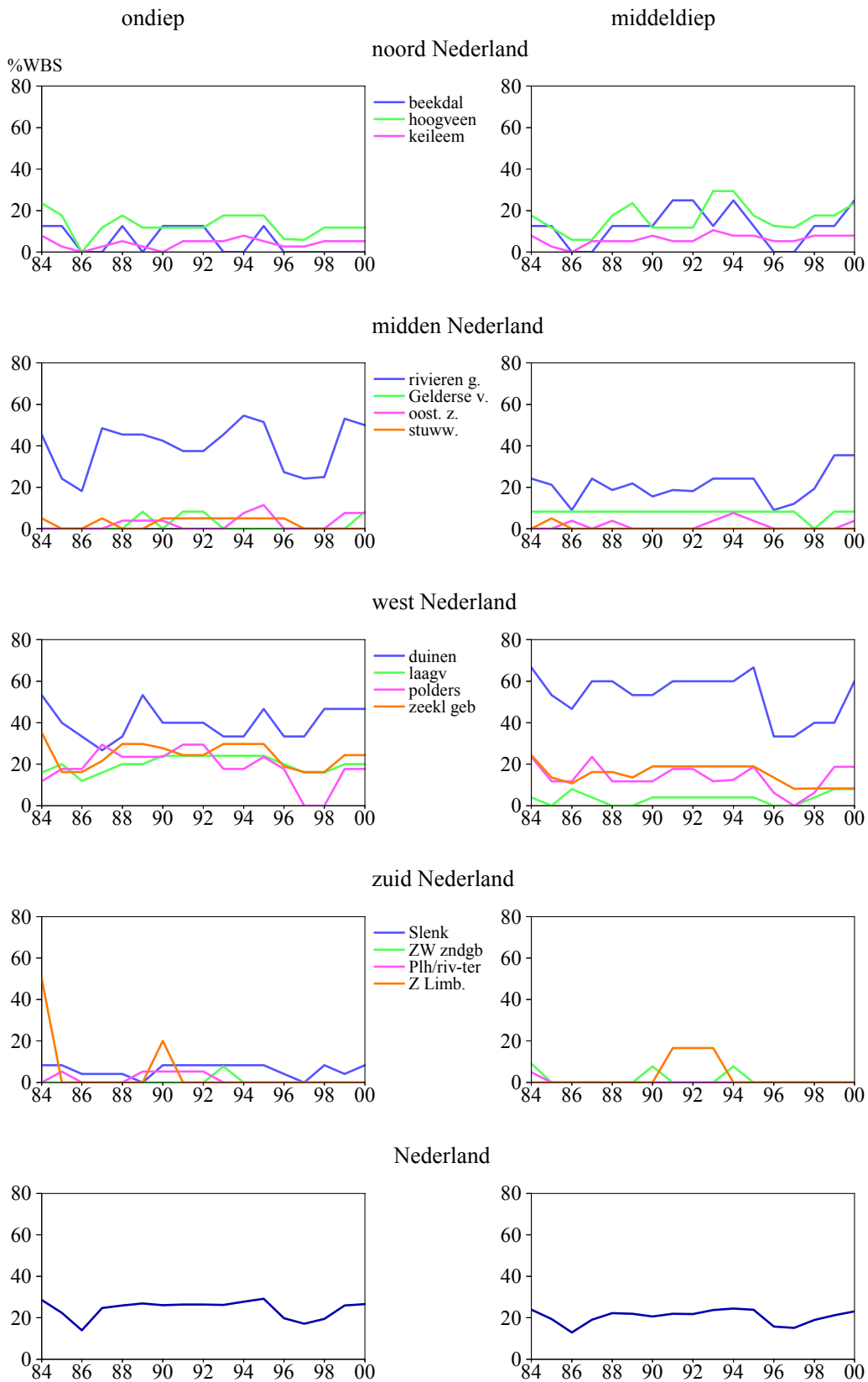
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1984 en 2000

- : geen waarneming

Δ : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



Figuur 0.C: Percentage waarnemingen van totaal-P boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde totaal-P zand en leem: 0,4 µg/L; klei en veen 3 mg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-district-groep in de tabel met de gemiddelde veranderingen, waarnemingen van LMG).





## 2.8 KALIUM

### Figuur 2.8.A

De %OBD zijn duidelijk zeer hoog in het ondiepe grondwater van de duinen en strandwallen, de polders en droogmakerijen, de zeekleigebieden en het zuidwestelijk zandgebied. en de %OBD zijn duidelijk hoog voor de laagveengebieden, Gelderse Vallei en Veluwezoom, het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen, de keileembieden en de Peelhorst en oude rivierterrassen. Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het middeldiepe grondwater van de duinen en strandwallen, de polders en droogmakerijen en de zeekleigebieden en duidelijk hoog voor de laagveengebieden.

### Figuur 2.8.B

Duidelijk hogere gemiddelde concentraties dan de drinkwaternorm worden gevonden in het ondiepe grondwater voor de groepen g/zk, a/zk en s/zk en in het middeldiepe grondwater voor de groep a/zk en s/zk.

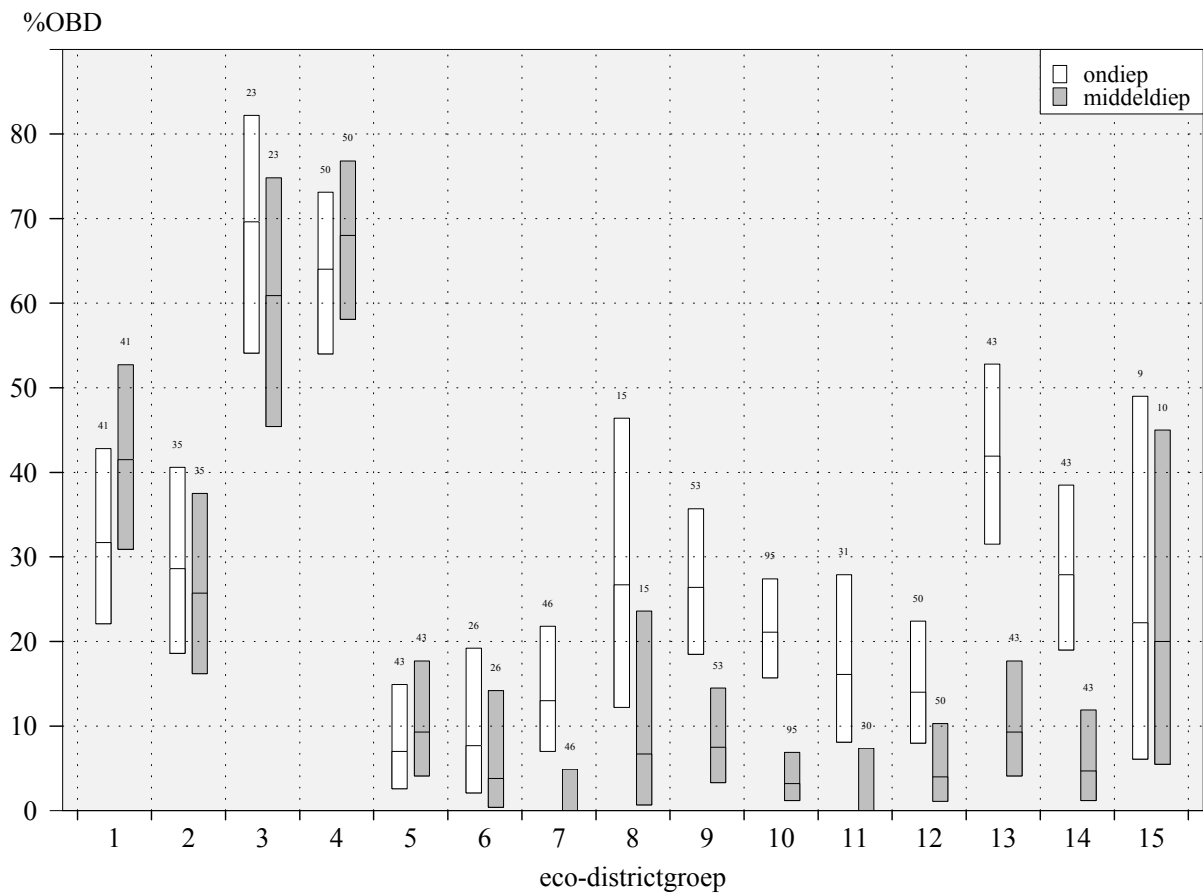
De %OBD in het ondiepe grondwater zijn duidelijk zeer hoog voor de groepen t/dz, g/zk, a/zk, s/zk, g-m/z, s/z en duidelijk hoog voor de groepen g/v en a/z. De %OBS in het middeldiepe grondwater zijn duidelijk zeer hoog voor de groepen t/dz, g/zk, a/zk en s/zk en de %OBS zijn duidelijk hoog voor de groepen b/dz, g/v en s/z.

### Tabellen 2.8.A

In het ondiepe grondwater voor de groep g-m/z en de eco-districtgroep de Peelhorst en oude rivierterrassen stijgt de gemiddelde concentratie duidelijk. In het middeldiepe grondwater wordt voor de groep b/z een duidelijke stijging berekend.

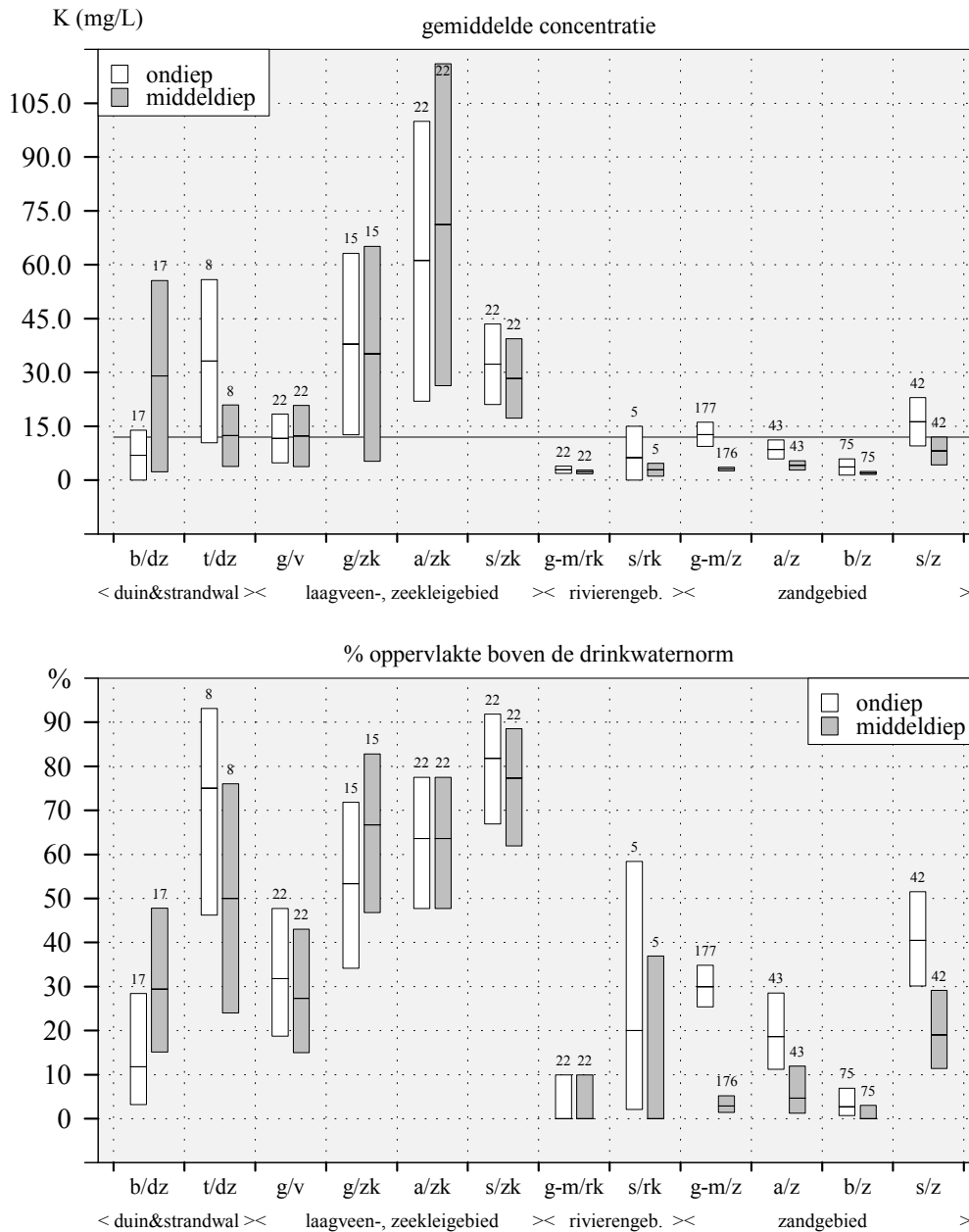
### Figuur 2.8.C

De %WBD-reeksen verlopen nauwelijks met de tijd.



*Figuur 2.8.A: Kalium in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de drinkwaternorm voor kalium (%OBD; drinkwaternorm 12 mg/L kalium; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileengebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



*Figuur 2.8.B: Kalium in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de drinkwaternorm voor kalium (12 mg/L). Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort. b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand*

Tabel 2.8.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van kalium uitgedrukt in mg/L in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1984-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep		middeldiep		grondwater van voor of na 1960			
						jong		oud	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	-0.9	9	0.2	12	-0.5	6	-0.1
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	29.0 ↑	2	0.8	2	5.0	1	1.8
3	gras (laag-)veen (g/v)	16	0.6	16	1.3	11	1.0	19	1.0
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	6.0 ↑	12	0.8 ↑	4	14.8	18	1.2 ↑
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	22	-3.5	22	2.3 ↑	1	1.1	42	0.8 ↑
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	0.5	14	6.1 ↑	11	-0.4	16	6.1 ↑
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	0.2	16	0.2	17	0.3 ↑	15	0.0
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	0.1	6	0.1	12	0.1	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	2.9 ↑	76	0.2 ↑	91	2.5 ↑	59	0.1 ↑
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	0.7	11	0.2	14	0.8	8	-0.1
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	1.2	39	0.1 ↑	62	0.9 ↑	12	0.1
12	bebouwd op zand (s/z)	25	-0.8 ↓	25	-0.2	40	-0.8	10	0.8
nr	gebied	ondiep		middeldiep		jong		oud	
1	duinen en strandwallen	15	3.4	15	0.2	19	2.8	11	0.1
2	laagveengebieden	25	0.0	25	1.6	17	-0.4	32	1.5
3	polders en droogmakerijen	17	-2.6	17	1.5 ↑	5	-1.3	29	-0.4
4	zeekleigebied	37	1.9 ↑	37	2.4 ↑	9	9.4	64	2.2 ↑
5	rivierengebied	33	-1.1	32	0.1	46	-0.7	19	0.0
6	beekdalcomplexen	8	-1.2	8	0.1	8	-1.1	8	0.1
7	hoogveengebied	17	-1.1	17	0.1	16	-1.2	18	0.1
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	0.4	12	-0.4	9	-0.1	15	0.0
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde s	30	0.2	30	0.3	42	0.3	18	0.1
10	keilemgebied	38	3.2	38	0.0	48	2.4	27	0.1
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	3.2	16	0.3	30	1.8	2	0.1
12	Centrale Slenk	24	0.3	24	0.1	23	-0.1	25	0.5
13	zuidwestelijk zandgebied	13	1.3	13	0.1	15	1.4	6	0.2
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Ma	19	4.1 ↑	20	0.3 ↑	35	2.4 ↑	4	0.0
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-1.5	6	2.8	1	0.3	2	0.1
16	zandgebieden	177	1.4	178	0.1 ↑	226	1.2 ↑	123	0.2
17	heel Nederland	309	0.9 ↑	310	0.7 ↑	323	1.1 ↑	280	0.7 ↑
		cCl < 150 mg/L		middeldiep		cCl > 150 mg/L		middeldiep	
nr	groep	n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	-2.5	6	-0.2	1	8.4	3	0.9
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	29.0	2	0.8	0	-	0	-
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	-0.1	8	-0.1	5	-0.1	6	1.3
4	gras op zeeklei (g/zk)	3	0.1	4	0.2	6	1.6	8	1.1 ↑
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	0.2	4	0.3	12	-6.2	16	3.0 ↑
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	2	-0.1	4	4.7 ↑	6	0.4	6	12.2 ↑
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	0.1	15	0.1	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	4	0.4	3	0.3	0	-	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	70	3.2 ↑	73	0.2	1	-1.0	1	-0.1
10	akkerbouw op zand (a/z)	8	1.0	10	0.2	0	-	0	-
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	-0.1	39	0.1 ↑	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	19	-0.3	24	-0.2	1	-3.6	0	-
nr	gebied	ondiep		middeldiep		jong		oud	
1	duinen en strandwallen	8	5.6	11	-0.1	1	8.4	3	0.9
2	laagveengebieden	12	0.0	12	-0.1	8	-0.5	9	3.8
3	polders en droogmakerijen	7	1.1	5	3.5	7	-5.5	11	0.7
4	zeekleigebied	8	-0.3	6	0.5	20	-0.5 ↑	27	3.0 ↑
5	rivierengebied	29	-1.2	26	0.0	0	-	0	-
6	beekdalcomplexen	6	0.2	7	0.2	0	-	1	-0.1
7	hoogveengebied	15	-1.2	17	0.1	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	0.5	11	-0.5	1	0.0	1	0.2
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde s	30	0.2	30	0.3	0	-	0	-
10	keilemgebied	28	2.7	33	0.0	2	-2.3	0	-
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	3.2	16	0.3	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	20	0.3	24	0.1	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	1.3	13	0.1	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Ma	18	4.4 ↑	20	0.3 ↑	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-1.5	6	2.8	0	-	0	-
16	zandgebieden	157	1.4	171	0.1 ↑	3	-1.5	2	0.0
17	heel Nederland	226	1.0	237	0.2	39	-1.3	52	2.4 ↑

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

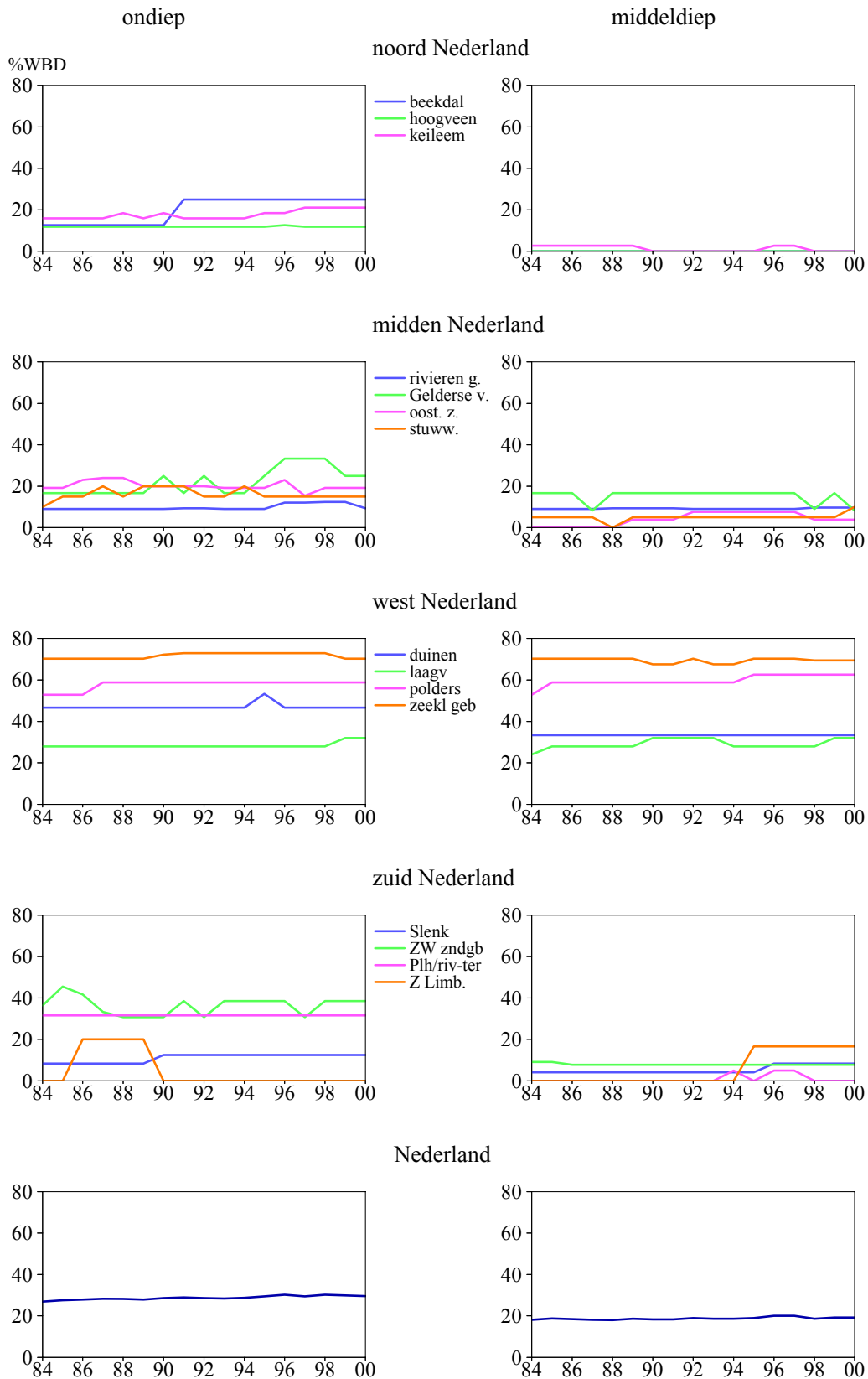
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1984 en 2000

- : geen waarneming

Δ : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



Figuur 2.8.C: Percentage waarnemingen van kalium boven de drinkwaternorm per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (drinkwaternorm 12 mg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).



## 2.9 ARSEEN

### Figuur 2.9.A

Duidelijk hoge %OBS In het ondiepe grondwater worden gevonden voor het rivierengebied en het zuidwestelijk zandgebied. Een duidelijk hoog %OBS grondwater wordt in het middeldiepe van het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen aangetroffen. Het %OBS in het middeldiepe grondwater van het oostelijk dekzandgebied met de geïsoleerde stuwwallen is duidelijk hoger dan in het ondiepe grondwater. In dit gebied komen op grotere diepte tertiaire mariene kleilagen voor met verhoogde gehalten van arseen.

### Figuur 2.9.B

Er komen hoge concentraties van arseen voor in het ondiepe grondwater voor de groepen t/dz, s/zk, g-m/rk en s/rk en in het middeldiepe grondwater voor de groepen g/zk s/zk en g-m/zk. Het %OBS is duidelijk hoog in het ondiepe grondwater voor de groep s/zk.

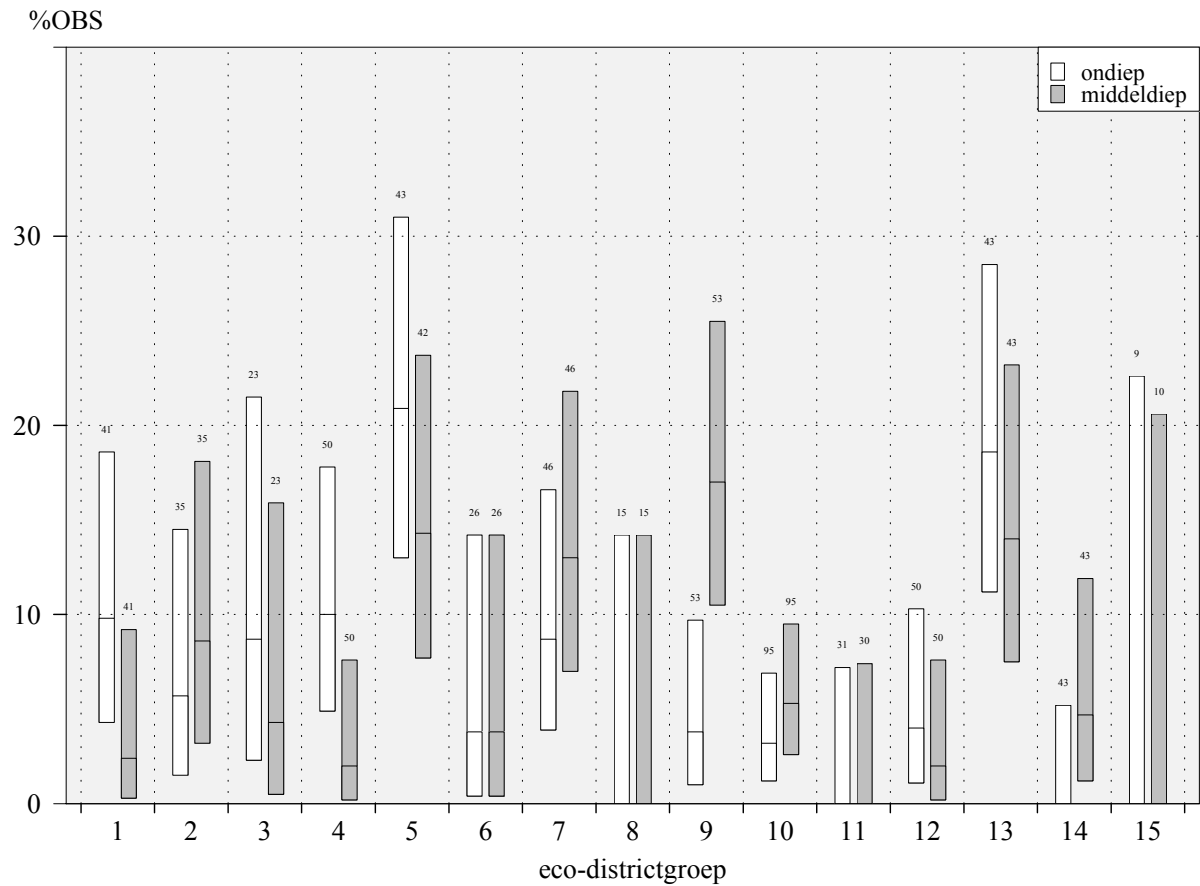
### Tabel 2.9.A

In ondiep grondwater wordt een duidelijke daling van de concentratie van arseen berekend voor de laagveengebieden, de Centrale Slenk en het krijt- en lössgebied. In het middeldiepe grondwater wordt een duidelijke daling gevonden voor de groep a/zk.

### Figuur 2.9.C

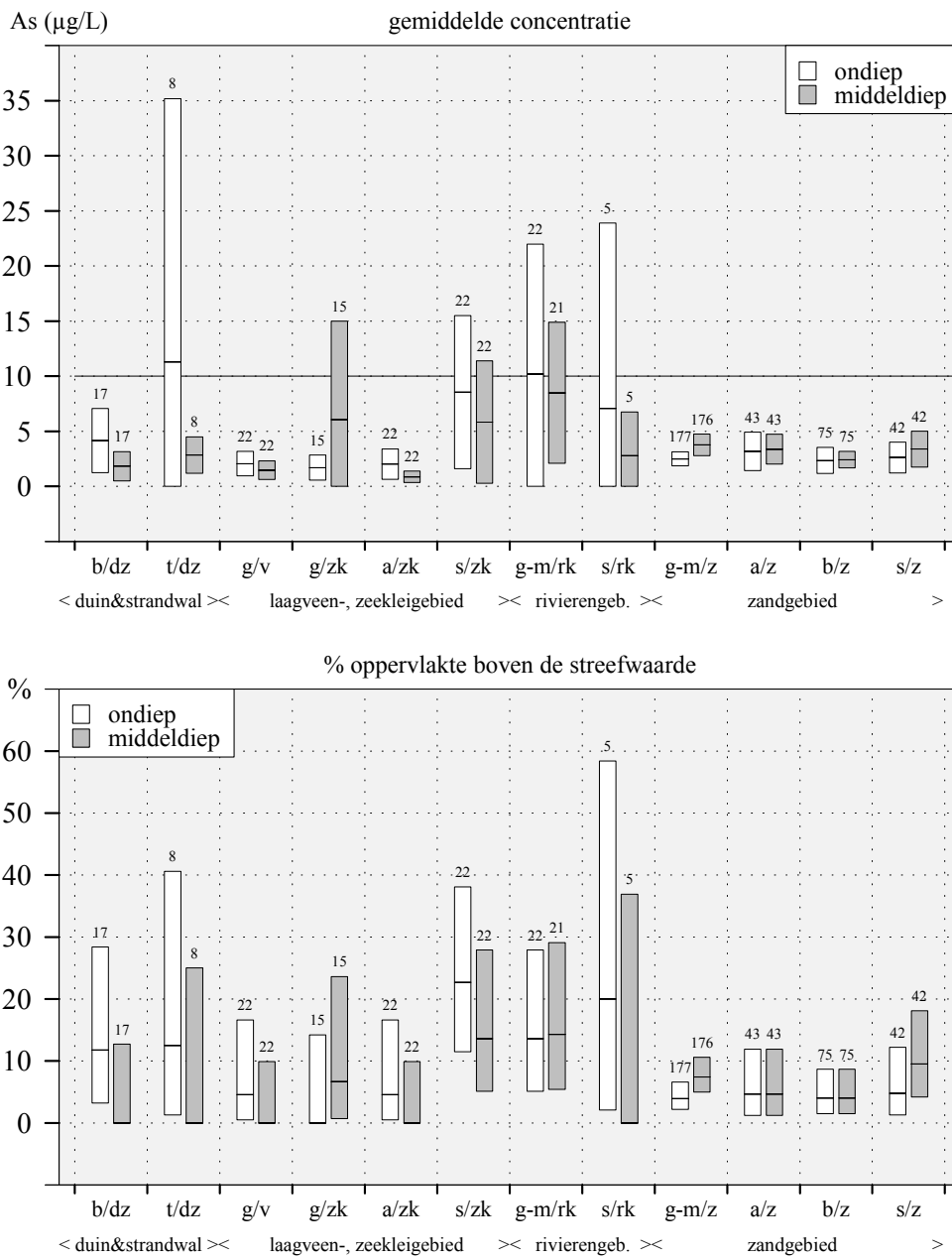
Het verloop van het %WBS is variabel en duidelijke trend ontbreekt.





*Figuur 2.9.A: Arseen in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor arseen (%OBS; streefwaarde 10 µg/L arseen; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileengebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



**Figuur 2.9.B:** Arseen in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor arseen (10  $\mu\text{g/L}$ ). Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/mais, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.

Tabel 2.9.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van arseen uitgedrukt in  $\mu\text{g/L}$  in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1990-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep				middeldiep				grondwater van voor of na 1960			
		n		$\Delta$		n		$\Delta$		jong		oud	
		n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	-1.0	9	-0.1	12	-0.8	6	-0.1				
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	31.5	2	0.1	2	31.5	1	0.1				
3	gras (laag-)veen (g/v)	15	-0.2	16	-0.1	10	-0.2	17	-0.1				
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	-0.1	12	0.3	4	-0.1	18	0.2				
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	22	-0.2 ↓	22	-0.1 ↓	1	0.0	40	0.0 ↓				
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	-0.3	11	3.3	10	3.5	14	-0.2				
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	0.2	15	0.5	15	0.1	15	0.6				
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	-0.4	6	-0.3	12	-0.4	0	-				
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	-0.1 ↓	75	-2.7	90	-2.4	58	0.1				
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	-1.4 ↓	11	1.0	14	-0.2	8	-0.2				
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	-0.6	39	-0.1 ↑	62	0.2	12	0.1				
12	bebouwd op zand (s/z)	25	0.2	25	0.4	37	0.5	9	0.3				
nr gebied													
1	duinen en strandwallen	15	2.9	14	-0.2	19	2.3	10	-0.3				
2	laagveengebieden	24	-0.5 ↓	24	1.6	16	2.1	27	-0.2				
3	polders en droogmakerijen	17	-0.1	16	0.0	5	0.0	26	0.0				
4	zeekleigebied	37	0.2	36	0.0	8	-0.1	63	0.2				
5	rivierengebied	33	-3.2	30	-0.5	44	-2.9	18	0.2				
6	beekdalcomplexen	8	-0.2	8	0.0	8	-0.1	8	-0.1				
7	hoogveengebied	17	-1.0 ↓	17	0.4	15	-0.8	17	0.1				
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	-0.3 ↓	12	0.1	9	-0.5 ↓	15	0.1				
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	0.0	29	0.4	41	0.5	17	-0.4				
10	keileemgebied	38	0.0	38	0.3	48	0.2	27	0.1				
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-0.2	16	0.0	30	-0.1	2	-0.3				
12	Centrale Slenk	24	-0.4 ↓	24	0.2	20	-0.1	24	0.0				
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-1.0	13	-0.9	15	0.9	6	-0.1				
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-0.9	20	-10.5 ↑	35	-6.4	4	-0.5				
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-1.1 ↓	5	-0.4 ↓	1	-1.3	2	-0.9				
16	zandgebieden	177	-0.4 ↓	177	-1.1	221	-0.9	120	0.0 ↓				
17	heel Nederland	308	-0.4 ↓	302	-0.6	314	-0.8	266	0.0 ↓				
cCl < 150 mg/L													
nr	groep	ondiep		middeldiep		cCl > 150 mg/L		cCl > 150 mg/L					
		n	$\Delta$	n	$\Delta$	ondiep	middeldiep	n	$\Delta$				
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	-1.7	6	0.0	1	0.0	3	-0.2				
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	31.5	2	0.1	0	-	0	-				
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	-0.1	8	-0.2	5	-0.4	7	0.0				
4	gras op zeeklei (g/zk)	4	0.2	4	-0.1	6	-0.4	8	0.4				
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	0.3	4	-0.1	12	-0.5	16	-0.04 ↓				
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	3	0.1	4	9.1	7	-0.7	6	0.0				
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	0.2	15	0.5	0	-	0	-				
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	5	-0.5	3	-0.7	0	-	1	0.0				
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	72	-0.1 ↓	73	-2.8	1	0.0	1	-0.1				
10	akkerbouw op zand (a/z)	10	-1.5	10	1.0	0	-	1	1.0				
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	-0.7	39	-0.1 ↑	0	-	0	-				
12	bebouwd op zand (s/z)	20	0.2	24	0	1	0.4	0	-				
nr gebied													
1	duinen en strandwallen	9	6.0	11	-0.2	1	0.0	3	0.0				
2	laagveengebieden	12	-0.1	12	3.0	9	-1.0 ↓	11	0.0				
3	polders en droogmakerijen	8	0.1	5	0.1	7	-0.2	11	0.0				
4	zeekleigebied	9	1.3	7	-0.1	20	-0.3	26	-0.1				
5	rivierengebied	30	-3.6	26	-0.6	0	-	1	-				
6	beekdalcomplexen	7	-0.3	7	0.0	0	-	1	0.0				
7	hoogveengebied	15	-1.1	17	0.4	0	-	0	-				
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	-0.4 ↓	11	0.1	1	0.4	1	1.0				
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	0.0	29	0.4	0	-	0	-				
10	keileemgebied	30	0.0	34	0.3	2	0.2	1	-				
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-0.2	16	0.0	0	-	0	-				
12	Centrale Slenk	21	-0.4 ↓	24	0.2	0	-	0	-				
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-1.0	13	-0.9	0	-	0	-				
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-0.9	20	-10.5 ↑	0	-	0	0.3				
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-1.1 ↓	5	-0.4 ↓	0	-	0	0.1				
16	zandgebieden	162	-0.4 ↓	171	-1.1	3	0.3	3	0.0				
17	heel Nederland	235	-0.5 ↓	237	-0.7	40	-0.4 ↓	55	-0.1				

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

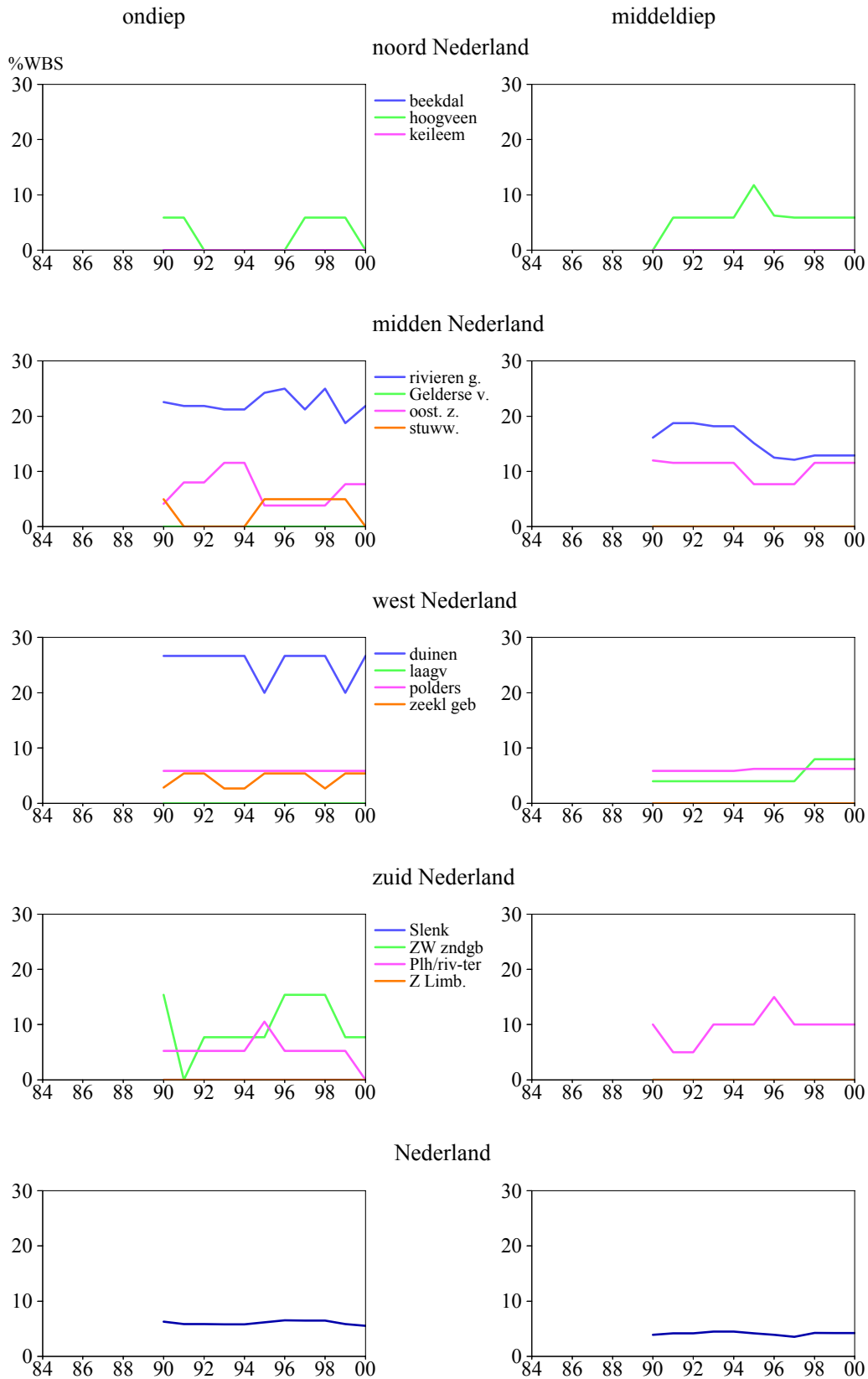
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1990 en 2000

- : geen waarneming

$\Delta$  : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



*Figuur 2.9.C: Percentage waarnemingen van arseen boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde 10 µg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).*



## 2.10 LOOD

### Figuur 2.10.A

De BI's zijn breed door de geringe aantallen waarnemingen dat voor lood per eco-districtgroep beschikbaar is. Het aantal waarnemingen is teruggelopen doordat lood steeds minder in meetnetverband wordt gemeten.

### Figuur 2.10.B

De gemiddelde concentraties in zowel het ondiepe als het diepe grondwater liggen voor alle groepen duidelijk beneden de streefwaarde.

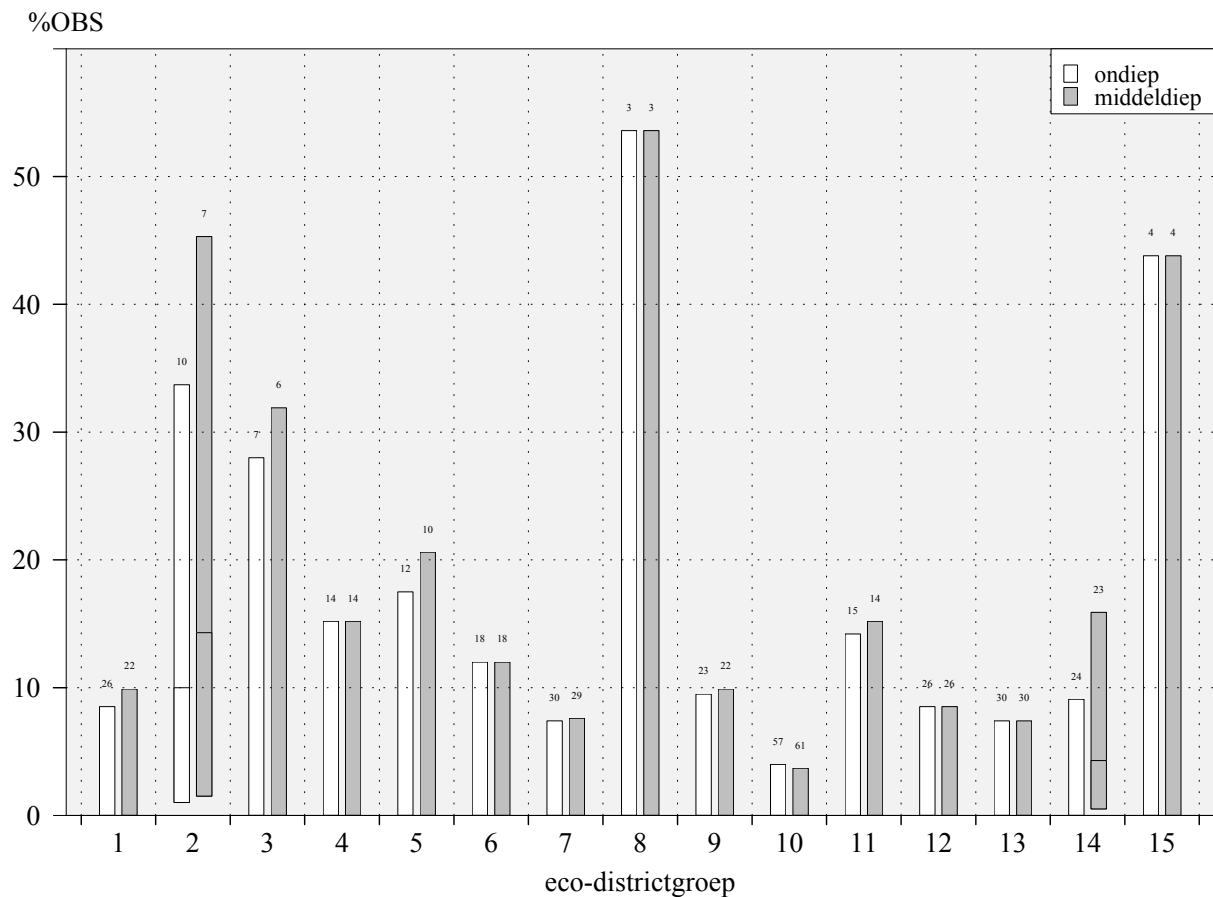
Er zijn geen duidelijk zeer hoge of hoge %OBS per groep gevonden.

### Tabel 2.10.A

Het aantal waarnemingen is te gering om veranderingen uit te kunnen rekenen. Daarom is geen tabel A opgenomen.

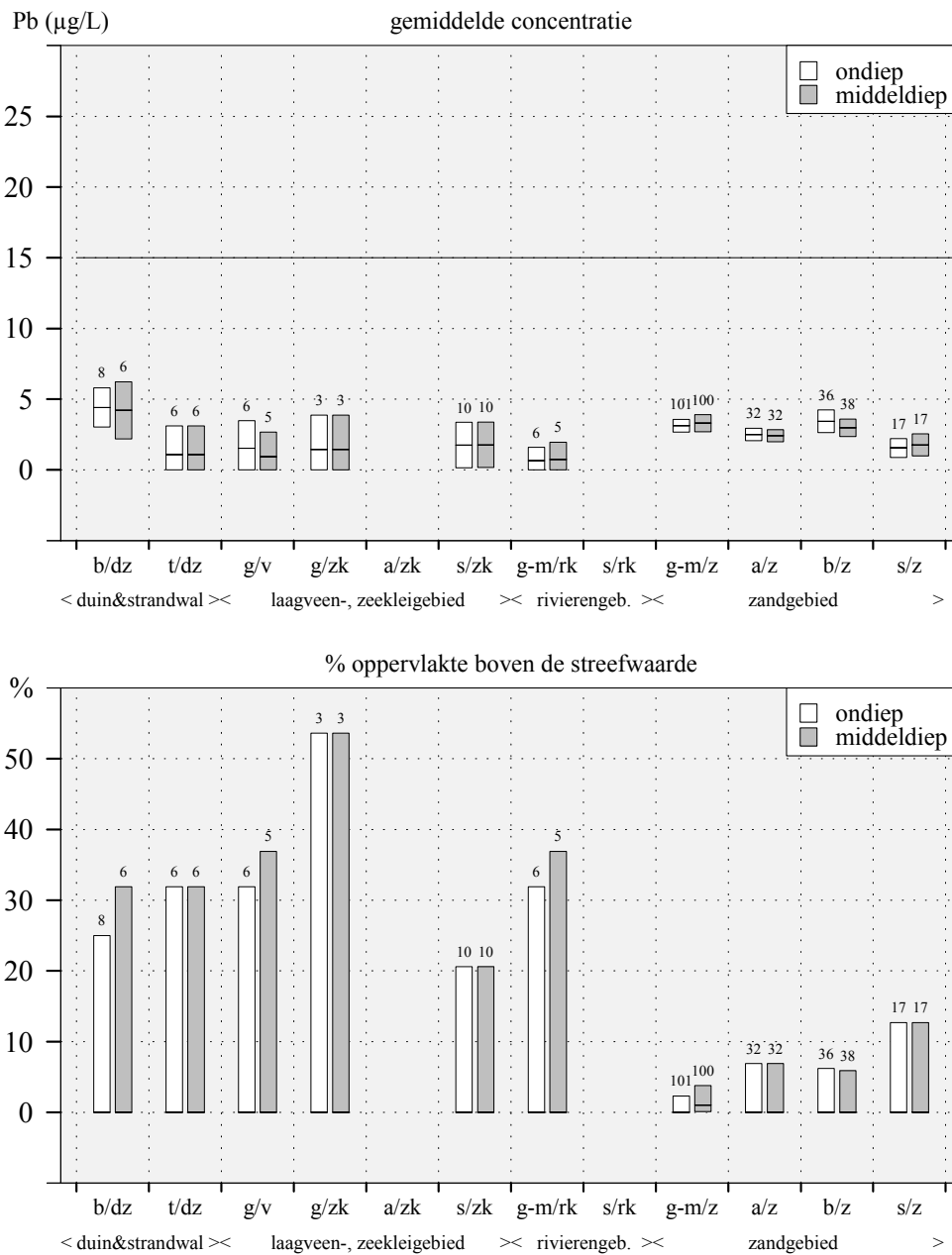
### Figuur 2.10.C

Voor heel Nederland lijken de tijdreeksen van het %WBS te dalen. De daling is gebaseerd op artefacten.



*Figuur 2.10.A: Lood in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor lood (%OBS; streefwaarde 15 µg/L lood; waarnemingen van LMG en PMG).*

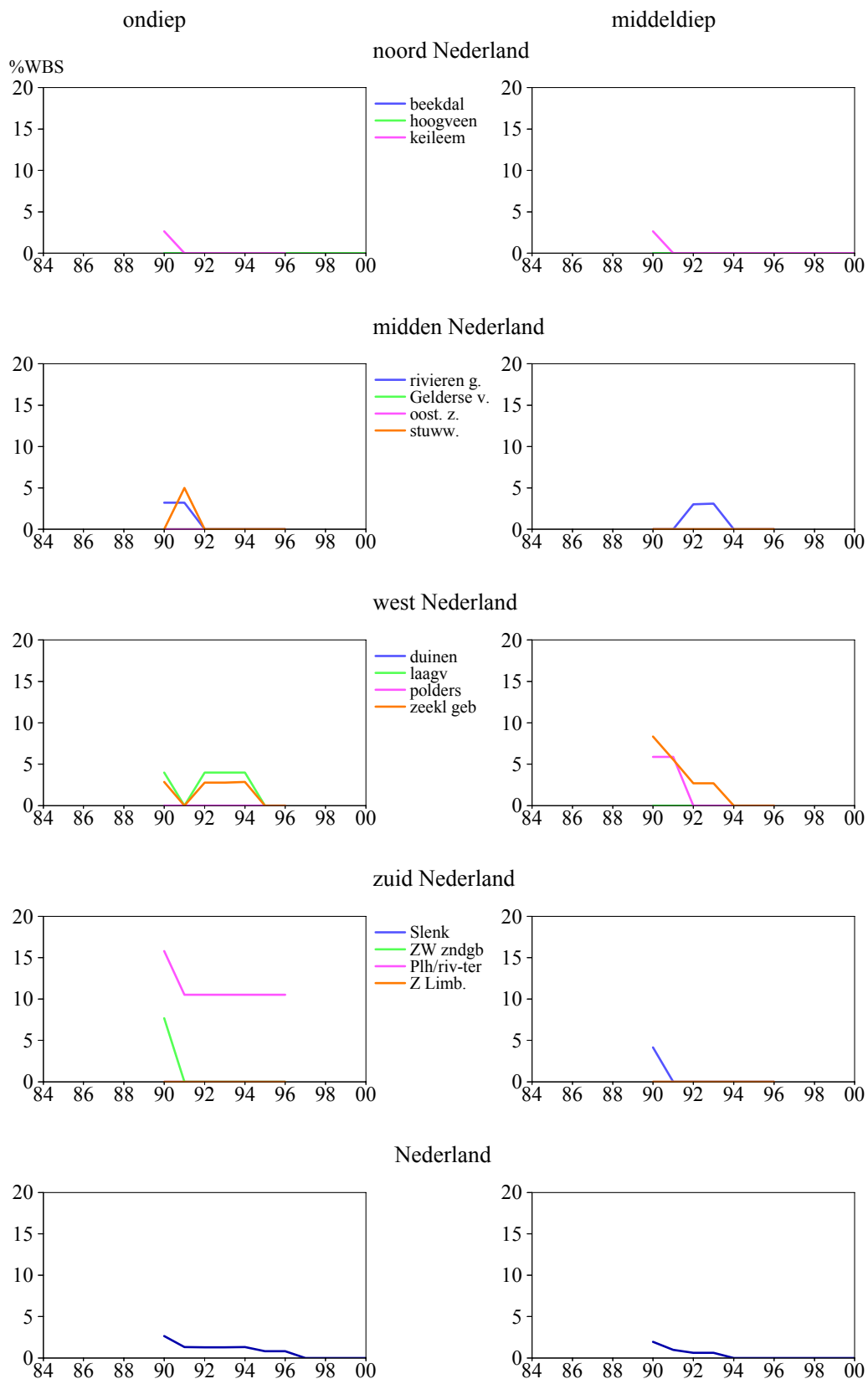
Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileengebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



**Figuur 2.10.B: Lood in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor lood (15 µg/L).**

Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.





Figuur 2.10.C: Percentage waarnemingen van lood boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde 15 µg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).

## 2.11 CHROOM

### Figuur 2.11.A

Het %OBS is duidelijk zeer hoog of duidelijk hoog in het ondiepe en middeldiepe grondwater van het merendeel van de eco-districtgroepen.

### Figuur 2.11.B

De gemiddelde concentratie is duidelijk hoger dan de streefwaarde in het ondiepe grondwater voor de groepen s/zk, s/rk, g-m/z, a/z, b/z en s/z. De gemiddelde concentratie is duidelijk hoger dan de streefwaarde in het middeldiepe grondwater voor de groepen g/v, a/zk, s/zk, s/rk, g-m/z, b/z en s/z.

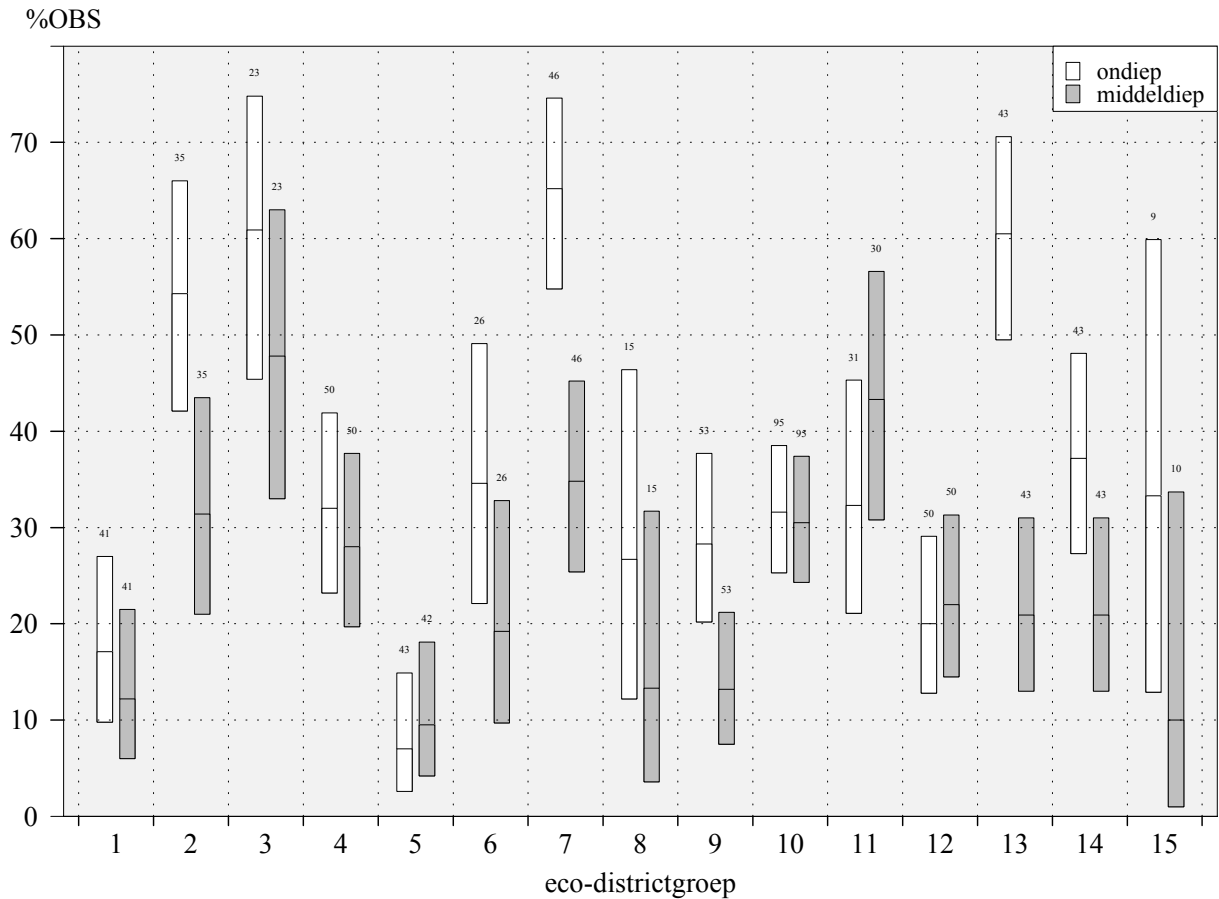
Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het ondiepe grondwater voor de groepen g/v, a/zk s/zk, g-m/z, b/z en s/z. Het %OBS is duidelijk hoog in het ondiepe grondwater voor de groepen t/dz, g/zk en a/z. Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het middeldiepe grondwater voor de groepen g/v, a/zk s/zk en b/z. Het %OBS is duidelijk hoog in het middeldiepe grondwater voor de groepen g-m/z en s/z.

### Tabel 2.11.A

Over de gehele lijn in zowel ondiep als middeldiep grondwater dalen de gemiddelde concentraties van chroom duidelijk.

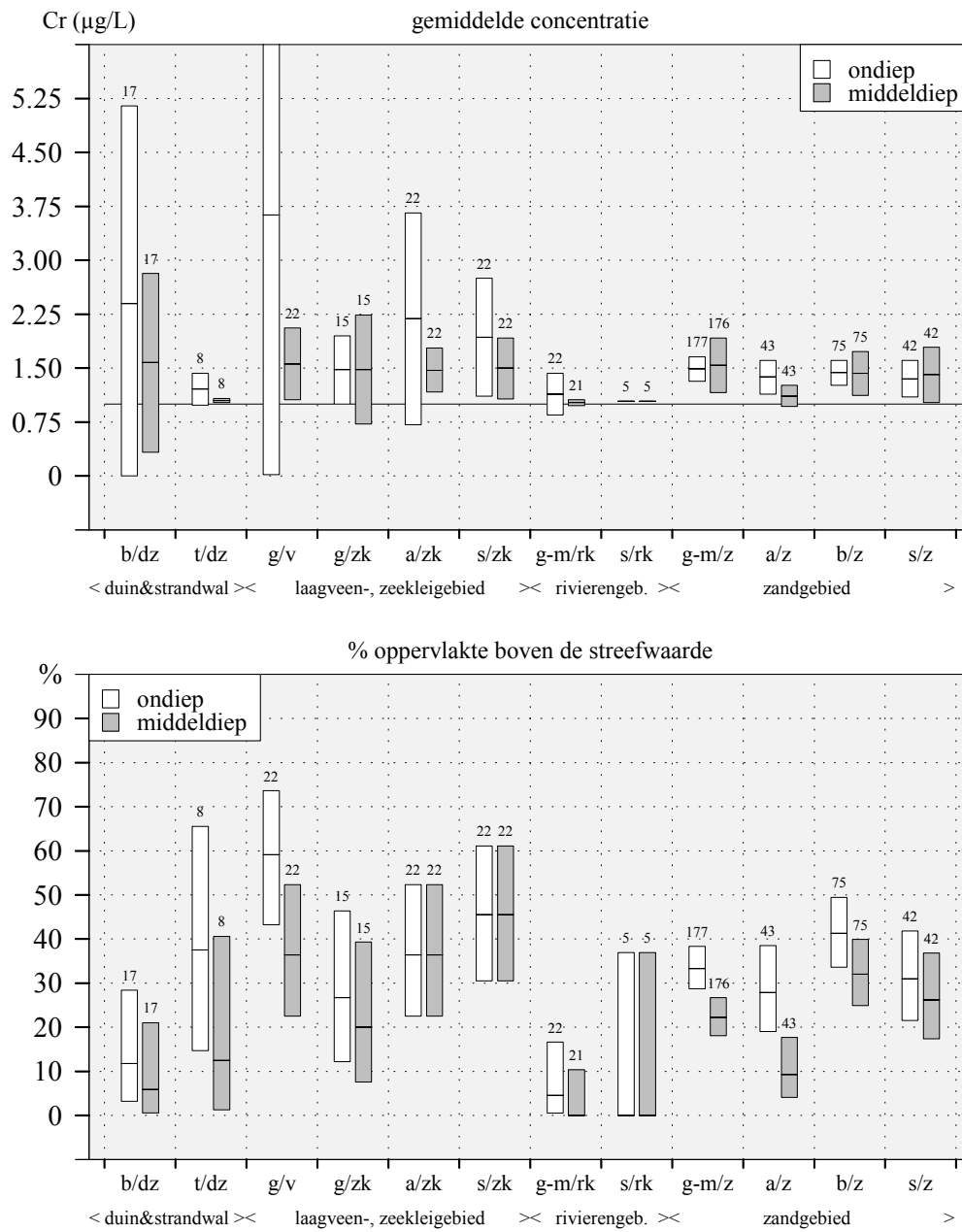
### Figuur 2.11.C

De tijdreeksen van de %WBS dalen in het algemeen.



*Figuur 2.11.A: Chrom in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor chroom (%OBS; streefwaarde 1 µg/L chroom; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileemgebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



*Figuur 2.11.B: Chrom in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor chroom (1 µg/L). Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeelelei, rk=rivierlelei, z=zand.*

Tabel 2.11.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van chroom uitgedrukt in  $\mu\text{g/L}$  in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1990-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep		middeldiep		grondwater van voor of na 1960			
		n	$\Delta$	n	$\Delta$	jong		oud	
						n	$\Delta$	n	$\Delta$
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	0.6	7	0.2	11	0.5	5	0.3
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	-0.2	2	0.0	2	-0.3	1	0.0
3	gras (laag-)veen (g/v)	15	-1.0 ↓	15	-1.0 ↓	9	-0.6 ↓	17	-1.0 ↓
4	gras op zeeklei (g/zk)	8	-0.7 ↓	8	-0.4	4	-1.0	11	-0.4 ↓
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	14	-1.3 ↓	15	-1.1 ↓	1	-0.6	28	-1.2 ↓
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	13	-0.7 ↓	9	-0.2 ↓	8	-0.6	13	-0.5 ↓
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	14	-0.3 ↓	14	-0.4 ↓	13	-0.2	15	-0.4 ↓
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	5	0.0	5	0.0	10	0.0 ↓	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	-0.5 ↓	74	-0.6 ↓	89	-0.5 ↓	58	-0.6 ↓
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	-0.8 ↓	11	-2.1 ↓	14	-1.7 ↓	8	-1.0 ↓
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	-0.5 ↓	38	-0.2 ↓	62	-0.3 ↓	11	-0.4
12	bebouwd op zand (s/z)	25	-0.3 ↓	23	-1.1	35	-0.9 ↓	9	0.0
nr	gebied	ondiep		middeldiep		jong		oud	
		n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$
1	duinen en strandwallen	15	0.3	12	0.1	18	0.3	9	0.1
2	laagveengebieden	23	-1.3 ↓	20	-1.0 ↓	14	-0.7 ↓	25	-1.3 ↓
3	polders en droogmakerijen	15	-0.8 ↓	14	-0.9 ↓	5	-0.1 ↓	24	-1.0 ↓
4	zeekleigebied	25	-0.7 ↓	25	-1.7 ↓	7	-0.7 ↓	42	-1.3 ↓
5	rivierengebied	30	-0.6 ↓	28	-0.7 ↓	40	-0.7 ↓	18	-0.4 ↓
6	beekdalcomplexen	8	-0.5 ↓	8	-1.0 ↓	8	-0.7 ↓	8	-0.8 ↓
7	hoogveengebied	16	-1.2 ↓	16	-1.0 ↓	15	-1.0 ↓	15	-1.1 ↓
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	-0.2 ↓	11	-0.1	9	-0.1	13	-0.2
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-0.2 ↓	29	-0.2 ↓	41	-0.1 ↓	17	-0.3 ↓
10	keileemgebied	38	-0.5 ↓	36	-0.8 ↓	46	-0.7 ↓	27	-0.5 ↓
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-0.4	14	-1.9	29	-1.1	1	-1.6
12	Centrale Slenk	24	-0.6 ↓	24	-0.3 ↓	20	-0.4 ↓	24	-0.6 ↓
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-0.9	13	-0.4 ↓	15	-0.2	6	-0.7 ↓
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-1.3 ↓	18	-1.3 ↓	34	-1.3 ↓	3	-1.0
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-0.5	5	-0.1 ↓	1	0.0	2	0.0
16	zandgebieden	175	-0.6 ↓	169	-0.7 ↓	217	-0.7 ↓	114	-0.6 ↓
17	heel Nederland	288	-0.6 ↓	273	-0.8 ↓	302	-0.6 ↓	234	-0.8 ↓
		cCl < 150 mg/L				cCl > 150 mg/L			
nr	groep	ondiep		middeldiep		ondiep		middeldiep	
		n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	-0.1	4	-0.1	1	5.8	3	0.5
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	-0.2	2	0.0	0	-	0	-
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	-1.0 ↓	8	-1.0 ↓	5	-0.7	6	-1.2 ↓
4	gras op zeeklei (g/zk)	4	-0.6	4	-0.7	2	-1.4	4	-0.1
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	7	-0.8 ↓	4	-0.8	5	-2.5 ↓	10	-1.4 ↓
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	3	-0.2	3	-0.5 ↓	6	-1.3 ↓	5	0.0
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	14	-0.3 ↓	14	-0.4 ↓	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	4	0.0	3	0.0	0	-	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	72	-0.4 ↓	72	-0.6 ↓	1	-1.4	1	0.0
10	akkerbouw op zand (a/z)	10	-0.9 ↓	10	-1.6 ↓	0	-	1	-7.0
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	-0.5 ↓	38	-0.2 ↓	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	20	-0.5 ↓	23	-1.1	1	1.8	0	-
nr	gebied	ondiep		middeldiep		jong		oud	
		n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$
1	duinen en strandwallen	9	-0.1	9	-0.1	1	5.8	3	0.5
2	laagveengebieden	12	-0.8 ↓	10	-1.2 ↓	8	-2.0 ↓	9	-1.0 ↓
3	polders en droogmakerijen	7	-0.3 ↓	5	-0.4	6	-1.6 ↓	9	-1.2 ↓
4	zeekleigebied	9	-0.7 ↓	7	-0.8 ↓	8	-0.9	16	-2.3 ↓
5	rivierengebied	28	-0.5 ↓	25	-0.8 ↓	0	-	0	-
6	beekdalcomplexen	7	-0.5	7	-1.1 ↓	0	-	1	0.0
7	hoogveengebied	14	-1.0 ↓	16	-1.0 ↓	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	-0.2 ↓	11	-0.1	0	-	0	-
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-0.2 ↓	29	-0.2 ↓	0	-	0	-
10	keileemgebied	30	-0.5 ↓	33	-0.5 ↓	2	0.2	1	-7.0
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-0.4	14	-1.9	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	21	-0.7 ↓	24	-0.3 ↓	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-0.9	13	-0.4 ↓	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-1.3 ↓	18	-1.3 ↓	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-0.5	5	-0.1 ↓	0	-	0	-
16	zandgebieden	161	-0.6 ↓	165	-0.7 ↓	2	0.2	2	-3.5
17	heel Nederland	231	-0.6 ↓	226	-0.7 ↓	25	-1.0 ↓	39	-1.6 ↓

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

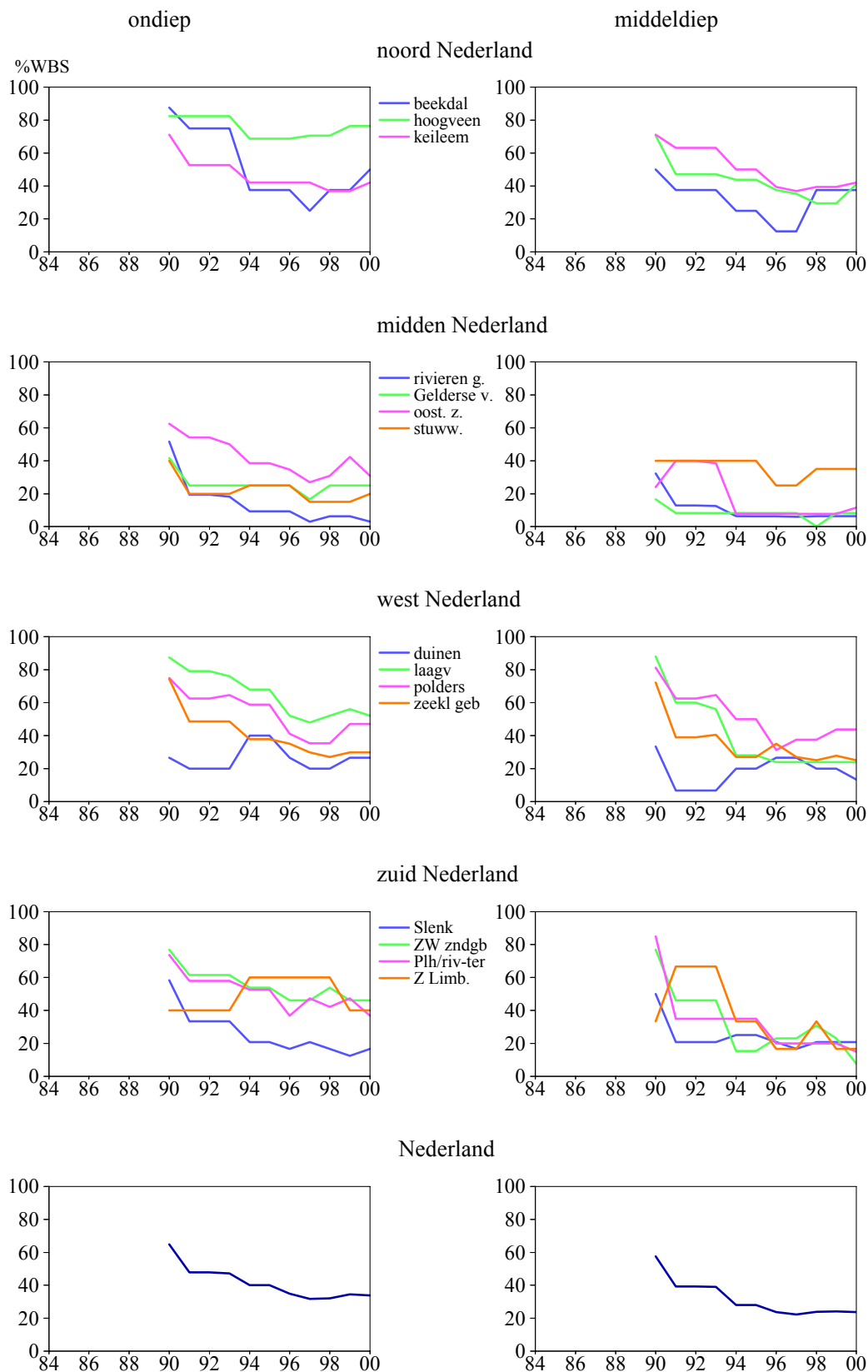
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1990 en 2000

- : geen waarneming

$\Delta$  : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



Figuur 2.11.C: Percentage waarnemingen van chroom boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde 1 µg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).



## 2.12 NIKKEL

### Figuur 2.12.A

Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het ondiepe grondwater voor het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen en het %OBS is duidelijk hoog voor de beekdalcomplexen, de keileemgebieden, de Centrale Slenk. Het %OBS is duidelijk hoog in het middeldiepe grondwater voor de keileemgebieden.

### Figuur 2.12.B

Er komen hoge concentraties van nikkel voor in het ondiepe grondwater voor g/zk, g-m/z, a/z en b/z. Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het ondiepe grondwater voor de groep a/z en het %OBS is duidelijk voor de groepen g-m/z en b/z.

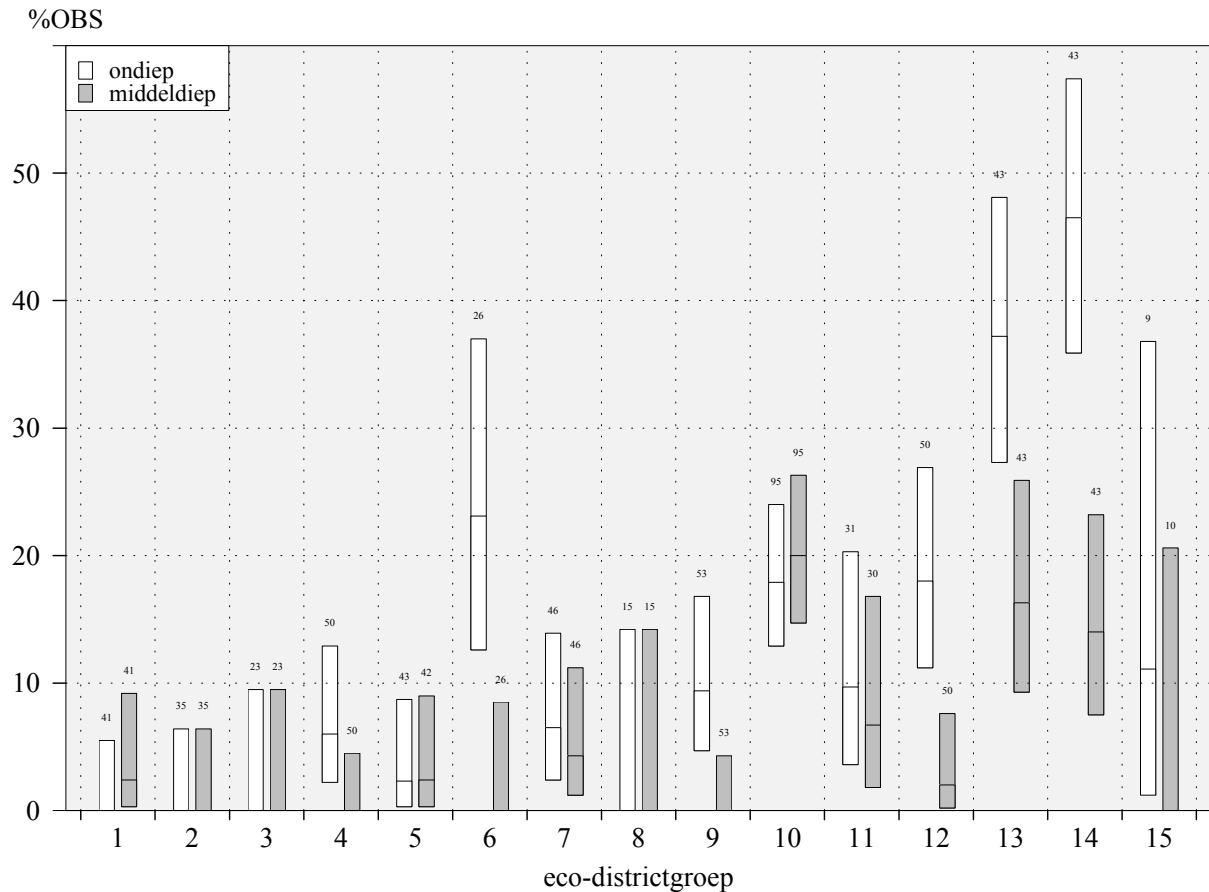
### Tabel 2.12.A

In het ondiepe grondwater wordt alleen voor de groep g/v een duidelijke daling berekend.

### Figuur 2.12.C

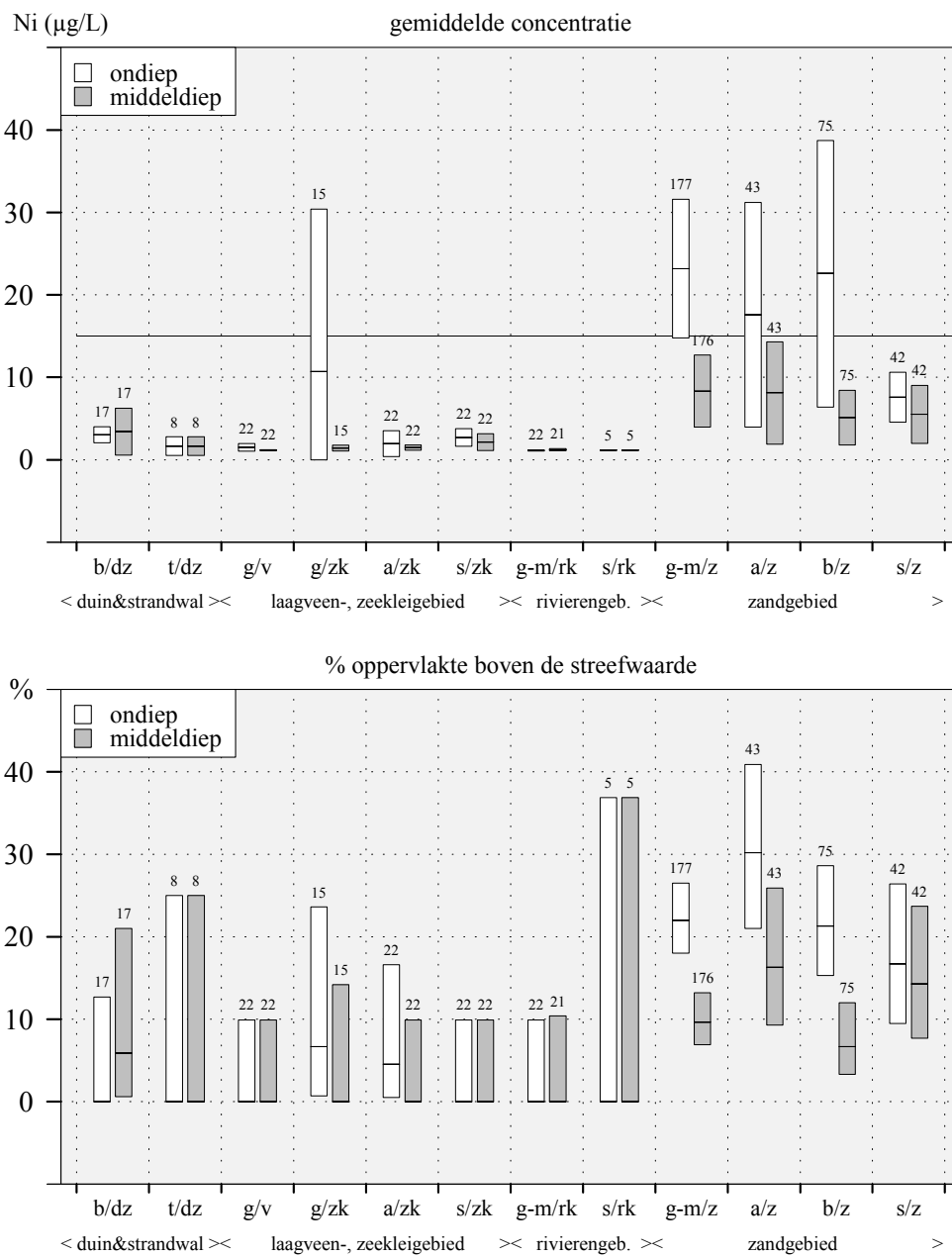
De tijdreeksen van %WBS vertonen geen verandering met de tijd.





*Figuur 2.12.A: Nikkel in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor nikkel (%OBS; streefwaarde 15 µg/L nikkel; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileembgebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



Figuur 2.12.B: Nikkel in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor nikkel ( $15 \mu\text{g/L}$ ).

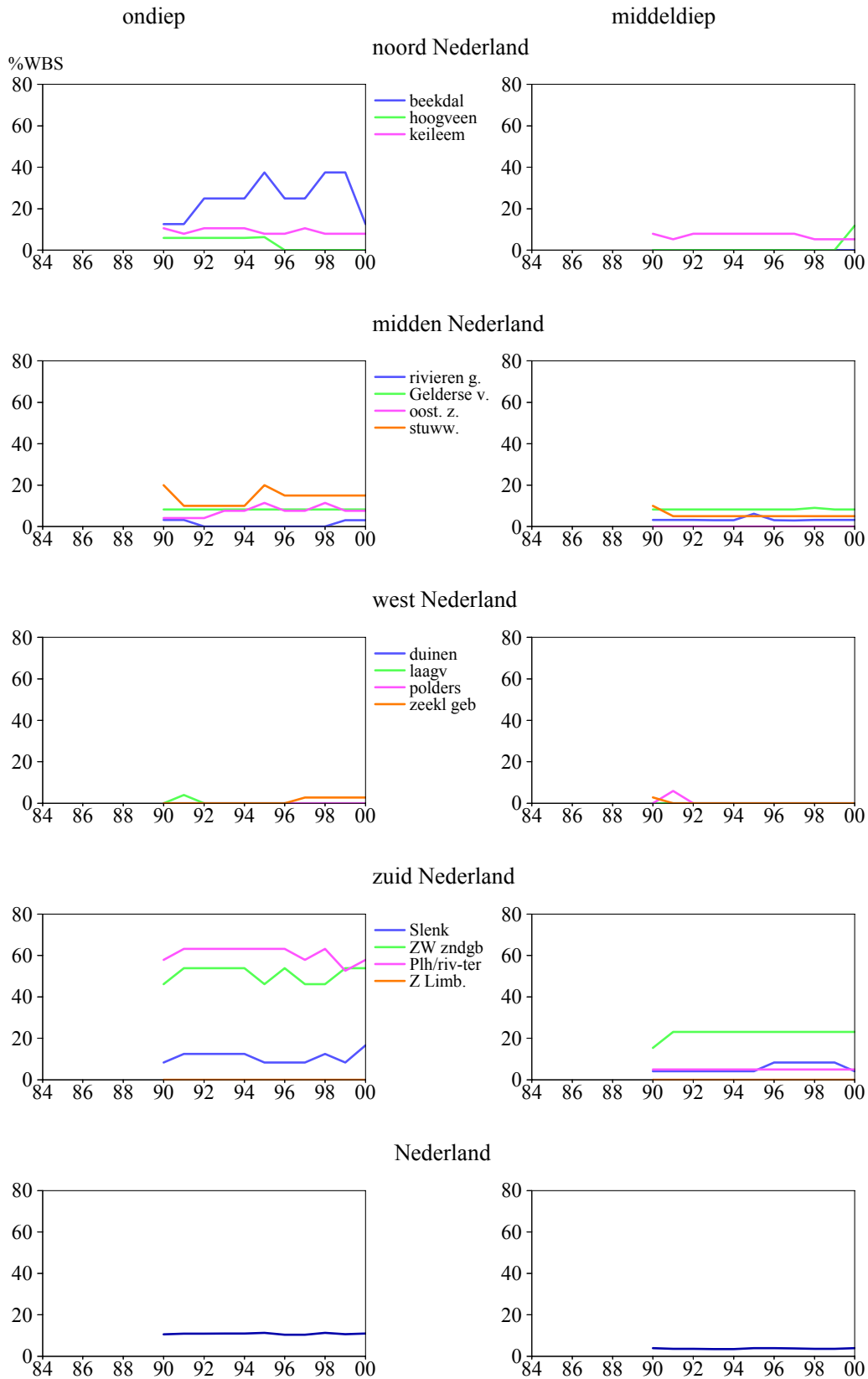
Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/mais, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.

Tabel 2.12.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van nikkel uitgedrukt in µg/L in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1990-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep		middeldiep		grondwater van voor of na 1960			
						jong		oud	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	0.4	9	-0.1	12	0.0	6	0.4
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	0.0	2	0.0	2	0.0	1	0.0
3	gras (laag-)veen (g/v)	15	<b>-0.3</b> ↓	16	-0.3 ↓	10	<b>-0.5</b> ↓	17	-0.2 ↓
4	gras op zeelei (g/zk)	12	0.1	12	-2.5	4	0.1	18	-1.6
5	akkerbouw op zeelei (a/zk)	21	0.7	21	0.3 ↑	1	0.0	40	0.5
6	bebouwd op zeelei of laagveen (s/zk)	14	0.1	10	1.2	10	1.8	13	-0.2
7	gras op rivierlei (g-m/rk)	14	-0.2	14	0.0	13	-0.3	15	0.0
8	bebouwd op rivierlei (s/rk)	5	-0.1	5	-0.1	10	-0.1	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	<b>10.5</b>	75	-10.7	90	-0.1	58	0.1
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	25.9	11	-2.7 ↓	14	18.3	8	-0.1
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	<b>11.6</b>	39	2.5	62	<b>9.3</b>	12	-0.6
12	bebouwd op zand (s/z)	25	-2.7	25	-5.9 ↓	37	-5.5	9	-1.0
nr	gebied	ondiep		middeldiep		jong		oud	
1	duinen en strandwallen	15	0.2	14	0.1	19	0.0	10	0.4
2	laagveengebieden	24	0.0 ↓	24	0.2 ↓	16	0.8	27	<b>-0.4</b> ↓
3	polders en droogmakerijen	17	-0.7	15	-0.7	5	-0.3	26	<b>-0.8</b>
4	zeekleigebied	36	0.4	35	-0.5 ↑	8	-0.1	62	0.0
5	rivierengebied	30	0.0	28	-0.1	40	0.0	18	0.0
6	beekdalcomplexen	8	18.8	8	-0.1 ↓	8	18.7	8	0.1 ↓
7	hoogveengebied	16	-1.3	16	3.9 ↑	15	1.7	15	1.1
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	0.0	11	0.1	9	-0.1	14	0.1
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-1.0	29	0.0	41	-0.7	17	-0.1
10	keileemgebied	38	-1.0	38	0.1	48	-0.9	27	0.3
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-2.0	16	-8.5	30	-5.2	2	-6.7
12	Centrale Slenk	24	1.3	24	-0.8	20	1.1	24	-0.3 ↓
13	zuidwestelijk zandgebied	13	<b>43.0</b>	13	-14.6	15	25.7	6	0.0
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	<b>45.1</b>	20	-29.6	35	7.8	4	-1.8
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-2.5	5	0.1	1	-9.3	2	-0.3
16	zandgebieden	176	<b>8.4</b>	175	-5.0	221	2.8	117	0.0
17	heel Nederland	303	<b>4.8</b>	296	-3.0	310	2.0	262	-0.1
		cCl < 150 mg/L				cCl > 150 mg/L			
		verandering op diepte				verandering op diepte			
nr	groep	ondiep		middeldiep		ondiep		middeldiep	
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	0.3	6	-0.5	1	2.3	3	0.7
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	0.0	2	0.0	0	-	0	-
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	-0.3	8	-0.4	5	-0.2	7	0.0
4	gras op zeelei (g/zk)	4	-0.2	4	0.0	6	0.3	8	-3.8
5	akkerbouw op zeelei (a/zk)	8	-0.2	4	0.0	11	1.4	16	0.4
6	bebouwd op zeelei of laagveen (s/zk)	3	2.6	4	3.0	7	-0.3	5	-0.1
7	gras op rivierlei (g-m/rk)	14	-0.2	14	0.0	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierlei (s/rk)	4	-0.1	3	0.0	0	-	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	72	<b>11.1</b>	73	-11.0	1	-0.1	1	-0.2
10	akkerbouw op zand (a/z)	10	28.5	10	-2.9	0	-	1	0.0
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	<b>13.0</b>	39	2.5	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	20	-3.3	24	-6.1	1	4.4	0	-
nr	gebied	ondiep		middeldiep		jong		oud	
1	duinen en strandwallen	9	0.2	11	-0.1	1	2.3	3	0.7
2	laagveengebieden	12	0.3	12	0.7	9	-0.4 ↓	11	-0.3
3	polders en droogmakerijen	8	-0.3	5	0.0	7	-1.2	10	-1.1
4	zeekleigebied	9	-0.1	7	0.0	19	0.9	26	-0.7
5	rivierengebied	28	0.1	25	-0.1	0	-	0	-
6	beekdalcomplexen	7	21.6	7	-0.1	0	-	1	-0.2
7	hoogveengebied	14	-1.5	16	3.9 ↑	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	0.0	11	0.1	1	0.0	0	-
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-1.0	29	0.0	0	-	0	-
10	keileemgebied	30	-0.5	34	0.2	2	2.1	1	0.0
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-2.0	16	-8.5	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	21	1.8	24	-0.8	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	<b>43.0</b>	13	-14.6	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	<b>45.1</b>	20	-29.6	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-2.5	5	0.1	0	-	0	-
16	zandgebieden	161	<b>9.4</b>	170	-5.1	3	1.4	2	-0.1
17	heel Nederland	232	<b>6.5</b>	235	-3.7	39	0.3	52	-0.6

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)  
 vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1990 en 2000  
 - : geen waarneming  
 Δ : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling  
 geel : duidelijke stijging



*Figuur 2.12.C: Percentage waarnemingen van nikkel boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde 15 µg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).*



## 2.13 CADMIUM

### Figuur 2.13.A

Het diagram met %OBS per eco-districtgroep vertoont veel gelijkenis met het diagram voor nikkel. Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het ondiepe grondwater voor de Peelhorst en oude rivierterrassen en duidelijk hoog voor de Utrechtse Heuvelrug en Veluwe, het zuidwestelijk zandgebied. Een duidelijk hoog %OBS wordt in het middeldiepe grondwater alleen berekend voor het zuidwestelijk zandgebied.

### Figuur 2.13.B

Hoge concentraties van cadmium worden in het ondiepe grondwater gevonden voor de groepen g-m/z en b/z.

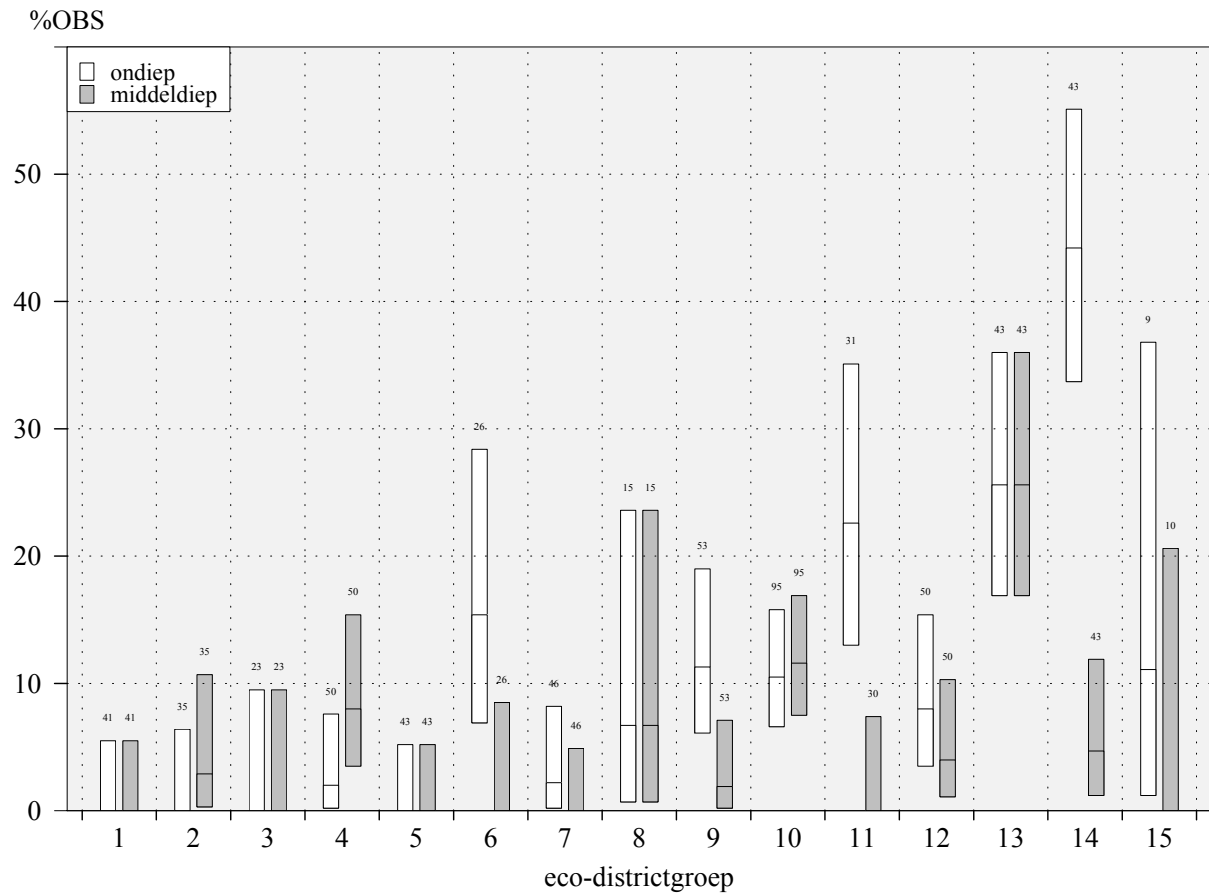
Het %OBS is duidelijk hoog in het ondiepe grondwater voor de groepen g-m/z, a/z en b/z.

### Tabel 2.13.A

Alleen voor geheel Nederland wordt in jong grondwater een duidelijk verlaging van de gemiddelde veranderingen van de concentratie berekend. De veranderingen zijn veelal zeer gering. Deels wordt dit veroorzaakt doordat het concentratie-niveau zeer laag is.

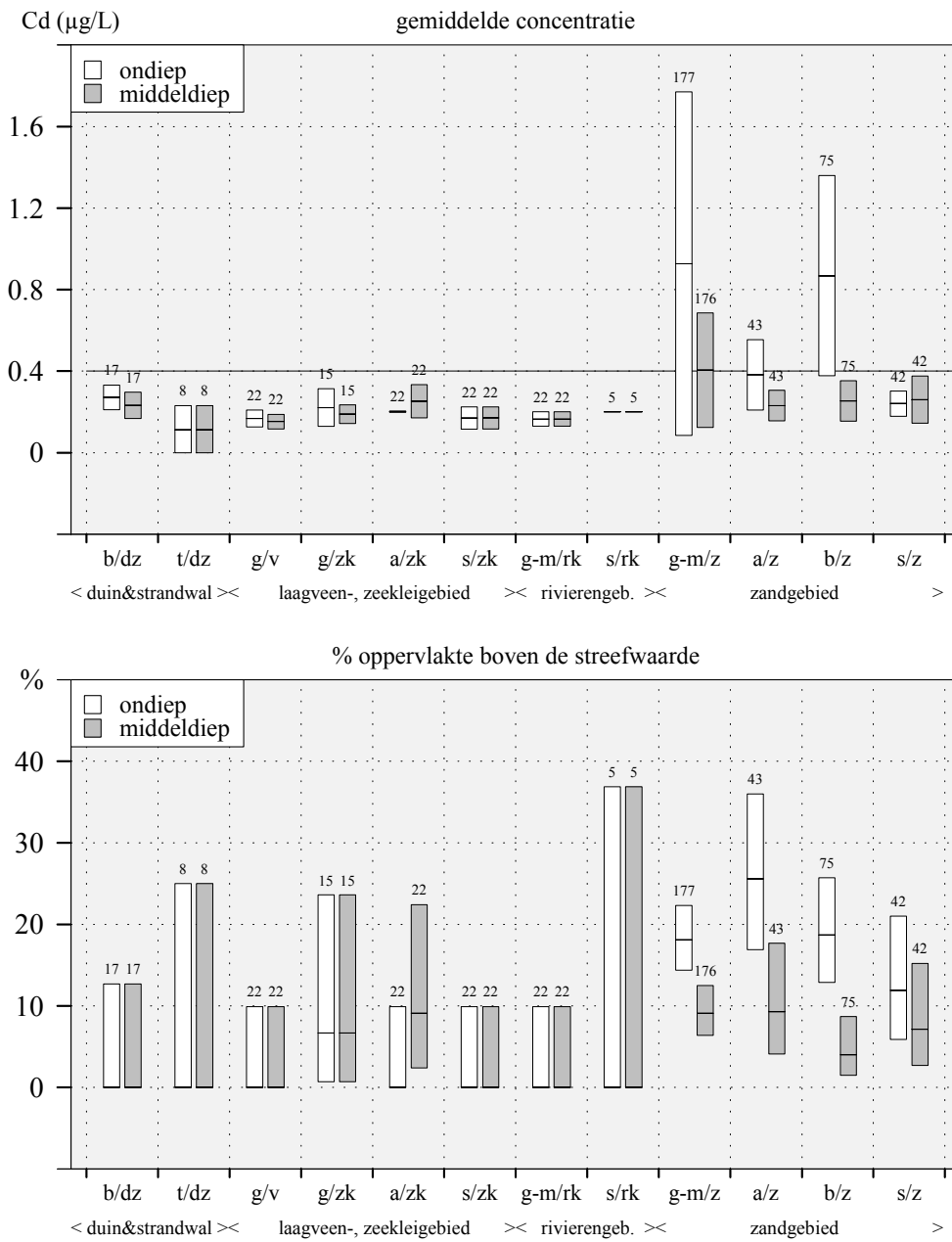
### Figuur 2.13.C

De tijdreeksen van het %WBS vertonen geen verandering met de tijd.



*Figuur 2.13.A: Cadmium in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor cadmium (%OBS; streefwaarde 0,4 µg/L cadmium; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileengebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



*Figuur 2.13.B: Cadmium in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor cadmium (0.4 µg/L). Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.*



Tabel 2.13.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van cadmium uitgedrukt in  $\mu\text{g/L}$  in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1990-2000 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep		middeldiep		grondwater van voor of na 1960			
		n	$\Delta$	n	$\Delta$	jong		oud	
						n	$\Delta$	n	$\Delta$
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	0.01	9	-0.01	12	0.01	6	-0.02
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	0.00	2	0.00	2	0.00	1	0.00
3	gras (laag-veen (g/v)	15	0.00	16	-0.02 ↓	10	0.00	17	-0.02
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	0.00	12	0.03 ↓	4	0.00	18	0.02 ↓
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	20	-0.04 ↓	20	0.07	1	0.00	38	0.02
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	0.00 ↓	11	-0.01 ↓	10	0.00	14	-0.01 ↓
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	-0.23	15	0.00	15	0.00	15	-0.24
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	-0.04 ↓	6	0.00	12	-0.02 ↓	0	-
9	gras/mais op zand (g-m/z)	76	0.02	75	0.01	90	0.02	58	0.01
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	0.00	11	-0.09 ↓	14	-0.07	8	0.00
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	0.54	39	0.08 ↓	62	<b>0.40</b>	12	0.00
12	bebouwd op zand (s/z)	25	-0.02	25	0.02 ↓	37	0.00	9	-0.02 ↓
nr	gebied	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$
1	duinen en strandwallen	15	0.00	15	-0.01	19	0.00	11	-0.01
2	laagveengebieden	24	0.00	24	-0.02 ↓	16	0.00	27	-0.01
3	polders en droogmakerijen	17	-0.02 ↓	15	0.00	5	0.00	26	-0.02
4	zeekleigebied	35	-0.07 ↓	35	0.05 ↓	8	0.00	61	-0.01 ↓
5	rivierengebied	33	-0.16 ↓	30	0.00 ↓	44	-0.03 ↓	18	-0.20
6	beekdalcomplexen	8	0.92	8	0.00	8	0.92	8	0.00
7	hoogveengebied	16	-0.02	16	0.00	15	-0.02	15	0.00
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	0.01	11	0.01	9	0.02	14	0.00
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-0.01	29	0.01	41	-0.02	17	0.03
10	keilemgebied	38	-0.02 ↓	38	-0.03 ↓	48	-0.03 ↓	27	-0.01 ↓
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	0.00	16	0.03	30	0.02	2	0.00
12	Centrale Slenk	24	0.21	24	0.01 ↓	20	0.25	24	0.01
13	zuidwestelijk zandgebied	13	0.54	13	0.29	15	0.74 ↑	6	0.00 ↓
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	0.20	20	0.00 ↓	35	0.11	4	0.00
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-0.03 ↓	5	0.00	1	0.00	2	0.00
16	zandgebieden	176	0.13 ↓	175	0.02 ↓	221	<b>0.12 ↓</b>	117	0.01 ↓
17	heel Nederland	305	0.05 ↓	299	0.02 ↓	314	0.08 ↓	262	-0.02 ↓
cCl < 150 mg/L					cCl > 150 mg/L				
nr	groep	n	$\Delta$	n	$\Delta$	ondiep	$\Delta$	middeldiep	$\Delta$
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	0.00	6	0.00	1	0.06	3	-0.03
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	0.00	2	0.00	0	-	0	-
3	gras (laag-veen (g/v)	7	0.00	8	0.00	5	0.00	7	-0.04
4	gras op zeeklei (g/zk)	4	0.00	4	0.00	6	0.00	8	0.04 ↓
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	0.00	4	0.00	10	-0.07 ↓	15	0.09
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	3	0.00	4	0.00	7	0.00	6	-0.03 ↓
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	<b>-0.24</b>	15	0.00	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	5	<b>0.00</b>	3	<b>0.00</b>	0	-	1	0.00
9	gras/mais op zand (g-m/z)	72	0.03	73	0.01	1	0.00	1	0.00
10	akkerbouw op zand (a/z)	10	<b>0.00</b>	10	-0.10	0	-	1	0.00
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	0.58	39	0.08 ↓	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	20	-0.02	24	0.02	1	0.00	0	-
nr	gebied	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$
1	duinen en strandwallen	9	0.00	12	0.00	1	0.06	3	-0.03
2	laagveengebieden	12	0.00	12	0.00	9	0.00	11	-0.03
3	polders en droogmakerijen	8	0.00	5	0.00	7	-0.05 ↓	10	0.00
4	zeekleigebied	9	0.00	7	0.00	18	-0.14 ↓	26	0.07 ↓
5	rivierengebied	30	-0.16 ↓	26	0.00 ↓	0	-	1	0.00
6	beekdalcomplexen	7	1.05	7	0.00	0	-	1	0.00
7	hoogveengebied	14	-0.03	16	0.00	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	0.01	11	0.01	1	0.00	0	-
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	-0.01	29	0.01	0	-	0	-
10	keilemgebied	30	0.00	34	-0.03 ↓	2	0.00	1	0.00
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	0.00	16	0.03	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	21	0.25	24	0.01	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	0.54	13	0.29	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	0.20	20	0.00 ↓	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-0.03	5	0.00	0	-	0	-
16	zandgebieden	161	<b>0.14</b>	170	0.02 ↓	3	0.00	2	0.00
17	heel Nederland	234	0.08 ↓	237	0.02 ↓	38	-0.08 ↓	53	0.03 ↓

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

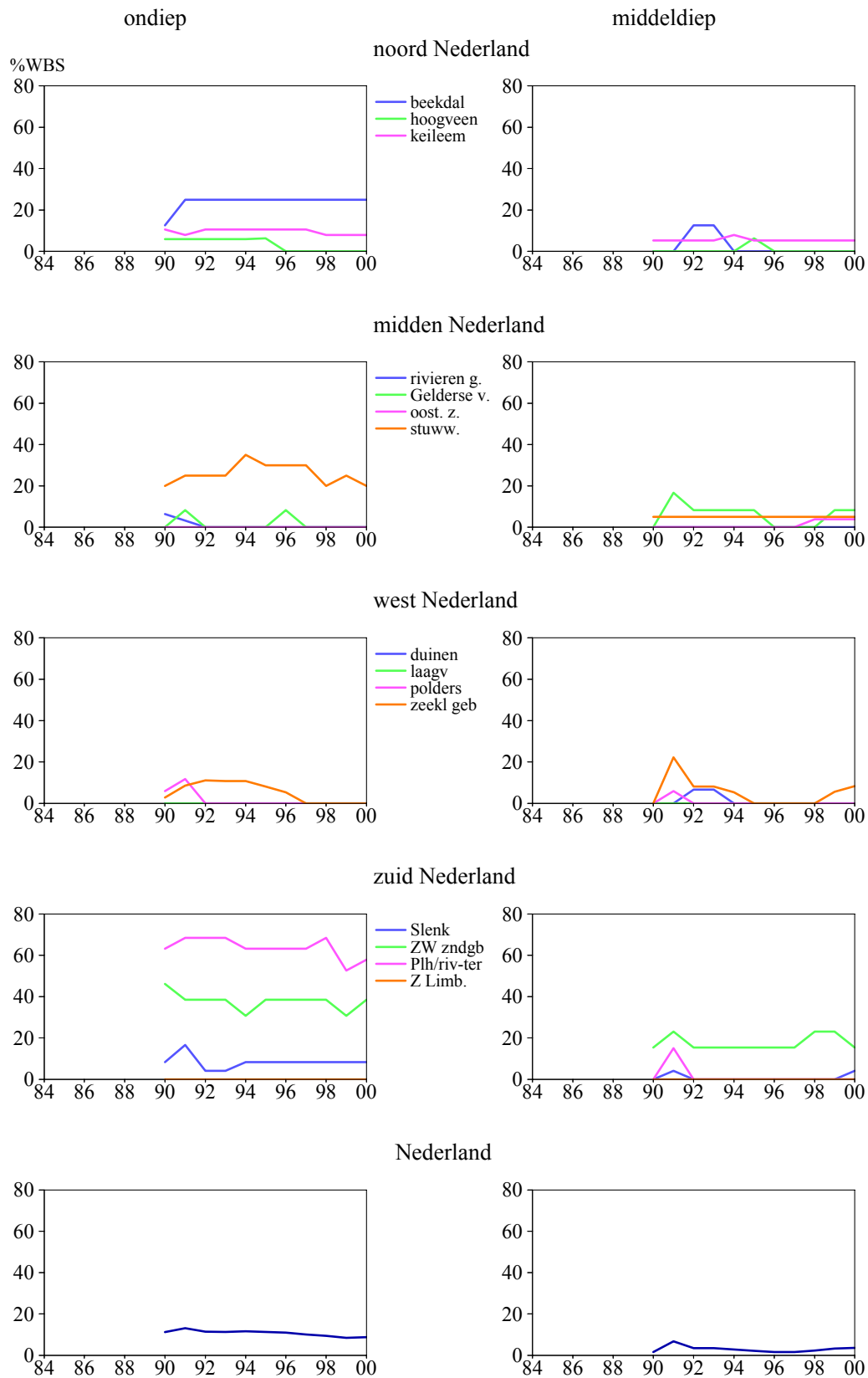
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1990 en 2000

- : geen waarneming

$\Delta$  : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



Figuur 2.13.C: Percentage waarnemingen van cadmium boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde 0,4 µg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG en PMG).



## 2.14 ZINK

### Figuur 2.14.A

Het %OBS is duidelijk zeer hoog in het ondiepe grondwater voor het zuidwestelijk zandgebied en het %OBS is duidelijk hoog voor de Peelhorst en oude rivierterrassen. Het %OBS is duidelijk hoog in het middeldiepe grondwater van de zeekleigebieden, het zuidwestelijk zandgebied en de Peelhorst en oude rivierterrassen.

### Figuur 2.14.B

Hoge concentraties van zink in het ondiepe grondwater komen voor in het ondiepe grondwater voor de groepen g/zk, s/zk, g-m/z en b/z. In het middeldiepe grondwater komen hoge concentraties van zink voor de groepen a/zk en s/zk.

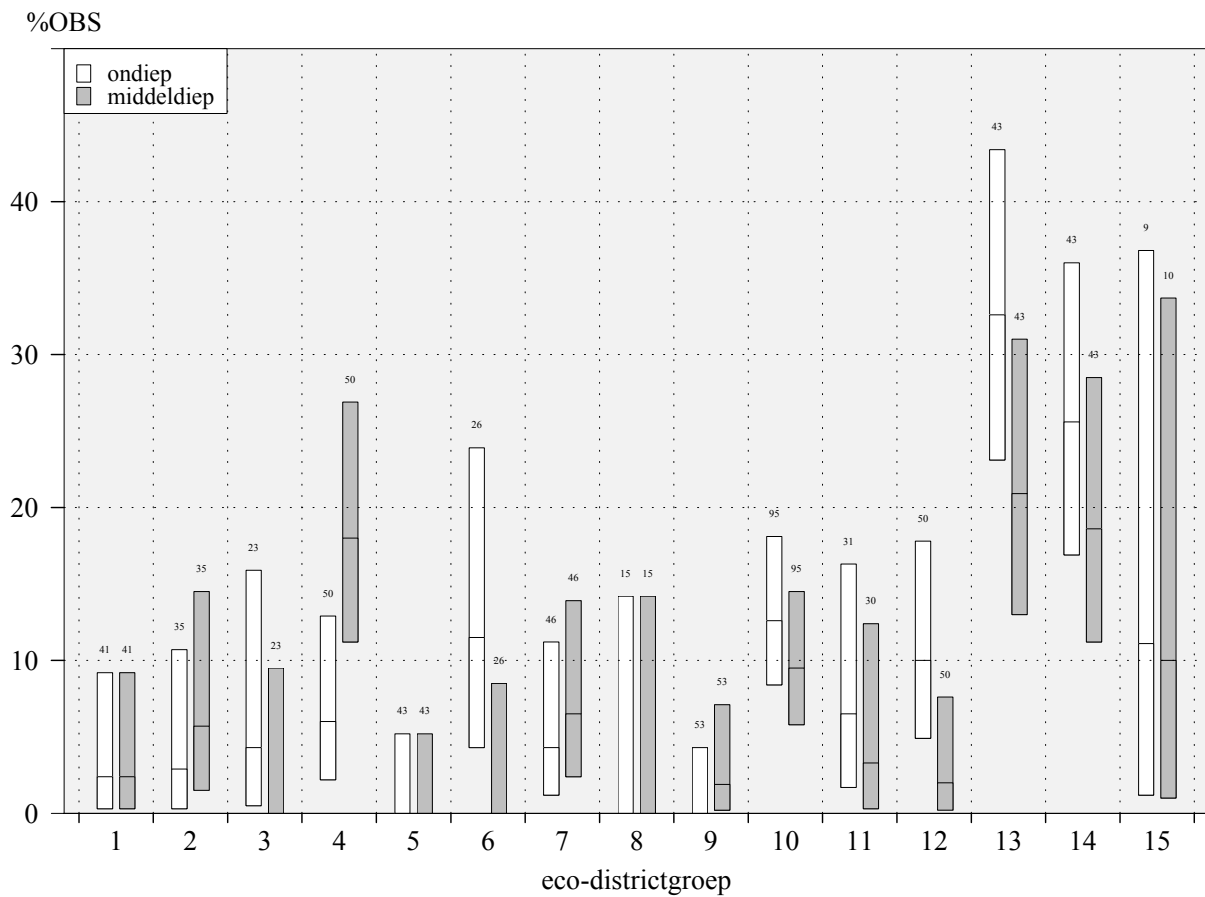
Het %OBS is duidelijk hoog in het ondiepe grondwater voor de groepen g-m/z, a/z en b/z.

### Tabel 2.14.A

In het middeldiepe grondwater wordt voor de polders en droogmakerijen en de zeekleigebieden een duidelijke stijging gevonden. Een duidelijke daling wordt gevonden voor het krijt- en lössgebied.

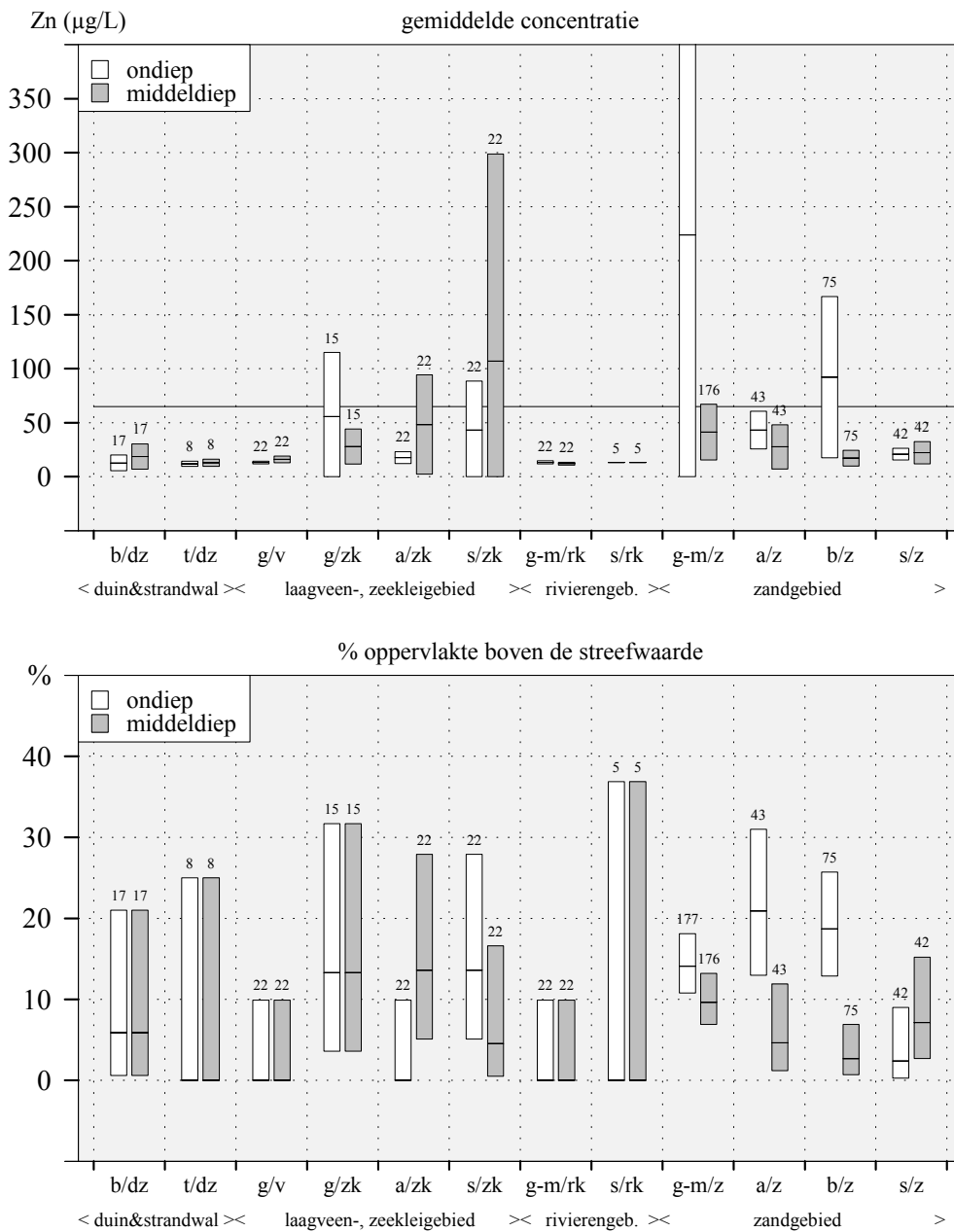
### Figuur 2.14.C

Over het algemeen vertonen de tijdreeksen van het %WBS geen verandering met de tijd. In het middeldiepe grondwater lijkt de tijdreeks van het %WBS- voor de zeekleigebieden te stijgen. In de keileemgebieden en het zuidwestelijk zandgebied daalt de %WBS-reeks juist.



*Figuur 2.14.A: Zink in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor zink (%OBS; streefwaarde 65 µg/L zink; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=riverengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileengebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



*Figuur 2.14.B: Zink in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor zink (65 µg/L).*

Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.

Tabel 2.14.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van zink uitgedrukt in  $\mu\text{g/L}$  in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1984-1990 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	ondiep		middeldiep		grondwater van voor of na 1960			
		n	$\Delta$	n	$\Delta$	jong		oud	
						n	$\Delta$	n	$\Delta$
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	8	9	9	12	5	6	14
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	3 ↑	2	7	2	7	1	0
3	gras (laag-)veen (g/v)	15	2 ↑	16	-5	10	-9	17	3
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	60 ↑	12	28 ↑	4	4	18	58 ↑
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	22	6	22	38 ↑	1	7	40	24 ↑
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	-2	12	206 ↑	10	253	14	-6
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	-20	15	1	15	-21	15	0
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	-4	6	0	12	-2	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	1	76	-17	90	-14	58	2
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	-18	11	-10	14	-22	8	0
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	55	39	1	62	39	12	-1
12	bebouwd op zand (s/z)	25	-1	25	0	37	0	9	-1 ↓
nr	gebied								
1	duinen en strandwallen	15	5 ↑	15	6	19	4	11	8
2	laagveengebieden	24	20 ↑	24	98 ↑	16	183	27	-2 ↑
3	polders en droogmakerijen	17	-29	16	6 ↑	5	-97	26	3 ↑
4	zeekleigebied	37	24 ↑	37	36 ↑	8	3	63	35 ↑
5	rivierengebied	33	-11	30	1	44	-7	18	-1
6	beekdalcomplexen	8	9	8	1	8	9	8	1
7	hoogveengebied	17	-2	17	-6	15	-1	17	-4
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	0	12	-1	9	2	15	-2
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	1	30	2	41	2	17	1
10	keileemgebied	38	-21 ↓	38	-77	48	-19	27	-104
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-1	16	-1	30	-1	2	0
12	Centrale Slenk	24	72	24	3 ↓	20	84	24	6 ↓
13	zuidwestelijk zandgebied	13	83	13	-63	15	32	6	3
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-3	20	-22 ↓	35	-14	4	0
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-22	5	-9 ↓	1	16	2	-38
16	zandgebieden	177	11	178	-24	221	4	120	-23
17	heel Nederland	308	8	305	-1 ↑	314	10	267	-2 ↑
		cCl < 150 mg/L				cCl > 150 mg/L			
		ondiep		middeldiep		ondiep		middeldiep	
		n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$	n	$\Delta$
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	0	6	0	1	60	3	28
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	3 ↑	2	7	0	-	0	-
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	1	8	0	5	3	7	3
4	gras op zeeklei (g/zk)	4	14	4	2	6	110	8	41 ↑
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	2	4	0	12	11	16	52 ↑
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	3	-5	4	634	7	-1	7	-9
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	-21	15	1	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	5	1	3	0	0	-	1	0
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	72	9	74	-17	1	0	1	0
10	akkerbouw op zand (a/z)	10	-20	10	-10	0	-	1	-6
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	58	39	1	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	20	-2	24	0	1	0	0	-
nr	gebied								
1	duinen en strandwallen	9	1	12	1	1	60	3	28
2	laagveengebieden	12	40	12	209	9	-2	11	-4
3	polders en droogmakerijen	8	-61	5	1	7	1	11	8 ↑
4	zeekleigebied	9	8	7	1	20	41 ↑	27	49 ↑
5	rivierengebied	30	-11	26	1	0	-	1	0
6	beekdalcomplexen	7	11	7	1	0	-	1	0
7	hoogveengebied	15	-2	17	-6	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	0	11	-4	1	0	1	28
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	1	30	2	0	-	0	-
10	keileemgebied	30	-8	34	-4	2	0	1	-6
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	-1	16	-1	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	21	81	24	3 ↓	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	83	13	-63	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	-3	20	-22 ↓	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-22	5	-9 ↓	0	-	0	-
16	zandgebieden	162	16	172	-8	3	0	3	7
17	heel Nederland	235	9	239	5	40	22 ↑	56	26 ↑

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

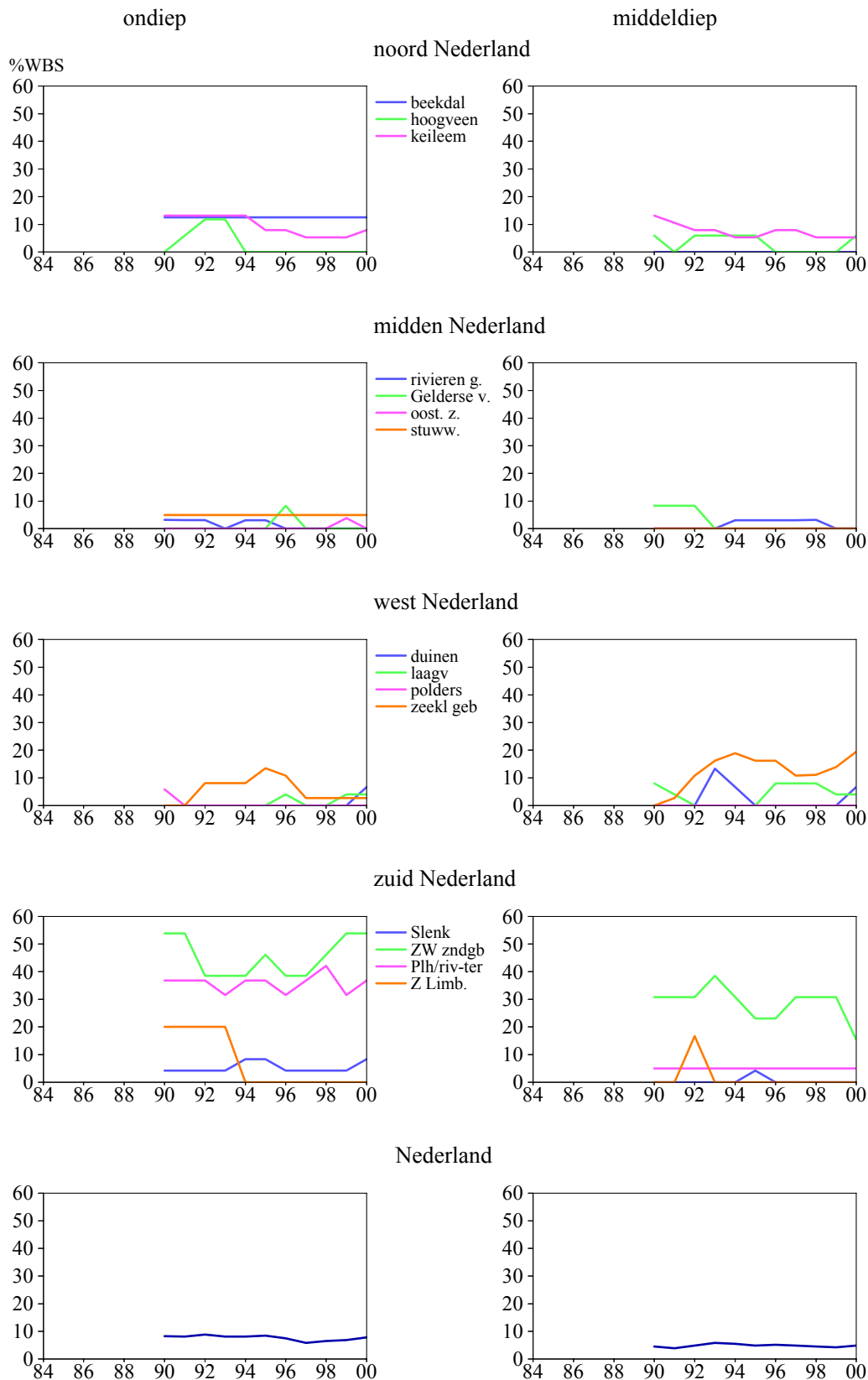
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1990 en 2000

- : geen waarneming

$\Delta$  : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



Figuur 2.14.C: Percentage waarnemingen van zink boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde  $65 \mu\text{g/L}$ ; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen, waarnemingen van LMG).





## 2.15 KOPER

### Figuur 2.15.A

Het %OBS is alleen zeer hoog in het ondiepe grondwater voor de Peelhorst en oude rivierterrassen.

### Figuur 2.15.A

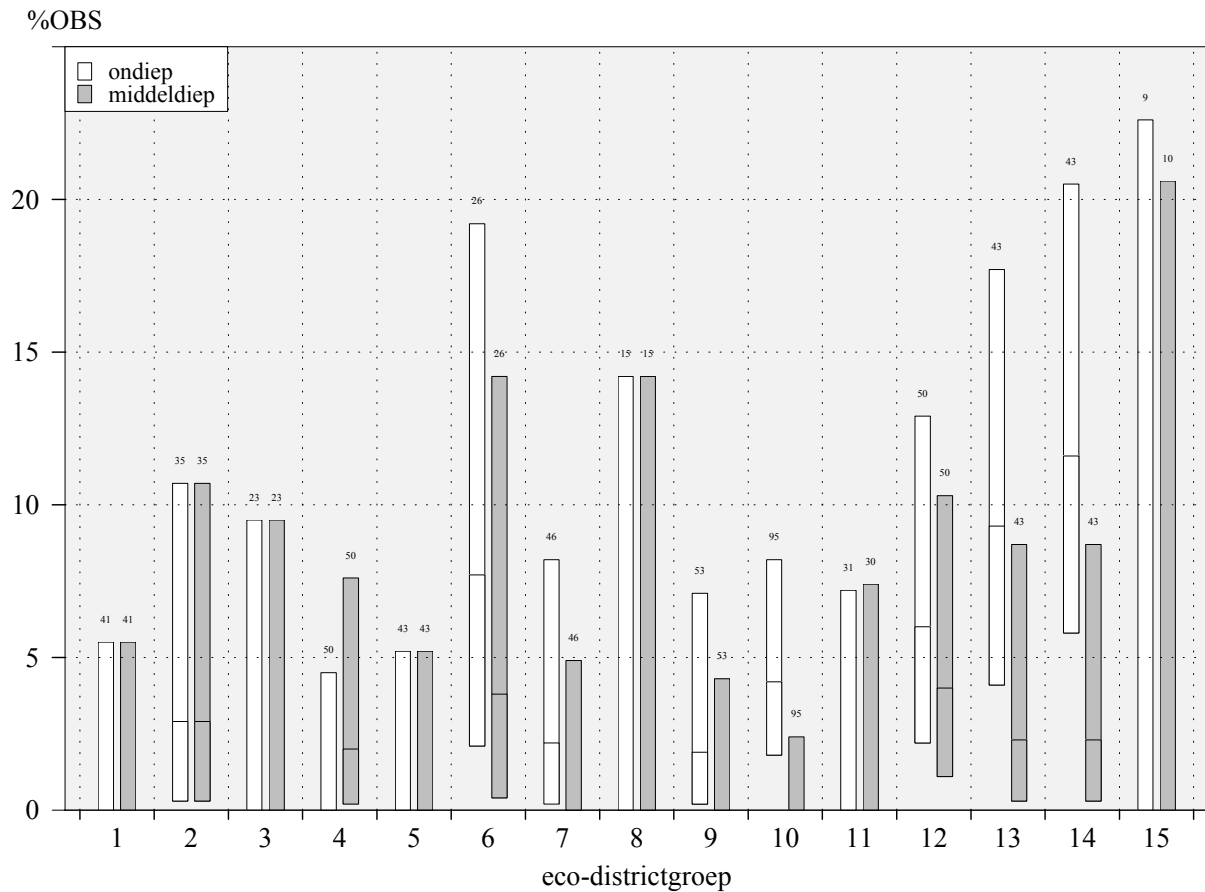
Het %OBS is voor geen van de groepen duidelijk zeer hoog of duidelijk hoog.

### Tabellen 2.15.A

Uit Tabellen 2.15.A blijkt dat de gemiddelde concentratie van koper duidelijk in het middeldiepe grondwater daalt voor de groepen g-m/z en a/z en voor de eco-districtgroep de keileemgebieden. Ook voor de zandgebieden als geheel wordt een duidelijke daling berekend.

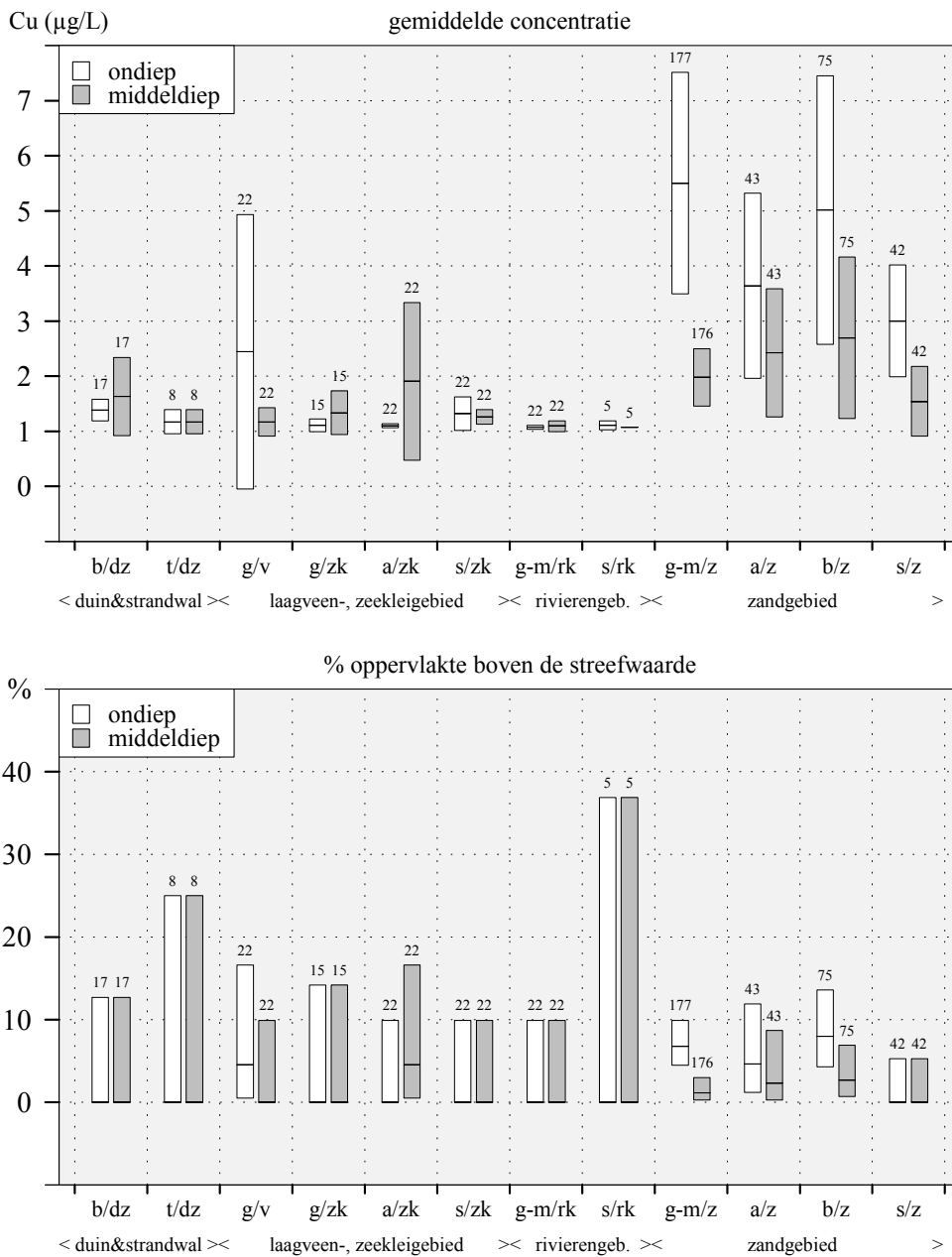
### Figuur 2.15.D

Uit de figuren met %WBS valt niet veel af te lezen.



*Figuur 2.15.A: Koper in het grondwater in het jaar 2000 per eco-district-groep; 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor koper (OBS; streefwaarde 15 µg/L koper; waarnemingen van LMG en PMG).*

Aangegeven de codes per eco-districtgroep: 1=duinen en strandwallen, 2=laagveengebieden, 3=polders en droogmakerijen, 4=zeekleigebieden, 5=rivierengebied, 6=beekdalcomplexen, 7=hoogveengebied, 8=Gelderse Vallei en Veluwezoom, 9=oostelijk dekzandgebied, 10=keileemgebieden, 11=Veluwe en Utrechtse Heuvelrug, 12=centrale Slenk, 13=zuidwestelijk zandgebied, 14=Peelhorst en terrassen, 15=zuid Limburg.



Figuur 2.15.A: Koper in het grondwater in het jaar 2000 per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio (waarnemingen van LMG en PMG); Boven: 80%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie. Onder: het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor koper streefwaarde (15 µg/L). Aangegeven zijn de streefwaarde, het aantal waarnemingen en de codes per grondgebruik/grondsoort: b=bos&natuur, t=tuinbouw, a=akkerbouw, g=gras, g-m=gras/maïs, s=bebouwd, dz=duinzand, v=laagveen, zk=zeeklei, rk=rivierklei, z=zand.

Tabel 2.15.A: Gemiddelde verandering van de concentratie van koper uitgedrukt in µg/L in 10 jaar in ondiep en middeldiep grondwater, zoet en zout grondwater en in jong en oud grondwater (jong: tritiumcode T1, oud: tritiumcode T2) in de periode 1984-1990 jaar (waarnemingen van LMG)

nr	groep	verandering op diepte				grondwater van voor of na 1960			
		ondiep		middeldiep		jong		oud	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	9	0.0 ↓	9	0.7	12	0.0	6	1.1
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	0.0	2	-0.3	2	-0.3	1	0.0
3	gras (laag-)veen (g/v)	15	1.0	16	-0.1	10	0.0	17	0.8
4	gras op zeeklei (g/zk)	12	-0.3	12	0.1	4	0.6	18	-0.1
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	21	-0.7 ↓	21	0.5	1	-0.3	40	-0.1 ↓
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	14	-0.8 ↓	11	0.0	10	-0.3	14	-0.5
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	16	-0.1 ↓	15	0.0	15	0.0	15	-0.1 ↓
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	6	-1.5	6	-0.4	12	-0.9	0	-
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	76	-4.7	75	-0.3 ↓	90	0.7	58	-7.5 ↓
10	akkerbouw op zand (a/z)	11	-0.2	11	-0.4 ↓	14	-0.4	8	-0.2
11	bos&natuur op zand (b/z)	39	-0.3	39	-0.4 ↓	62	0.1	12	-0.3
12	bebouwd op zand (s/z)	25	0.1	25	0.1	37	0.2	9	-0.5
nr gebied									
1	duinen en strandwallen	15	0.0	15	0.3	19	0.0	11	0.5
2	laagveengebieden	24	0.3 ↓	24	0.0	16	0.1	27	0.2
3	polders en droogmakerijen	17	-0.1	15	-0.3	5	0.1	26	-0.2
4	zeekleigebied	36	-0.6 ↓	36	0.5	8	-0.4	63	0.0
5	rivierengebied	33	-0.2 ↓	30	-0.1 ↓	44	-0.2 ↓	18	0.0 ↓
6	beekdalcomplexen	8	2.2	8	-0.2	8	2.1	8	-0.2
7	hoogveengebied	16	1.6	16	0.0	15	1.8	15	0.0
8	GelderseVallei en Veluwezoom	12	0.0	11	0.0	9	0.0	14	0.0
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	0.3	29	0.2	41	0.4	17	0.0 ↓
10	keilemgebied	38	-12.2 ↓	38	-0.6 ↓	48	-1.0	27	-16.3 ↓
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	0.0	16	-0.4	30	-0.2	2	0.0
12	Centrale Slenk	24	0.0	24	-0.2 ↓	20	0.1	24	-0.3 ↓
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-1.0	13	-0.3 ↓	15	0.9	6	-0.2
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	3.4	20	-0.5 ↓	35	1.6	4	-0.5
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-0.3	5	-1.5 ↓	1	1.7	2	-0.6
16	zandgebieden	176	-2.0 ↓	175	-0.3 ↓	221	0.4 ↓	117	-3.9 ↓
17	heel Nederland	306	-1.2 ↓	300	-0.1 ↓	314	0.2 ↓	264	-1.7 ↓
cCl < 150 mg/L									
nr	groep	ondiep				middeldiep			
		ondiep		middeldiep		ondiep		middeldiep	
		n	Δ	n	Δ	n	Δ	n	Δ
1	bos&natuur op duinzand (b/dz)	5	0.0	6	-0.1	1	0.0	3	2.4
2	tuinbouw op duinzand (t/dz)	2	0.0	2	-0.3	0	-	0	-
3	gras (laag-)veen (g/v)	7	2.2	8	0.0	5	0.1	7	-0.2
4	gras op zeeklei (g/zk)	4	-0.1	4	-0.2	6	-0.3	8	0.3
5	akkerbouw op zeeklei (a/zk)	8	-1.2	4	0.0	11	-0.2 ↓	16	0.7
6	bebouwd op zeeklei of laagveen (s/zk)	3	0.0	4	0.7	7	-1.4 ↓	6	-0.4 ↓
7	gras op rivierklei (g-m/rk)	15	-0.1 ↓	15	0.0	0	-	0	-
8	bebouwd op rivierklei (s/rk)	5	0.2	3	0.0	0	-	1	0.0
9	gras/maïs op zand (g-m/z)	72	-4.9	73	-0.3 ↓	1	0.0	1	0.0
10	akkerbouw op zand (a/z)	10	-0.2	10	-0.4 ↓	0	-	1	-0.6
11	bos&natuur op zand (b/z)	37	-0.3	39	-0.4 ↓	0	-	0	-
12	bebouwd op zand (s/z)	20	0.3	24	0.1	1	0.0	0	-
nr gebied									
1	duinen en strandwallen	9	0.0	12	-0.2	1	0.0	3	2.4
2	laagveengebieden	12	1.3	12	0.1	9	-0.8 ↓	11	-0.2
3	polders en droogmakerijen	8	0.1	5	0.3	7	-0.4	10	-0.5
4	zeekleigebied	9	-1.2	7	-0.1	19	-0.2	27	0.7
5	rivierengebied	30	0.1	26	0.0 ↓	0	-	1	0.0
6	beekdalcomplexen	7	2.5	7	-0.2	0	-	1	0.0
7	hoogveengebied	14	1.9	16	0.0	0	-	0	-
8	GelderseVallei en Veluwezoom	11	0.0	11	0.0	1	0.0	0	-
9	oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuww.	30	0.3	29	0.2	0	-	0	-
10	keilemgebied	30	-15.4 ↓	34	-0.5 ↓	2	0.0	1	-0.6
11	Veluwe en Utrechtse heuvelrug	16	0.0	16	-0.4	0	-	0	-
12	Centrale Slenk	21	0.2	24	-0.2 ↓	0	-	0	-
13	zuidwestelijk zandgebied	13	-1.0	13	-0.3	0	-	0	-
14	Peelhorst en rivierterrassen langs de Maas	19	3.4	20	-0.5 ↓	0	-	0	-
15	krijtgebied, lössgebied in Zuid-Limburg	5	-0.3	5	-1.5 ↓	0	-	0	-
16	zandgebieden	161	-2.2	170	-0.2 ↓	3	0.0	2	-0.3
17	heel Nederland	234	-1.5 ↓	237	-0.2 ↓	39	-0.4 ↓	54	0.3

↑/↓ : duidelijke lineaire samenhang met de tijd (positieve/negatieve correlatie)

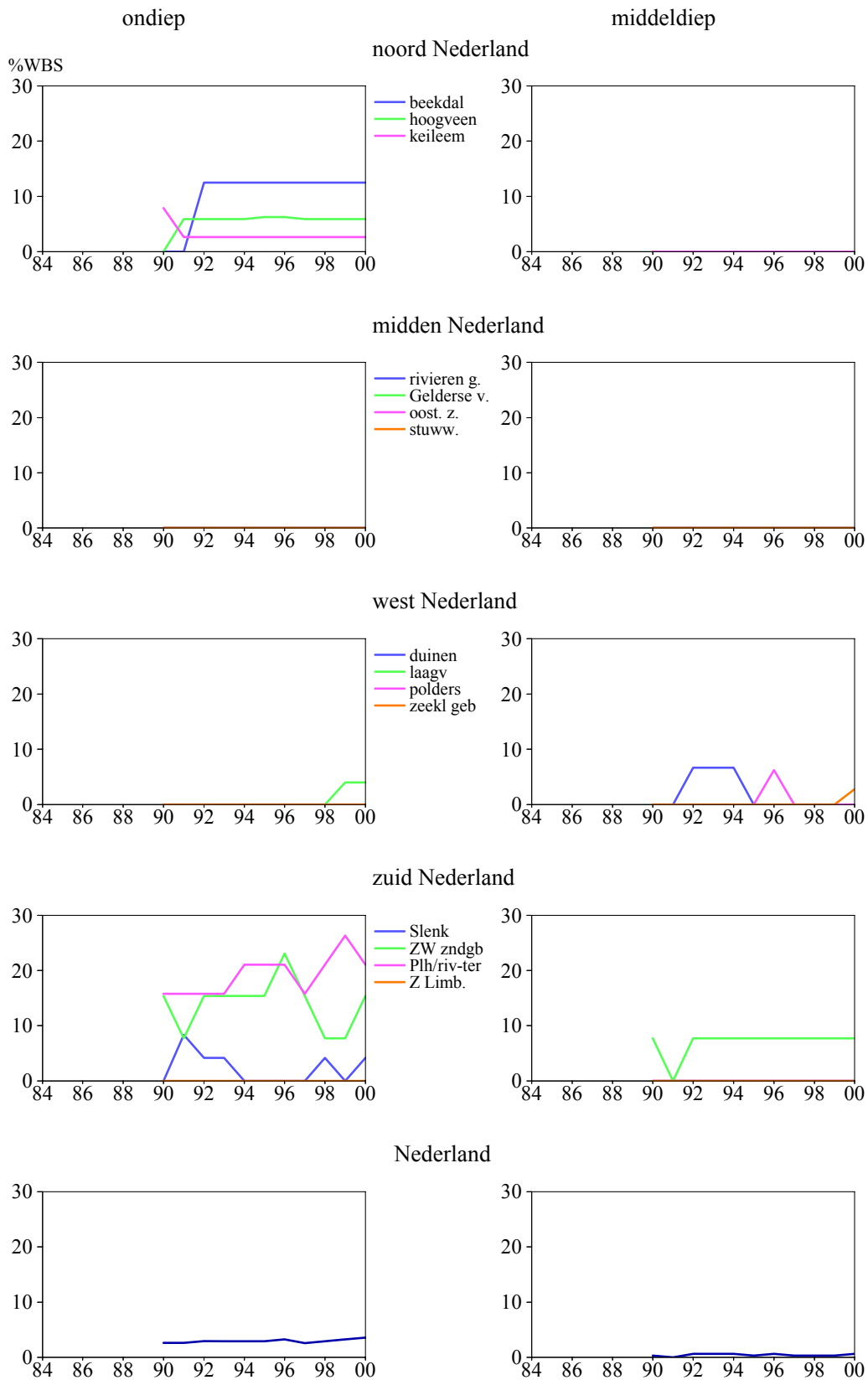
vet : duidelijke gemiddelde verandering tussen 1990 en 2000

- : geen waarneming

Δ : gemiddelde verandering

groen : duidelijke daling

geel : duidelijke stijging



Figuur 2.15.D: Percentage waarnemingen van koper boven de streefwaarde per jaar in het ondiepe en middeldiepe grondwater in noord, midden, west en zuid Nederland (streefwaarde 15 µg/L; zie voor de gemiddeld aantal waarnemingen per eco-districtgroep in de tabel met de gemiddelde veranderingen; waarnemingen van LMG).

## BIJLAGE 2

## CONTROLES

## 1 PROCEDURE VOOR HET OPSPOREN VAN EXTREME AFWIJINGEN.

## 1.1 INLEIDING

Het bemonsteren van waarnemingsputten, de chemische analyse van de monsters en het vaststellen van de verandering van de grondwatersamenstelling in de tijd uit de metingen kent veel processtappen. Bij iedere stap doen zich afwijkingen voor. Door extreme afwijkingen ontstaat een grote variatie in de waarnemingen. Om voldoende oplossend vermogen te behouden moet de variatie beperkt blijven door het aantal extreme waarnemingen te beperken. Daarom is het nodig om extreme afwijkingen op te sporen.

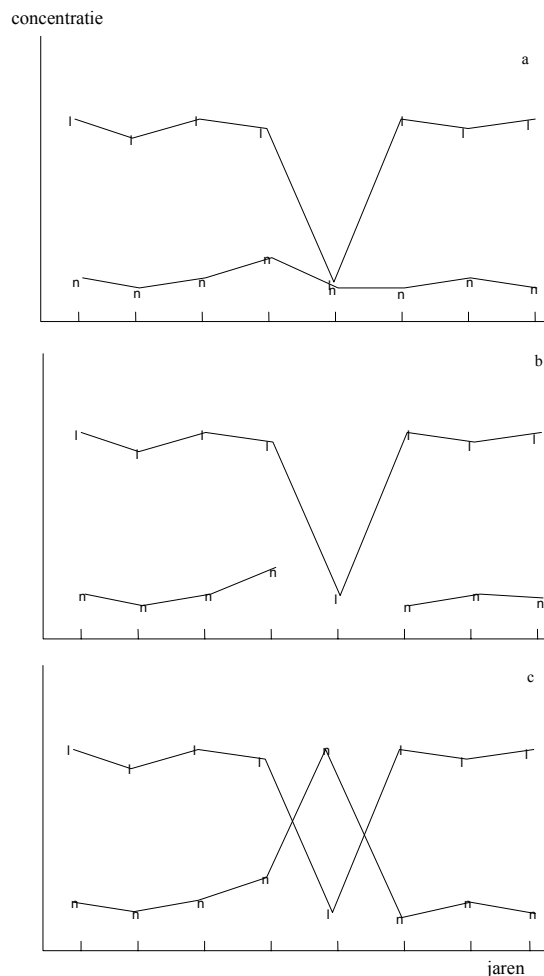
Identieke-, verwisselde-, omgewisselde nummeringen van monsters uit de waarnemingsfilters en extreme afwijkingen worden opgespoord door per waarnemingsput waarnemingsreeksen van de concentraties van de stoffen, de geleidbaarheid en de ionenbalansen te analyseren. De analyse kan worden gedaan door voor alle componenten per combinatie van waarnemingsput en waarnemingsfilter, waarnemingsreeksen, geleidbaarheid en ionenbalansen af te beelden en de onderlinge samenhang van de verschillende beelden in te beoordelen. Om tot een definitief besluit te komen of een extreme waarneming een uitbijter is of als extreem afwijkende waarneming moet worden behouden is bodemchemische kennis nodig. Als aannemelijk kan worden gemaakt dat een extreme afwijking het gevolg is van administratieve en/of analytisch-chemische fouten wordt een extreme afwijking als een uitbijter aangeduid en uit het gegevensbestand verwijderd. Het nadeel van een analyse door deskundigen is dat deze veel tijd vergt. Bovendien is het overgrote deel van de waarnemingen normaal maar moeten toch in de beschouwing worden meegenomen. Dit maakt de analyse tot een inefficiënt proces. Ook is de uitkomst van een analyse altijd afhankelijk van de persoon die de waarnemingen beschouwt. Objectiviteit is te bereiken door de waarnemingen met meer mensen te analyseren. Hierdoor wordt echter de analyse als instrument voor het opsporen van extreme afwijkingen extra tijdrovend. Daarom is gezocht naar methoden om extreme afwijkingen door berekening op te sporen. De gevonden extreme afwijkingen worden aansluitend door een deskundige onderzocht om tot definitief aanwijzen van uitbijters te komen.

Extreme afwijkingen kunnen door berekening worden opgespoord met standaard statistische en ook empirische methoden. Het is aantrekkelijk om standaard statistische methoden te gebruiken maar een speciaal voor het LMG ontwikkelde procedure bleek beter extreme afwijkingen aan te wijzen die ook door deskundigen als extreme afwijkingen waren aangewezen.

## 1.2 ONJUISTE NUMMERING VAN DE MONSTERS (Reijnders et al., 1997b)

Afwijkingen kunnen ontstaan als in de procedure monsters uit een zelfde waarnemingsput maar uit verschillende waarnemingsfilters een identiek filternummer zijn toegekend (**identieke** nummering). Ook kan voor een zelfde waarnemingsput voor een filter een monster uiteindelijk ontbreken en daarvoor in de plaats het resultaat van de analyse van het monster uit het andere filter van de waarnemingsput zijn ingevuld. Voor het andere filter kunnen de resultaten van de analyse ontbreken (**verwis-**

**selde** nummering) of kunnen de resultaten van de het ene filter zijn ingevuld (**omgewisselde** nummering). In figuur 1.2.A zijn voor de duidelijkheid de verschillende situaties schematisch weergegeven.



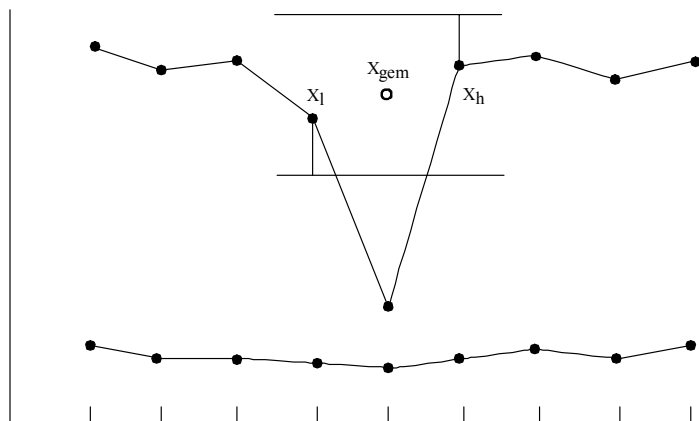
figuur 1.2.A: Schema's voor a) identieke, b) verwisselde en c) omgewisselde nummering van monsters.

*Procedure*, Zie figuur 1.2.B:

Een interval wordt berekend uit één of twee van de dichtstbijzijnde waarnemingen naast de te onderzoeken waarneming. Stel dat  $x_l$  (laagste naastliggende waarneming) en  $x_h$  (hoogste naastliggende waarneming) de dichtstbijzijnde waarnemingen van de te onderzoeken waarneming  $x$  zijn, dan is de gemiddelde waarde  $x_{\text{gem}} = (x_l + x_h)/2$ . De ondergrens van het interval is gedefinieerd door  $x_l - f \cdot x_{\text{gem}}$  en de bovengrens van het interval door  $x_h + f \cdot x_{\text{gem}}$ . De factor  $f$  is de gevoeligheidsfactor en wordt de waarde 0, 0,1, 0,2, 0,4 en 0,5 gegeven. Als  $x_l$  of  $x_h$  ontbreken wordt voor  $x_{\text{gem}}$ ,  $x_h$  of  $x_l$  ingevuld.

Een zelfde berekening wordt gemaakt voor de waarnemingenreeks van een ander filter waarin de waarneming voorkomt waarmee wordt vergeleken. Bij detectie van waarnemingen met identieke filters wordt voor bepaling van het interval van het andere filter niet  $x_{\text{gem}}$  gebuikt maar de waarneming van het filter waarmee wordt vergeleken. Bij detectie van waarnemingen met verwisselde of omgewisselde filters wordt voor de bepaling van het interval van het filter waarmee wordt vergeleken  $x_{\text{gem}}$  van het andere filter gebruikt.





Figuur 1.2.B: Principe van de werking van het filter

Voor elke waarde van  $f$  wordt bepaald of de te onderzoeken waarneming buiten het interval valt dat is berekend voor de reeks waar de te onderzoeken waarneming deel van uitmaakt en binnen het interval van de reeks waarmee de te onderzoeken waarneming wordt vergeleken. Indien voor één van de waarden van  $f$  aan deze voorwaarden wordt voldaan wordt besloten dat zich mogelijk een waarneming met identiek, verwisseld of omgewisseld filternummer voordoet.

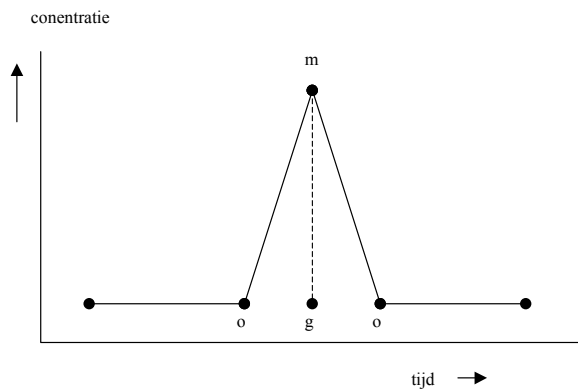
De waarden voor factor  $f$  zijn zo ingesteld dat het filter niet te veel en niet te weinig afwijkende waarden opmerkt. Bij een hoge waarde van  $f$  zijn de intervallen breed voor de reeks met de te onderzoeken waarneming en de waarnemingsreeks waarmee wordt vergeleken. De kans dat de te onderzoeken waarneming buiten het berekende interval valt is klein terwijl de kans groot is dat de te onderzoeken waarneming binnen het interval valt dat behoort bij de reeks waarmee wordt vergeleken.

Bij een lage waarde van  $f$  zijn de intervallen relatief smal. De te onderzoeken waarneming valt relatief gemakkelijker buiten het berekende interval, maar ook buiten het interval behorend bij de reeks waarmee wordt vergeleken. Hierdoor wordt de te onderzoeken waarneming gemakkelijker als afwijking aangeduid maar valt minder gemakkelijk in het interval behorend bij het andere filter.

Bij een hoge waarde voor  $f$  is de situatie omgekeerd.

### 1.3 EXTREME AFWIJINGEN (Reijnders et al., 2000)

Naast identieke-, verwisselde- en omgewisselde nummeringen van monsters kunnen extreme afwijkingen voorkomen. Een extreme afwijking wordt opgespoord door vergelijking van de afwijking met de variatie van een variabele met de tijd. Dit verloop moet dan eerst vrij zijn van variatie-bijdragen door identiek, verwisseld en omgewisseld genummerde monsters. Het extreme waarden-onderzoek kan pas na het corrigeren/verwijderen van resultaten van onjuist genummerde monsters plaats vinden. De variatie in het verloop van de grondwaterkwaliteit kan echter groot zijn. Voor de berekening van de mate van een afwijking van een waarneming ( $m$ ) van het algemene verloop wordt daarom alleen vergeleken met “omliggende” waarnemingen die in de tijd vlak voor en na de eigenlijke waarneming zijn gedaan. Uit de omliggende waarnemingen ( $o$ ) wordt op de plaats van de eigenlijke waarneming een gemiddelde berekend ( $g$ ). Ten opzichte van dit gemiddelde wordt vervolgens de afwijking berekend. De afwijking ( $a$ ) is dan gelijk aan  $m - g$ . In essentie komt de bewerking neer op het berekenen van een “moving average” (Chatfield, 1989). Omdat het aantal waarnemingen per meetreeks maximaal 25 is (jaren in LMG-bestand 1979 tot en met 2003) is het te billijken dat het moving average alleen uit de waarnemingen voor en na de te beschouwen waarneming wordt berekend. In Figuur 1.3.A is de situatie schematisch weergegeven.

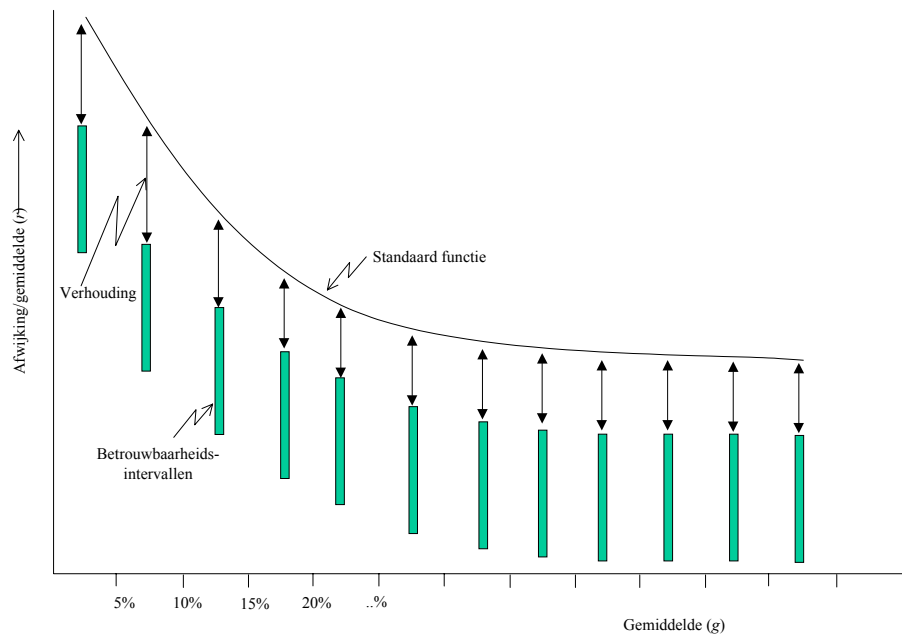


Figuur 1.3.A: Onderdeel van het verloop in de tijd van de grondwaterkwaliteit met variabelen voor de berekening van een afwijking.

#### Procedure

Voor het vaststellen van extreme afwijkingen worden de absolute waarde van de verschillen  $a$  (uit  $m - g$ , zie figuur 1.3.A) gedeeld door de bijbehorende gemiddelde waarden  $g$ . Hierdoor worden  $r$ -waarden  $((m - g)/g)$  verkregen. Voor alle waarnemingen worden de  $r$ -waarden en hun bijbehorende gemiddelden gegroepeerd. De gemiddelden worden weer op grootte gesorteerd en naar aantallen van telkens 5% van het totaal aantal gemiddelden in 5%-bereiken verdeeld. Per 5%-bereik van gemiddelden wordt het 99%-betrouwbaarheidsinterval van de bijbehorende  $r$ -waarden bepaald. Daarna wordt voor ieder 5%-waardebereik de verhouding tussen de bovengrens van het 99%- betrouwbaarheidsinterval van de  $r$ -waarden en de lijn  $r = 1/g^{0,301}$  bepaald. De verhoudingen  $v$  van alle 5%-waardebereiken van  $g$  worden samengenomen en van de verkregen verzameling de 90-percentiele waarde bepaald ( $v_{90}$ ). Hierna wordt voor iedere  $r$ -waarde (per waarneming dus) de ligging ten opzichte van de lijn  $r = v_{90} \cdot 1/g^{0,301}$  bepaald. Als een  $r$ -waarde groter is dan de waarde die voor de lijn wordt berekend, wordt de  $r$ -waarde als extreem aangeduid en moet de bijbehorende waarneming vervolgens aan een nadere analyse worden onderworpen. Om het beschreven procesanschouwelijk te maken is dit schematisch in Figuur 1.3.B aangegeven

Gebleken is dat bij onjuist genummerde monsters uit de berekeningen en aansluitende inspectie van de voor alle componenten uitgetekende waarnemingsreeksen eenduidig het besluit kan worden genomen of zich een onjuiste nummering heeft voorgedaan. Voor het opsporen van extreme waarden is gevonden dat een beduidend ionenbalansverschil en beduidend verschil tussen gemeten en berekend geleidingsvermogen (Stuyfzand, 1987) een aanwijzing geven voor een extreme waarneming. Als eenmaal vaststaat dat zich een onregelmatigheid in de ionenbalans en/of een groot verschil tussen gemeten en berekend geleidingsvermogen voordoet wordt aan de hand van ionenbalans, verschil tussen gemeten en berekende geleidbaarheid, de resultaten van de berekeningen voor het opsporen van extreme waarden en de inspectie van het verloop in de tijd van alle componenten, uitgemaakt welke waarneming een extreme afwijking is. Vervolgens zijn de waarnemingsreeksen nader geanalyseerd en is besloten of de extreme waarneming een uitbijter is.



Figuur . 1.3.B: Schema van de empirische methode voor het opsporen van extreme waarden.

### 1.3.1 Resultaten

De procedures hebben geleid tot het eindresultaat dat in tabel 1.3.1.A is weergegeven.

Tabel 1.3.1.A: Resultaten van het onderzoek naar afwijkingen in het bestand van het LMG

Soort afwijking	aantal afwijkingen	aantal onderzochte waarnemingen	percentage
verwisselingen (identieke, verwisselde en omgewisselde nummeringen)	1699	468898	0.36
extreme afwijkingen	263	213072	0.12
totaal percentage afwijkingen			0.49

In tabel 1.3.1.A valt op dat het percentage afwijkingen als gevolg van identieke-, verwisselde-, omgewisselde nummers van monsters circa drie maal zo groot is als het aantal extreme afwijkingen. De oorzaak hiervan is dat bij onjuiste nummeringen van monsters per geval het aantal afwijkingen circa twintig (één afwijking per component die in het monster is bepaald) bedraagt.

Uit het onderzoek is gebleken dat het niet makkelijk is om afwijkingen met formeel statistische methoden op te sporen en daarom zijn empirische methoden gebruikt. voor zover nagegaan bedraagt het totaal aantal afwijkingen circa 0,5%. Dit percentage is laag.

## 2 MINIMAAL AANTAL WAARNEMINGEN IN EEN TIJDREEKS EN AANTAL WAARNEMINGEN IN ONDIEP EN MIDDELDIEP GRONDWATER VERGELIJKBAAR

Gecontroleerd is of een put waarnemingen omvat uit een aaneengesloten reeks van vier jaar aan het einde van de periode 1984-2000. Deze continuïteits-eis is gesteld om enig inzicht te hebben in de variatie van de concentraties en op grond daarvan eventueel extreme afwijkingen te kunnen elimineren.

Gecontroleerd is of er van een filter van een waarnemingsput gegevens van zowel het ondiepe als het middeldiepe dieptetraject beschikbaar is. Hiermee wordt bereikt dat de aantallen waarnemingen waaruit voor ondiep en middeldiep grondwater statistische maten worden berekend vergelijkbaar zijn en daardoor de maten beter vergelijkbaar zijn. Bij Zuid-Limburg kon niet aan deze voorwaarde worden voldaan omdat er dan geen waarnemingen meer zouden zijn geselecteerd.

## 2.1 RESULTAAT

Na controle is van de 962 waarnemingspunten 612 (69%) waarnemingspunten voldeden aan de criteria.

## BIJLAGE 3

## INTER- EN EXTRAPOLATIE VAN WAARNEMINGSTIJDREEKSEN

Voor de vergelijkbaarheid van de landelijke beelden van verschillende jaren moeten waarnemingen van de daarvoor aangewende waarnemingsputten per beschouwd planjaar telkens aanwezig zijn. Om de gevergeerde continuïteit te bereiken zijn waarnemingsreeksen waar nodig geïnterpoleerd of geëxtrapoleerd. Omdat de basis-frekwentie van de bemonstering in het LMG vanaf de optimalisatie in 1997 eens in de vier jaar bedraagt zijn waarnemingsreeksen van zowel LMG als PMG tot maximaal twee jaar geëxtrapoleerd. Omdat de optimalisatie vooral betrekking had op putten waar in de tijd de waarnemingen weinig varieerden is een dergelijke relatief lange verlengingsperiode te billijken. Als aan het einde van een reeks waarnemingen ontbreken worden, uitgaande van de meest recente waarneming, data tot maximaal twee jaar geëxtrapoleerd. Bij het overbruggen van onderbrekingen in een reeks van waarnemingen zijn ook preferent waarnemingen geëxtrapoleerd. Als de periode langer is dan twee jaar, worden tot maximaal twee jaar vanuit de meest recente sub-serie data terug-geëxtrapoleerd. Door de inter- en extrapolaties ontstaan aaneengesloten waarnemingsreeksen waarin één of meerdere waarnemingen zijn geëxtrapoleerd. In tabel 1.A is voor het LMG en de PMG voor chloride en cadmium als voorbeeld het percentage waarnemingsreeksen per aantal geëxtrapoleerde waarnemingen opgegeven. Het aantal en percentage geëxtrapoleerde waarnemingen is tevens berekend op basis van het aantal waarnemingen. Voor het LMG bestaat voor chloride circa 10% uit geëxtrapoleerde waarnemingen en voor de PMG is dit 37%. Voor cadmium zijn de percentages circa 20 en 31%.

Als tijdreeksen nodig waren voor het vaststellen van dalingen of stijgingen zijn de gegevens van uitsluitend het LMG gebruikt, omdat daarvan over de jaren per waarnemingsput de meeste waarnemingen beschikbaar zijn. Voor het vaststellen van de verandering en correlaties is uitgegaan van waarnemingsreeksen van het LMG waarin in ieder geval een waarneming van 2000 aanwezig is.

*Tabel 1.A: Overzicht van extra waarnemingen per waarnemingsreeks voor waarnemingen en waarnemingsreeksen van het grondwater uit het eerste filter van waarnemingspunten; voorbeelden chloride en cadmium*

## inter- en extrapolatie van waarnemingsreeksen

N int/ex per waarn.reeks	Cl				Cd			
	LMG		PMG		LMG		PMG	
	N waarn.r	%	N waarn.r	%	N waarn.r	%	N waarn.r	%
	int/ex		int/ex		int/ex		int/ex	
0	169	44.7	37	8.8				
1	28	7.4	5	1.2	182	51.9		
2	56	14.8	35	8.3	25	7.1	77	18.5
3	55	14.6	59	14.0	48	13.7	59	14.2
4	26	6.9	93	22.1	48	13.7	85	20.4
5	28	7.4	86	20.5	27	7.7	27	6.5
6	10	2.6	47	11.2	17	4.8	55	13.2
7	2	0.5	30	7.1	3	0.9	30	7.2
8	2	0.5	13	3.1	1	0.3	14	3.4
9	2	0.5	15	3.6			15	3.6
10							18	4.3
11							36	8.7
12								
13								
14								
Totaal	378	100	420	100	351	100	416	100

## inter- en extrapolatie van waarnemingen

N int/ex per waarn.reeks	waarnemingen				Cd			
	Cl		PMG		LMG		PMG	
	N waarn	N int/ex	N waarn	N int/ex	N waarn	N int/ex	N waarn	N int/ex
0	3042	0	481	0				
1	504	28	65	5	2184	182		
2	940	112	365	70	295	50	887	154
3	956	165	626	177	571	144	630	177
4	452	104	1097	372	567	192	742	340
5	490	140	893	430	321	135	218	135
6	152	60	566	282	202	102	699	330
7	32	14	382	210	36	21	382	210
8	36	16	169	104	12	8	182	112
9	35	18	185	135			185	135
10							234	180
11							468	396
Totaal	6639	657	4829	1785	4188	834	4159	1773
% int/Ex		9.9		37.0		19.9		42.6
% int/Ex totaal				21.3				31.2

## BIJLAGE 4

## GEOGRAFISCHE INFORMATIE

## 1 GRONDSOORT

De grondsoortenkaart met een resolutie van 500 x 500 m<sup>2</sup> is uit de digitale bodemkaart 1:50.000 (Vries en Denneboom, 1992) afgeleid. Hierbij is gebruik gemaakt van de hoofdingeling van de bodemkaart. De grondsoort in de stedelijke gebieden zijn van de kaart met fysisch-geografische gebieden geïnterpoleerd. De grondsoort op de plaats van niet gekarteerde gebieden in de grondsoortenkaart (voornamelijk de steden) is ontleend aan de kaart met fysisch-geografische gebieden. Onderscheiden zijn de grondsoorten (laag-)veen, zand, moerige zandgrond, zeeklei, rivierklei, löss/leem en oude klei (zie figuur 1.A.). De grondsoort die voor een locatie uit de digitale grondsoortenkaart is afgeleid, is gebruikt als grondsoortattribuut voor alle filters van een waarnemingsput.

## 2 GRONDGEBRUIK

Het grondgebruik (zie figuur 2.A) per meetpunt is afgeleid uit het Landelijk Grondgebruiksbestand Nederland versie 3 (LGN3). Voor de derde versie is door De Wit et al. van het voormalige DLO-Staring Centrum (heden Alterra) uitgegaan van de basisbestanden van LGN2. LGN3 is ten opzichte van LGN1 en LGN2 verbeterd door een verbeterde classificatiemethode toe te passen en door gebruik te maken van meerdere informatiebronnen zoals: satellietbeelden (LGN2 en nieuwe satellietbeelden uit 1995 en 1997), de topografische vector-kaart 1:10.000 en eigendomsbestanden van Staatsbosbeheer en Natuurmonumenten (Wit et al., 1999). Voor de klassen gras, maïs, bieten en granen bedraagt de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid tenminste 70% en veelal meer dan 80% (maximaal haalbare classificatieresultaat 85-90%). De klasse aardappelen laat een lagere nauwkeurigheid van circa 60% zien. Door de hoge nauwkeurigheid en betrouwbaarheid behoefde geen mengklassen te worden onderscheiden. In het LGN-3 zijn 26 klassen onderscheiden. De schaal is 25 x 25 m<sup>2</sup>.

## 2.1 AGGREGATIE VAN KLASSEN VAN GRONDGEBRUIK

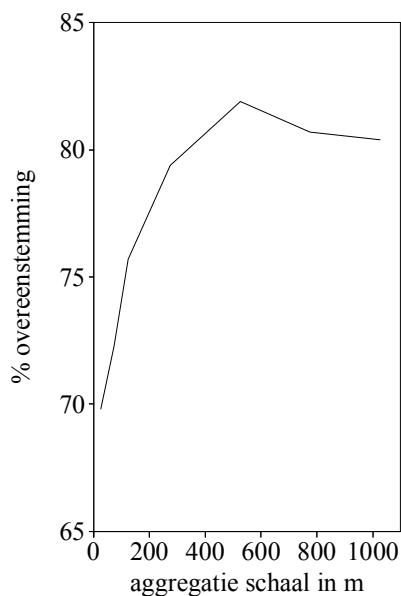
Om praktische redenen is het aantal grondgebruiksklassen teruggebracht tot zes (Drecht et al., 1994 p. 53). Gras en maïs zijn als één klasse gegroepeerd omdat deze meestal op één bedrijf met elkaar worden afgewisseld en daardoor is de ligging van een maïspaneel van jaar tot jaar verschillend en kan niet met één satellietbeeld worden vastgesteld. Bovendien worden zowel gras als maïs intensief bemest. Voor het klei-veengebied is de klasse gras/maïs aangeduid met gras omdat volgens LGN3 de klasse gras/maïs in het klei-veengebied enkele procenten maïs bevat. In tabel 2.1.A is aangegeven welke LGN-grondgebruiksklassen voor de verder gehanteerde zes klassen van grondgebruik zijn geaggregeerd.

Tabel 2.1.A: Aggregatie van het LGN-bestand tot zes klassen van grondgebruik

grondgebruik	LGN-grondgebruiksklassen
nvt	buitenland, zout water
gras/maïs	gras, maïs
akkerbouw	aardappelen, bieten, graan en overige landbouwgewassen
tuinbouw	glastuinbouw, boomgaard en bollenteelt
bos&natuur	loofbos, naaldbos, droge heide, overig open begroeid natuurgebied, kale grond in natuurgebied
bebouwd	stedelijk bebouwd gebied, bebouwing in buitengebied, loofbos in bebouwd gebied, naaldbos in bebouwd gebied, bos met dichte bebouwing, gras in bebouwd gebied, kale grond in bebouwd buitengebied, hoofdwegen en spoorwegen, bebouwing in agrarisch gebied
water	zoet water

## 2.2 REPRESENTATIEF GRONDGEBRUIK NABIJ EEN WAARNEMINGSPUT.

Het grondgebruikattribuut (GGA) is bij de inrichting van het LMG bepaald. Voor het LMG is zodoende een GGA bekend maar voor andere waarnemingsputten ontbreekt het GGA vaak. Mede daardoor was het nodig om het GGA op een andere wijze vast te stellen. Hiervoor is het geaggregeerde grondgebruikklasse (tabel 2.1.A) van het LGN3 gebruikt. Het LGN3 heeft een resolutie van  $25 \times 25 \text{ m}^2$ . Uit dit bestand is met een vierkant venster met een variabele grootte ( $25 - 1025 \text{ m}$ ) een verdeling van zes geaggregeerde grondgebruiksklassen vastgesteld. Het GGA is het representatieve grondgebruik dat op een vergelijkbare wijze als in paragraaf 2.1 is aangegeven uit de verdeling van LGN3 is afgeleid. Voor het LMG kan worden vastgesteld wat de overeenstemming is tussen het GGA bij de inrichting van het LMG en het GGA dat op basis van het LGN is afgeleid. Het blijkt dat overeenstemming samenhangt met de aggregatie van gridcellen van het LGN. De kans is groot dat een GGA dat is afgeleid voor een schaal van  $25 \times 25 \text{ m}^2$  afwijkt van het GGA bij inrichting van het LMG. Dit wordt bijvoorbeeld veroorzaakt doordat voor de toegankelijkheid de waarnemingsputten van het LMG vooral bij randen van percelen en in de berm van toegangswegen zijn geplaatst. Hierdoor stijgt de kans dat het uit het LGN vastgestelde GGA bebouwd is. Als het GGA op een grovere schaal wordt vastgesteld is het verkregen GGA representatief voor een grotere oppervlakte. Daardoor wordt de overeenstemming met het GGA uit de inrichting van het LMG beter. Een optimale overeenstemming wordt verwacht als de aggregatie van het LGN uitkomt op het niveau van de gemiddelde bedrijfs grootte in Nederland. De invloed van de aggregatieschaal op de overeenstemming is weergegeven in Figuur 2.2.A.



*Figuur 2.2.A: Percentage overeenstemming van het grondgebruik uit LGN3 met het grondgebruik uit het LMG-bestand bij verschillende aggregatie-schalen.*

Uit Figuur 2.2.A blijkt dat maar bij een aggregatieschaal van rond de  $500 \times 500 \text{ m}^2$  een optimum wordt gevonden. Deze bevinding bevestigt de verwachting dat een optimale overeenstemming wordt gevonden als de aggregatie van het LGN de gemiddelde perceels-grootte in Nederland benadert. Gelet op dit resultaat is verder uitgegaan van een bestand van het LGN dat van  $25 \times 25 \text{ m}^2$  tot  $500 \times 500 \text{ m}^2$  schaal is geaggregeerd.



### 2.3 GRONDGEBRUIK IN INTREKGEBIED VAN EEN FILTER VAN EEN WAARNEMINGSPUT.

Van Drecht et al. hebben onderzocht of de ligging en grootte van het intrekgebied invloed heeft op de spreiding van de gemeten concentratie in het grondwater per grondgebruiksvorm. Deze invloed is toen niet gevonden (Van Drecht et al., 1994). Omdat een dergelijke invloed ontbreekt is besloten om het grondgebruik recht boven een waarnemingsput representatief te stellen voor een waarnemingsput in een gridcel van 500x500 m<sup>2</sup>.

Een waarnemingsput heeft echter drie filters. Van de drie filters zijn het eerste en het derde filter regelmatig bemonsterd en de monsters geanalyseerd. In principe zou daarom bij het eerste en derde filter het GGA moeten worden vastgesteld. Voor het eerste filter zijn doorgaans voldoende hydrologische gegevens beschikbaar om vast te stellen wat het intrekpunt is en daarbij het bijbehorende GGA te bepalen. Voor het derde filter ligt dit anders en is bijna geen GGA vast te stellen. Het GGA dat voor het eerste filter is gevonden is ook aan het derde filter toegekend. Omdat de grondwaterkwaliteit niet op basis van waarnemingen van één put maar op basis van meerdere waarnemingsputten uit een gebied is vastgesteld en is opgevat als een resultante van waarnemingen in putten waarvan de locatie aselekt is gekozen, wordt aangenomen dat het grondgebruiksattribuut dat voor het eerste filter is bepaald gemiddeld ook het juiste GGA is voor het derde waarnemingsfilter.

### 2.4 ONZEKERHEID GRONDGEBRUIK

Het GGA is per waarnemingsput vastgesteld. Het grondgebruiksattribuut is voor het eerst bepaald bij de inrichting van het LMG (GGA<sub>inr</sub>). Het attribuut is vastgesteld op basis van criteria en een procedure die indertijd niet zijn vastgelegd. In 1999 is het GGA uit het LGN1 en LGN3 vergeleken met het GGA<sub>inr</sub> en daaruit bleek dat in 33% van de gevallen een verschil wordt gevonden. Hierdoor is twijfel ontstaan over de nauwkeurigheid van dit GGA<sub>inr</sub>. Om de twijfel weg te nemen is besloten om de criteria en de procedures voor het vaststellen van het GGA<sub>inr</sub> aan de hand van historische kennis opnieuw vast te leggen en op basis daarvan het GGA opnieuw met topografische kaarten uit de periode 1964-1974 (GGA<sub>inr-nw</sub>) te bepalen. Het GGA<sub>inr</sub> is vergeleken met het GGA<sub>inr-nw</sub> en in 98% van de gevallen is een overeenstemming gevonden (286/292). Dit percentage is zo hoog dat niet voor alle waarnemingsputten het GGA<sub>inr-nw</sub> is vastgesteld maar alleen voor die gevallen waar de oude topografische kaarten direct van aanwezig waren. Verder blijkt dat het GGA<sub>inr</sub> nauwkeurig is omdat bij het opnieuw vastleggen door een geheel ander persoon om en nabij hetzelfde GGA wordt vastgesteld.

Verder is het GGA nog eens vastgesteld met topografische kaarten uit de periode 1993-1998 (GGA<sub>nw</sub>). Het GGA<sub>nw</sub> is vergeleken met het GGA<sub>inr</sub> en nu is gevonden dat in 300 van de 344 gevallen overeenstemming bestaat zodat het percentage overeenkomst 87% bedraagt. Dit percentage is lager omdat de nieuwere topografische kaarten minder goed aansluiten bij de situatie ten tijde van de inrichting van het LMG.

Voor de vergelijking van GGA<sub>inr</sub> met LGN1 en LGN3 zijn percentages van respectievelijk 80% (275/344) en 79,4% (273/344) gevonden (Kuiphof, 2000). De vergelijking van GGA<sub>inr-nw</sub> met LGN1 en LGN3 leverde percentages van respectievelijk 81,4% (280/344) en 81,1% (279/344) op (Kuiphof, 2000). Deze laatste percentages zijn wat hoger omdat de nieuwere topografische kaarten beter aansluiten bij de huidige situatie die met LGN1 en LGN3 zijn vastgesteld.

Hoewel tussen het GGA<sub>inr</sub> en het GGA uit LGN1 en LGN3 voor circa 20% van elkaar verschillen is er voor gekozen om het GGA te gebruiken dat uit LGN3 is afgeleid. LGN3 is verder gebruikt omdat daarmee voor elke willekeurige plaats in Nederland een GGA kan worden afgeleid. Dit is vooral nuttig als data moeten worden gebruikt van de Provincies omdat in de bestanden daarvan het GGA door-

gaans ontbreekt. Verder kan het GGA uit LGN met de computer worden afgeleid en kan de procedure volgens welke het GGA wordt afgeleid éénduidig worden vastgelegd.

### 3 ECO-DISTRICTEN

De waarnemingen van het meetnet zijn ook geclassificeerd naar het eco-districtgroepen. De indeling van Nederland in eco-districten is gebaseerd op geologie en geomorfologie (Klijn, 1988). Door Klijn is Nederland in ecodistricten ingedeeld om aan te geven welke gebieden kwetsbaar zijn voor de invloed op het grondwater van onder andere verzuring en vermesting. In tabel 3.A staan de namen, codes en nummers van de eco-districten.

*Tabel 3.A: Indeling in eco-districten*

nr1	nr2	code	district (extra plaatsaanduiding)
1	101	L1	krijtgebied (Zuid-Limburg)
2	102	L2	lössgebied (Zuid-Limburg)
3	201	P1	stuwwallen complex (bijv. Veluwe, Utrechtse Heuvelrug)
4	202	P2	geïsoleerde stuwwallen (bijv. Holterberg)
5	203	P3	keileemplateau (Drenthe)
6	204	P4	pleistocene opduikingen (bijv. Gaasterland)
7	205	P5	overige keileemgebieden (Achterhoek, Twente)
8	206	P6	horsten (o.a. de Peelhorst)
9	207	P7	oude rivierterrassen (Maasterrassen)
10	208	P8	zuidwestelijk zandgebied (westelijk Noord-Brabant)
11	209	P9	oostnederlands dekzandgebied
12	210	P10	glaciaal bekken (Gelderse Vallei)
13	211	P11	puinwaaier landschap (Veluwezoom)
14	212	P12	hoogveenlandschap (Veenkoloniën, De Peel)
15	213	P13	beekdalcomplexen (noordoost Nederland)
16	214	P14	Centrale Slenk (midden Noord-Brabant)
17	301	D1	kalkrijke duinen
17	302	D2	kalkarme duinen
18	401	H1	strandwallengebied (achter de duinen)
19	402	H2	rivierengebied
20	403	H3	jonge indijkingen
21	404	H4	zeeklei-inversie-landschap
22	405	H5	laagveengebied
23	406	H6	droogmakerijen (bijv. Haarlemmermeer)
24	407	H7	polders (bijv. Noord-Oost-Polder)
25	408	H8	deltagebieden (Biesbosch, IJsseldelta)
26	505	W5	verzoete zeearm (Lauwersmeerpolder)
27	999	S	stedelijk gebied (grote steden)

In figuur 3.A zijn eco-districten getekend. De indeling in eco-districten is complex en veel eco-districten komen versnipperd voor. De onzekerheid in het %OBS per eco-district hangt af van het aantal waarnemingen per eco-district. In 9 van de 28 districten is het aantal waarnemingsputten kleiner dan 10. Hierdoor is de onzekerheid van het %OBS per eco-district te groot zodat de vergelijking van eco-gebieden onderling tot inconsistente conclusies leidde. Daarom zijn eco-districten omgezet in eco-districtgroepen.

### 4 ECO-DISTRICTGROEPEN

De eco-districten zijn samengevoegd tot eco-districtgroepen om het aantal waarnemingspunten per gebied op groter dan 10 te brengen. In figuur 4.A zijn de eco-districtgroepen getekend. In tabel 4.A

zijn namen, codes en nummers van de eco-districtgroepen en de code van Klijn van de eco-districten waaruit de groepen zijn samengesteld aangegeven.

Tabel 4.A: Indeling in eco-districtgroepen

nr	eco-districtgroep	eco-district (Klijn-code)
1	Duinen en strandwallen	D1, D2, H1
2	Laagveengebieden	H5
3	Polders en droogmakerijen	H6, H7
4	Zeekleigebieden	H3, H4, H8, W5
5	Rivierengebied	H2
6	Beekdalcomplexen	P13
7	Hoogveengebied	P12
8	Gelderse Vallei en Veluwezoom	P10, P11
9	Oostelijk dekzandgebied met geïsoleerde stuwwallen	P2, P9
10	Keileengebieden	P3, P4, P5
11	UtrechtseHeuvelrug en Veluwe	P1
12	Centrale Slenk	P14
13	Zuidwestelijk zandgebied	P8
14	Peelhorst en oude rivierterrassen	P6, P7
15	Krijt- en lössgebied	L1, L2

Bij het samenvoegen is er op gelet dat eco-districten qua kwetsbaarheid van Klijn vergelijkbaar zijn. Bovendien is rekening gehouden met overeenkomst van de %OBS. Voor het ecodistrict geïsoleerde stuwwallen is hiervan afgeweken. Dit eco-district past het best bij de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe maar is samengevoegd met het oostelijk zandgebied. Het percentage oppervlakte met landbouw van dit district is hoog (54%) hetgeen leidt tot een hoog %OBS (circa 70%). Op grond van dit hoge %OBS is het beter om dit district bij het oostelijk zandgebied te voegen. Het stedelijk gebied is een eco-district dat over het hele land is verspreid. Hierdoor is de grondwaterkwaliteit van dit eco-district zeer variabel hetgeen het landelijke beeld verstoort. Daarom is eco-district stedelijk gebied opgelost in de aangrenzende eco-districten. Het resultaat van de procedure is dat de meeste de eco-districtgroepen meer dan 20 waarnemingsputten bevatten. In de eco-districtgroep krijt en lössgebied is het aantal waarnemingspunten desondanks circa 10.

## 5 ECO-REGIO'S

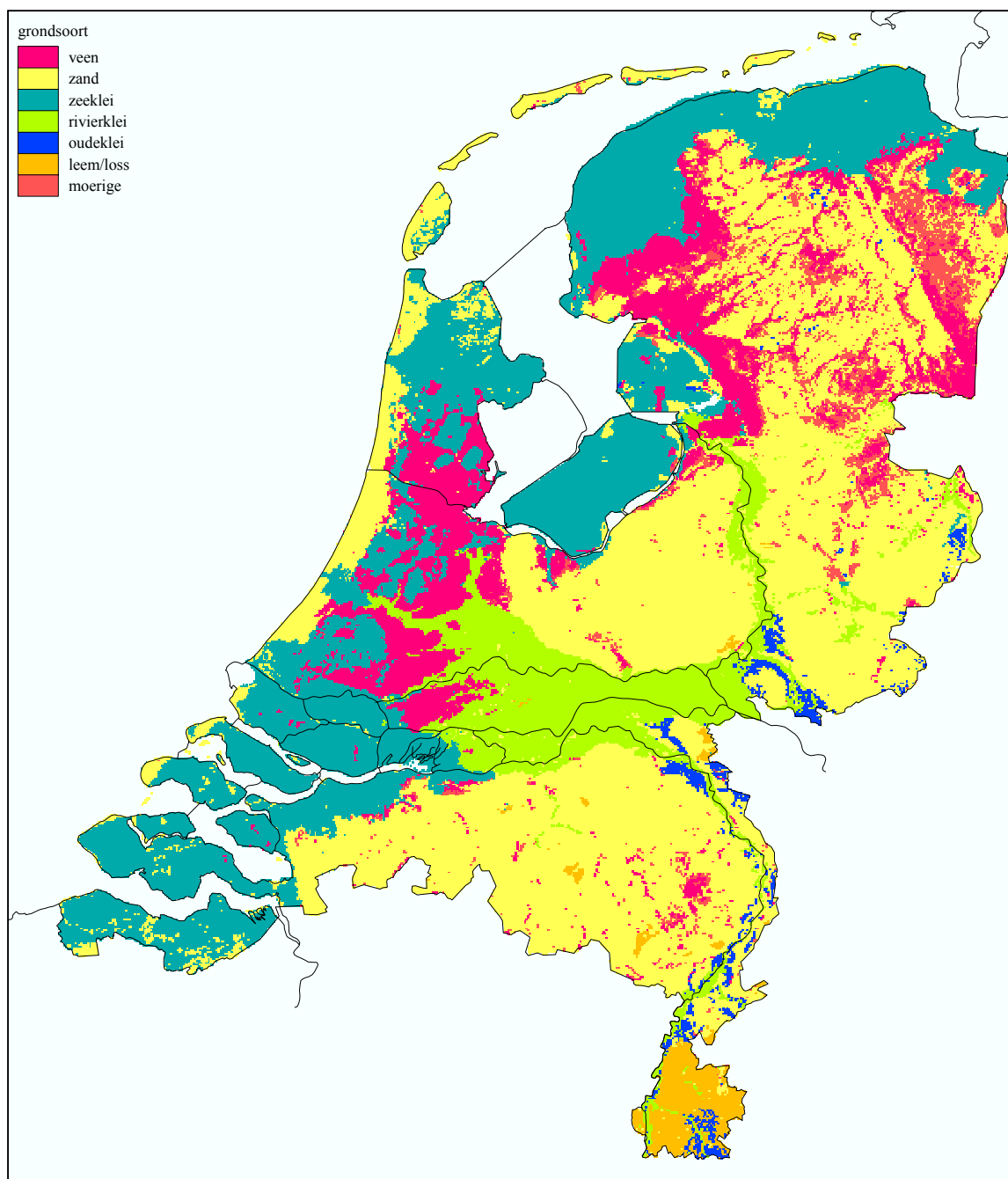
Overeenkomend met de doelstellingen van het meetnet zijn voor het beschrijven van de grondwaterkwaliteit de waarnemingen gegroepeerd naar combinatie van grondgebruik (LGN3), grondsoort (bodemkaart) en dieptetraject. Bij het groeperen is nagegaan of per groep voldoende waarnemingen beschikbaar zijn. Het aantal bleek bij een indeling naar eco-regio's voldoende. De indeling naar eco-regio's is ook gekozen om rekening te houden met het onderscheid in belasting tussen bijvoorbeeld de zandgebieden en het duinen- en strandwallengebied. De eco-regio's zijn weergegeven in figuur 5.A. In tabel 5.A is de aggregatie van eco-districten tot grotere gebieden samengevat. In tabel 5.A zijn weer de nummers, namen en codes van de eco-districten en de eco-regio's opgenomen. De indeling in eco-regio's sluit nauw aan bij de indeling van Nederland in fysisch-geografisch gebieden zoals die is gegeven in het natuurbeleidsplan uit 1990 (LNV, 1990) en lijkt veel op de grondsoortenkaart. In grote lijnen zijn in de eco-regio-indeling, hoog en laag Nederland, het rivierengebied en de duinen en strandwallen te onderscheiden. Omdat de eco-regio's groter zijn, zijn per gebied meer waarnemingen beschikbaar en navenant de betrouwbaarheidsintervallen kleiner dan bij indeling eco-districtgroepen.

*Tabel 5.A:**Indeling in eco-regio's op basis van de eco-districten (Klijn, 1988; LNV, 1990)*

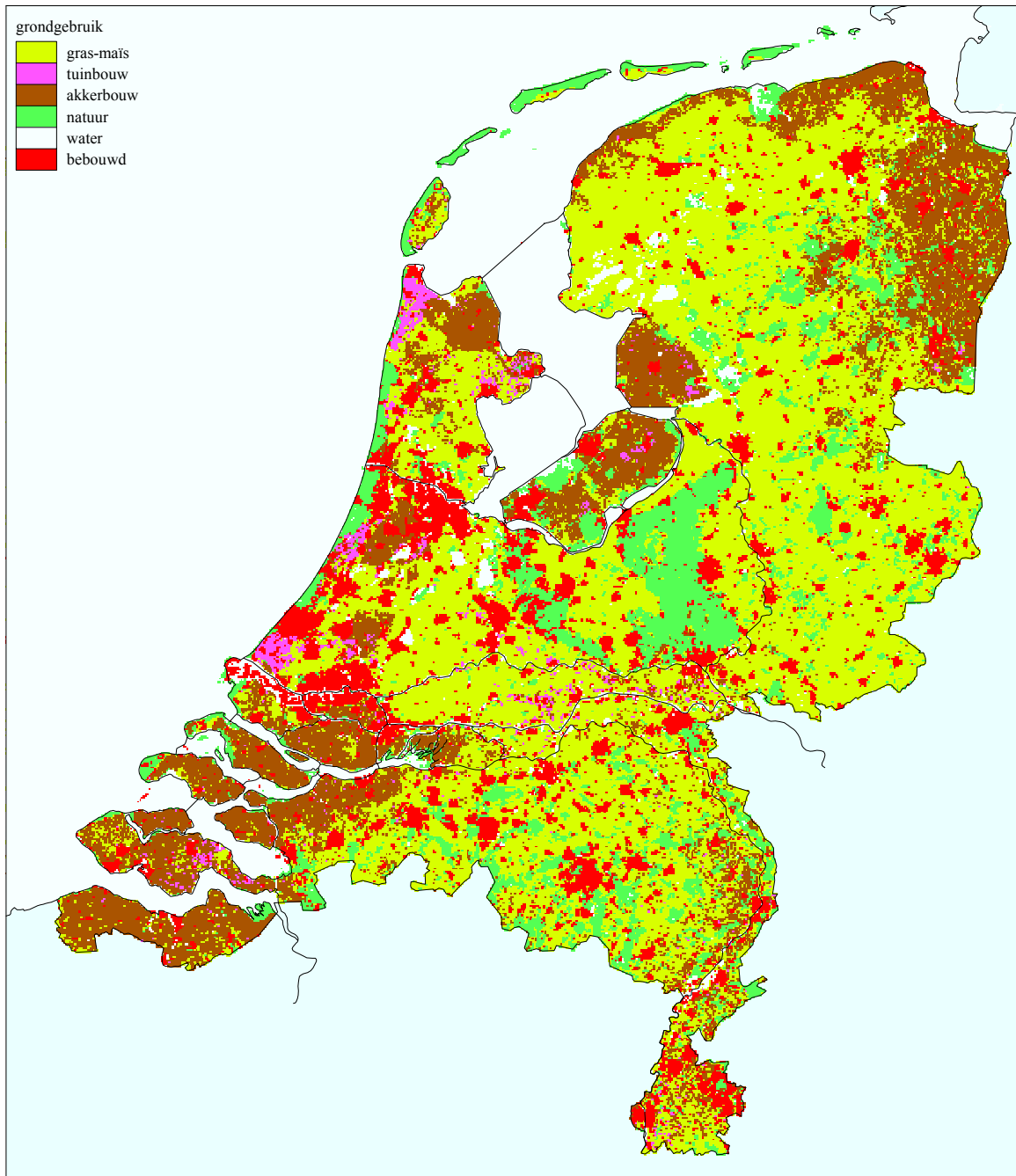
nr	eco-regio's	eco-district (Klijn-code)
1	krijt- en lössgebied	L1, L2
2	zandgebieden	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8,P9, P10, P11, P12, P13, P14, H3, H4, H5, H6, H7, H8, W5
3	rivierengebied	H2
4	duinen en strandwallen	D1, D2, H1

## 6 INDELING VAN NEDERLAND IN NOORD, MIDDEN, WEST EN ZUID

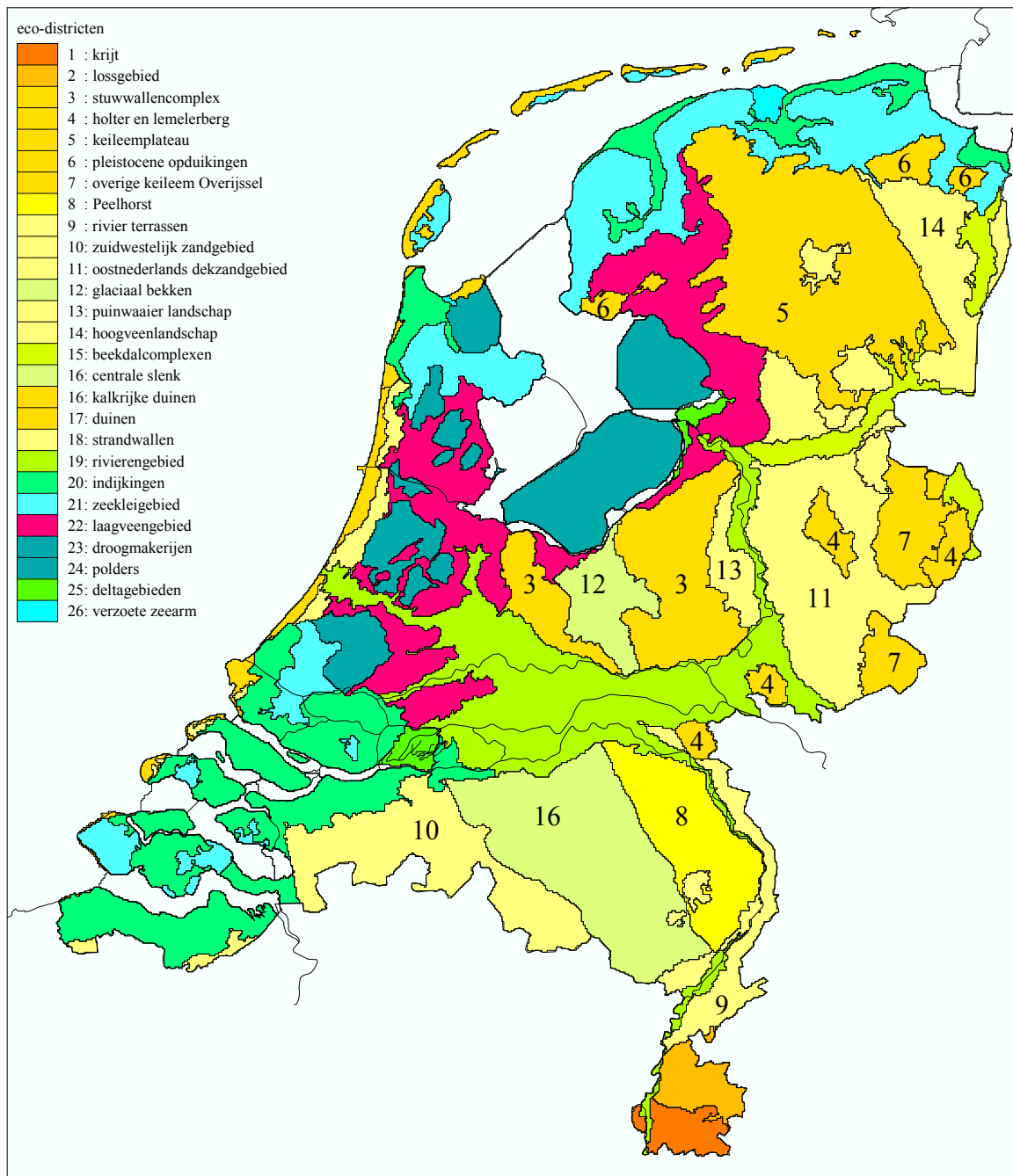
Nederland is tenslotte nog ingedeeld noord, midden, west en zuid Nederland. De indeling is gebruikt voor de overzichtelijke presentatie van tijdreeksen van percentages waarnemingen boven de streefwaarde voor de onderscheiden eco-districtgroepen. De indeling is weergegeven in figuur 6.A.



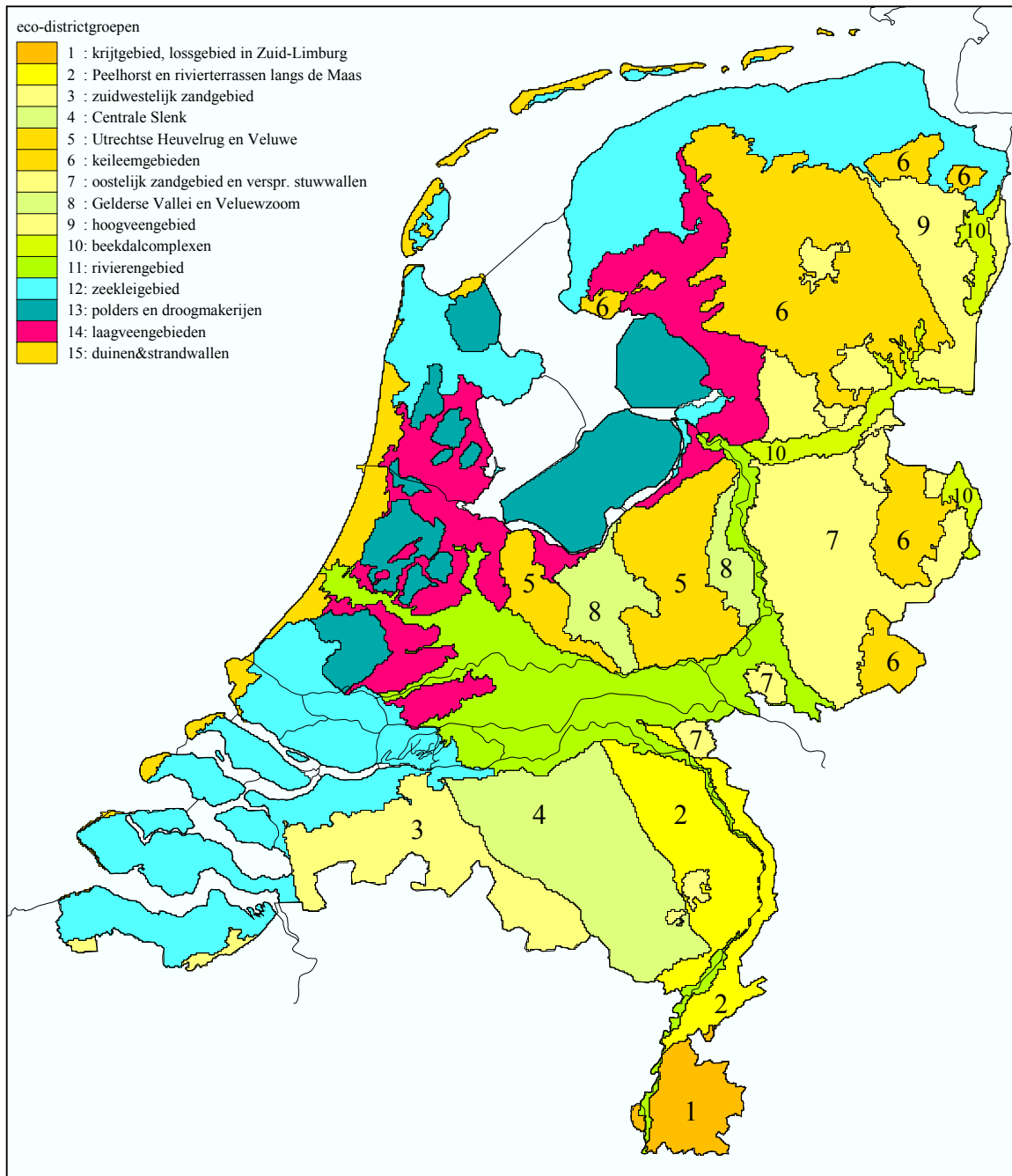
*Figuur 1.A: Gronsoorten van de bodemkaart 1:250000.*



*Figuur 2.A: Grondgebruik (LGN3, 1997).*

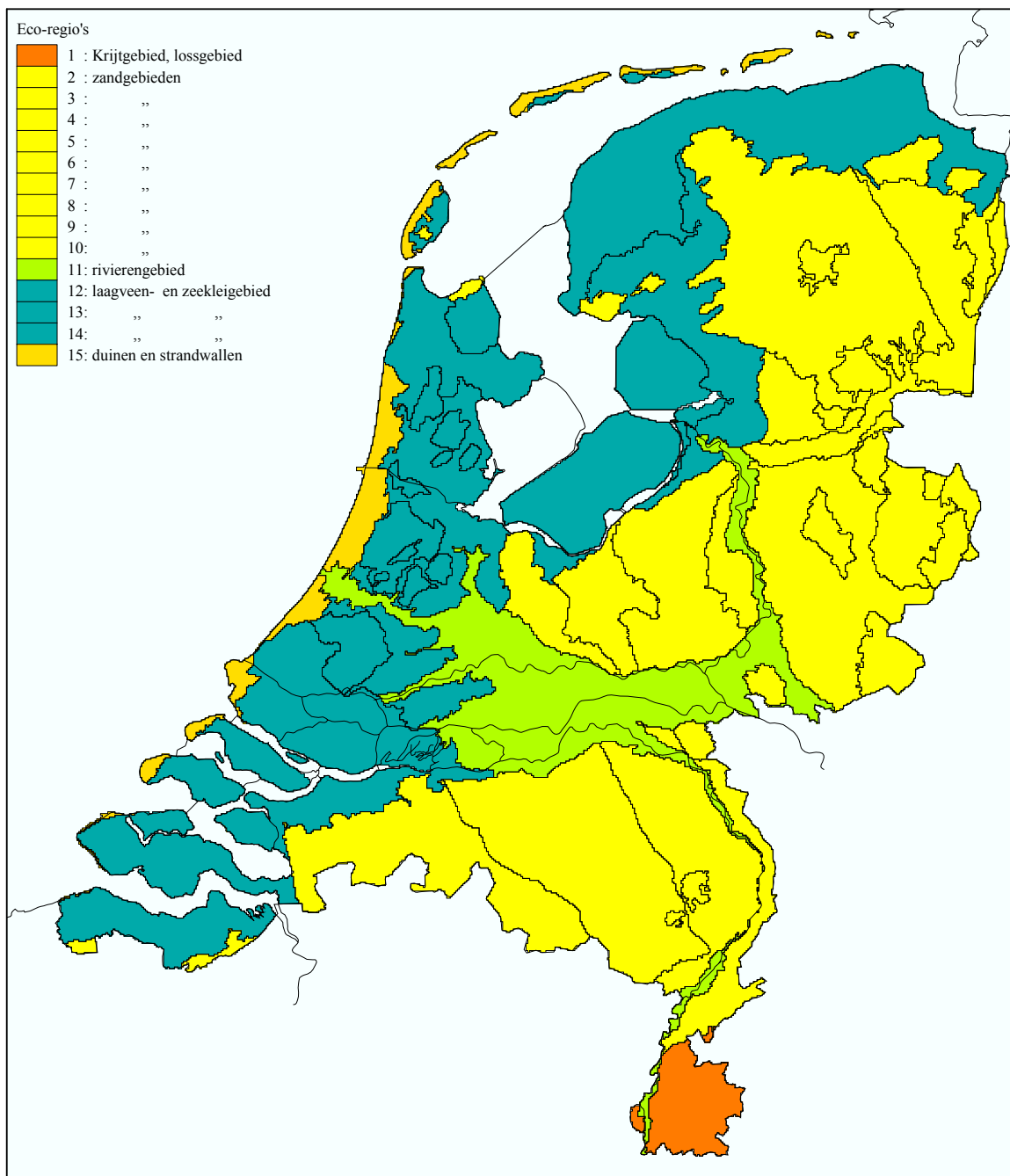


Figuur 3.A: Eco-districten (Klijn, 1988).

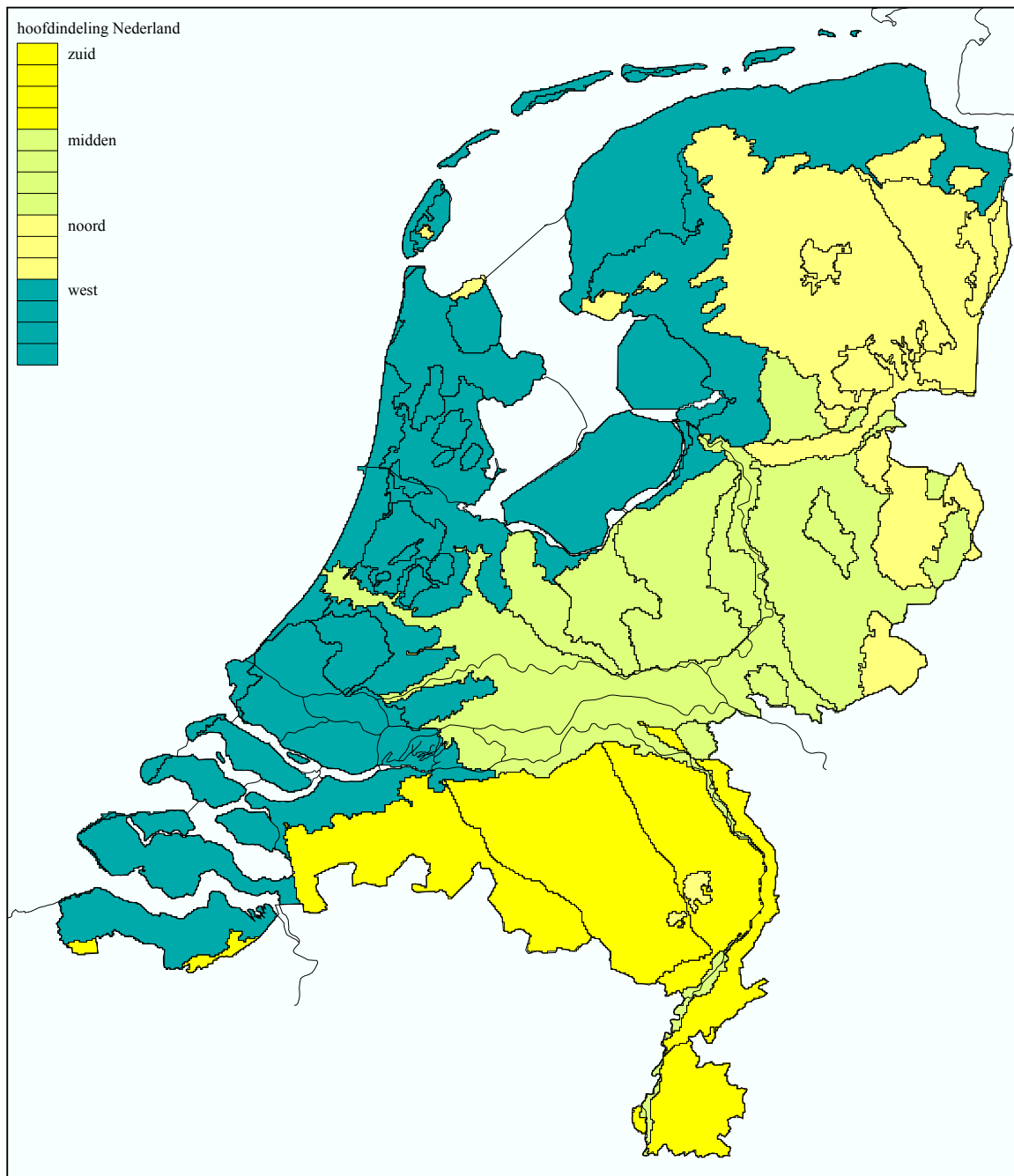


*Figuur 4.A: Eco-districtgroepen op basis van de eco-districten.*





*Figuur 5.A: Groeperen van eco-districten naar eco-regio's.*



*Figuur 6.A: Groeperen van eco-districten naar noord, midden, west en zuid Nederland.*

## BIJLAGE 5

## REPRESENTATIVITEIT

De waarnemingen zijn ingedeeld naar gebieden. Hiervoor zijn kaarten van eco-districtgroepen en eco-regio's gebruikt. De basis van de eco-districtgroepen zijn de eco-districten. Eco-districten zijn gebieden die ruimtelijk homogeen zijn voor wat geologische, geomorfologische en mesoklimatologische kenmerken en kenmerken van de diepe grondwaterstromen (zie eco-districten Klijn, 1988). De eco-regio's zijn gekozen als hoogste schaalniveau waarop een indeling binnen Nederland nog zinvol is. De eco-districtgroepen en eco-regio's zijn niet homogeen wat grondsoort en grondgebruik betreft. Een steekproef is representatief als alle waarnemingen dezelfde kans hebben om in de steekproef te worden vertegenwoordigd. De steekproef moet zogenaamd aselekt worden samengesteld. De representativiteit is voor eco-districtgroepen en combinaties van grondsoort, grondgebruik en eco-regio's nagegaan.

## Eco-districtgroepen

De representativiteit van de waarnemingen per eco-districtgroep is onderzocht door:

1. de verdeling van waarnemingen over de hoofdvormen van grondgebruik (natuur, landbouw en bebouwd) te vergelijken met de verdeling van het grondgebruik in LGN3.
2. de verdeling van waarnemingen over de eco-districtgroepen te vergelijken met de verdeling van oppervlakten over de bijbehorende groepen.

Uit de vergelijking van de hoofdvormen van grondgebruik met de verdeling van het grondgebruik in LGN3 blijkt dat in de meeste ecodistrictgroepen het percentage waarnemingsputten met het grondgebruik landbouw niet meer dan 21% afwijkt van het percentage oppervlakte met landbouw. In het krijten en lössgebied is in de grondwaterkwaliteitswaarnemingen landbouw oververtegenwoordigd. Van deze verschillen zijn geen grote consequenties te verwachten. In het algemeen zijn de groepen waarnemingen per gebied representatief voor het percentage landbouw per gebied. In sommige eco-districten zoals het verspreide stuwwallengebied leidt de oververtegenwoordiging tot een kleine verschuiving van de classificatie van de grondwaterkwaliteit.

Het aantal en percentage waarnemingen per eco-districtgroep en het percentage oppervlakte ten opzichte van Nederland is samengevat in tabel A. Uit de tabel blijkt dat de verdeling van de percentages waarnemingen netjes met de verdeling van percentages oppervlakten overeenkomt.

## Groepen

De representativiteit van de indeling naar grondsoort, grondgebruik en eco-regio's voor de schaal Nederland is onderzocht door:

1. in kaarten met de gebieden voor de belangrijkste combinaties van grondgebruik, grondsoort en eco-regio met het gebied ook de waarnemingsputten af te beelden (zie daarvoor ook nog in het hoofdrapport figuur 2.3.B.c-i) en;
2. de verdeling van waarnemingen over de groepen te vergelijken met de verdeling van oppervlakten over de bijbehorende groepen.

Uit de kaart in figuur 2.3.B.g in het hoofdrapport blijkt dat van gras en maïs op zandgrond in de zandgebieden het aantal waarnemingsputten voldoende groot is. Het aantal waarnemingsputten in de Gelderse vallei is aan de hoge kant en het aantal in het oostelijke deel van Noord Brabant en het noordelijke deel van Limburg is gering. Over het geheel genomen zijn de waarnemingsputten goed gespreid over de gebieden met een bepaalde combinatie van grondsoort, grondgebruik en eco-regio. Het aantal

en percentage waarnemingen per groep is samengevat in tabel B. Gras en maïs zijn samengenomen om de reden die in bijlage 4, paragraaf 2.1 is beschreven. De waarnemingen in het zeekleigebied en het laagveengebied zijn samengenomen, omdat de grondwaterkwaliteit in deze gebieden overeenkomt. De waarnemingen in de vier zandgebieden samengenomen. Voor dalgronden zijn te weinig waarnemingen beschikbaar om als aparte groep te onderscheiden. Uit de telling bleek dat ongeveer 77 % van de 612 geselecteerde meetpunten (LMG en PMG) is gebruikt voor de groepenindeling. Het gezamenlijke oppervlakte van de groepen bedraagt ongeveer 2,74 miljoen ha (81 %) van de landoppervlakte van Nederland. Uit de vergelijking van de verdeling van waarnemingen met de verdeling van de oppervlakten over de groepen blijkt dat de waarnemingen in de kleigebieden zijn ondervertegenwoordigd en in de zandgebieden zijn oververtegenwoordigd (zie tabel B).

Tabel A: Aantal waarnemingen en oppervlakte per eco-districtgroep

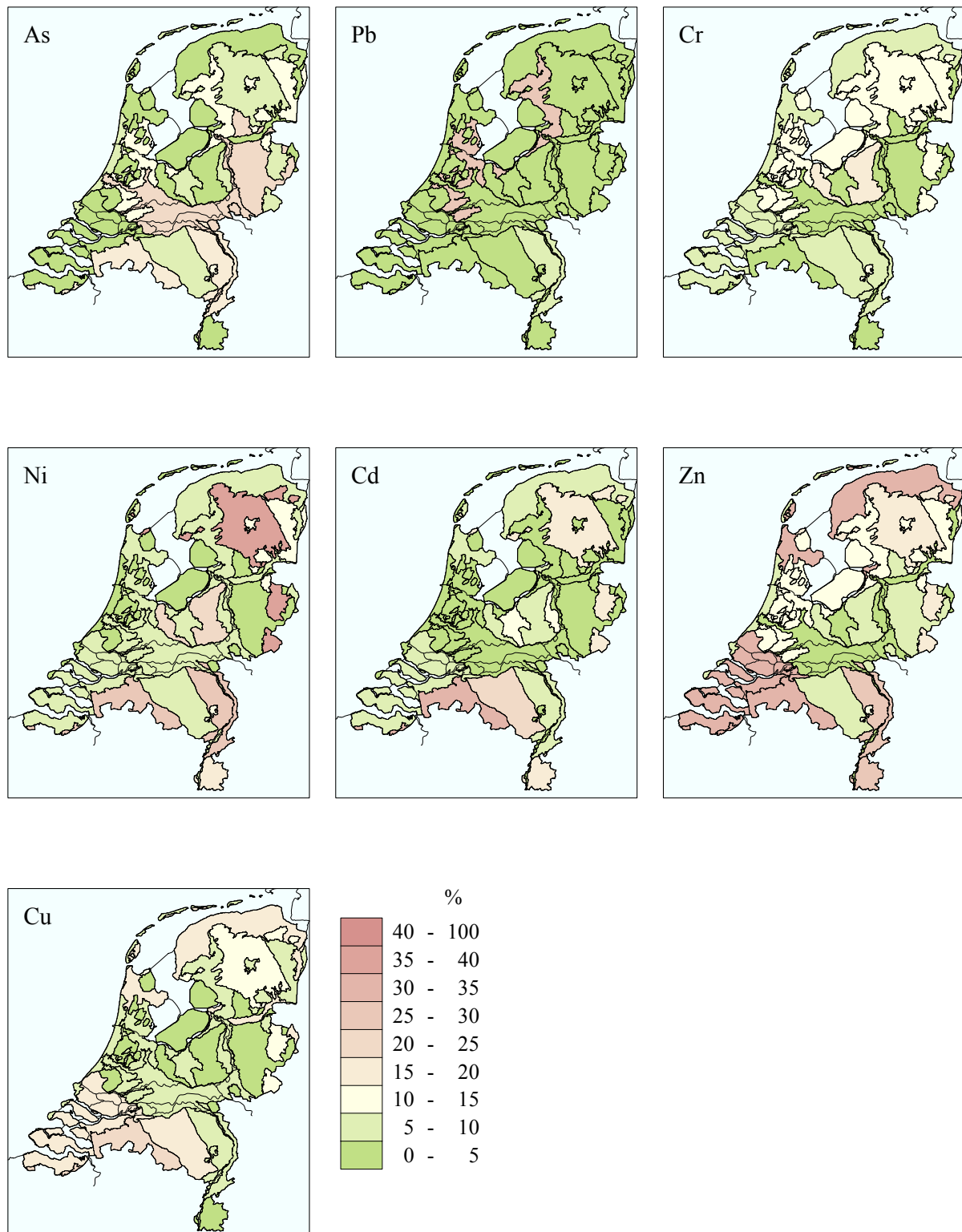
groep nr	eco-districtgroep	waarnemingen		%oppervlakte	
		aantal	%	Nederland	%
1	Duinen en strandwallen	41	6.8	2.7	2.6
2	Laagveengebieden	36	6.0	9.3	9.0
3	Polders&droogmakerijen	23	3.8	7.8	7.6
4	Zeekleigebieden	50	8.3	21.6	20.9
5	Rivierengebieden	43	7.1	9.8	9.5
6	Beekdalcomplex	26	4.3	1.9	1.9
7	Hoogveengebied	46	7.6	4.3	4.1
8	Gelderse Vallei en Veluwezoom	15	2.5	2.5	2.4
9	Oostelijk dekzandgebied en geïsoleerde stuwwallen	53	8.8	8.1	7.8
10	Keileengebieden	95	15.7	12.2	11.8
11	Utrechtse Heuvelrug en Veluwe	31	5.1	4.9	4.8
12	Centrale Slenk	50	8.3	6.5	6.3
13	Zuidwestelijk zandgebied	43	7.1	4.6	4.5
14	Peelhorst en oude rivierterrassen	43	7.1	5.2	5.1
15	krijt- en lössgebied	9	1.5	1.8	1.7
Totaal		604	100	103.3	100.0

Tabel B: Aantal waarnemingen en oppervlakte per combinatie van grondgebruik, grondsoort en eco-regio

groep nr	code	Eco-regio		grondgebruik klasse	grondsoort klasse	waarnemingen		%oppervlakte	
		nr	naam			aantal	%	Nederland	%
1	b/dz	5	duinen en strandwallen	bos (+natuur)	(duin-)zand	20	4	2	2
2	t/dz	5	duinen en strandwallen	tuinbouw	(duin-)zand	9	2	0.1	0.2
3	g/v	4	zeeklei-, laagveengeb.	gras	veen	25	5	5	7
4	g/zk	4	zeeklei-, laagveengeb.	gras	zeeklei	19	4	7	11
5	a/zk	4	zeeklei-, laagveengeb.	akkerbouw	zeeklei	28	6	13	18
6	s/zk	4	zeeklei-, laagveengeb.	bebouwd	zeeklei/veen	11	2	3	5
7	g-m/rk	3	rivierengebied	gras	rivierklei	22	5	5	7
8	s/rk	3	rivierengebied	bebouwd	rivierklei	5	1	1	2
9	g-m/z	2	zandgebieden	gras	zand	176	38	19	28
10	a/z	2	zandgebieden	akkerbouw	zand	49	10	2	4
11	b/z	2	zandgebieden	bos (+natuur)	zand	67	14	7	10
12	s/z	2	zandgebieden	bebouwd	zand	38	8	4	6
totaal						469	100	69	100

## BIJLAGE 6

PERCENTAGE OPPERVLAKTE BOVEN DE STREEFWAARDE VOOR ZEVEN SPORENELEMENTEN IN HET MIDDELDIEPE GRONDWATER IN 2000 MET STREEFWAARDEN VOLGENS VROM, 2000.



Figuur A: Sporenelementen in middeldiep grondwater in 2000 per eco-districtgroep; percentage oppervlakte boven de streefwaarde uit de Circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering (circulaire SIB).