



Grondwater en Bodem
Princetonlaan 6
Postbus 80015
3508 TA Utrecht

www.tno.nl

T 030 256 42 56
F 030 256 44 75
info@nitg.tno.nl

TNO-rapport

NITG 05-183-A

Ruimte voor Geo-Chemische Informatie; Inventarisatie van nut en noodzaak van geochemische informatie in omgevingsbeheer

Ruimte voor Geo-Informatie



Datum	februari 2006
Auteurs	H.F. Passier (TNO) G. Mol (Alterra) R.J. Nieuwenhuis (TNO) J. Griffioen (TNO)
Financiering	Programma RGI/Ruimte voor Geo-Informatie RGI-rapportnummer RGI-025-01
Co-financiering	Geowetenschappelijke Informatievoorziening TNO Bouw en Ondergrond – Geological Survey of the Netherlands Alterra eigen financiering
Projectnummer	005.53052
Goedgekeurd door:	Dr.ir. H.H.M. Rijnaarts

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

Samenvatting

In het kader van het subsidieprogramma Ruimte voor Geo-Informatie is een definitiestudie gedaan naar de betekenis van Europese en Nederlandse regelgeving voor de karakterisatie van het bodemsysteem en het watersysteem, en in geval van het laatste in het bijzonder het compartiment grondwater.

Die betekenis is verder toegelicht door:

1. de informatiebehoefte aan geochemische informatie uit te werken,
2. het principe van *good governance* uit te werken voor een omgevingsbeleid waarin geochemische informatie een rol speelt,
3. de financiële kosten en maatschappelijke baten te herleiden die gemoeid zijn met beheer van water, bodem en verder natuur, landbouw en andere zaken waarin geochemie een rol speelt,
4. de milieuhygiënische toestand van Nederland samen te vatten en de achterliggende concrete kennisvragen te duiden,
5. te etaleren hoe verschillende inzichten in de geochemische toestand verkregen kunnen worden door op verschillende manieren dezelfde gegevens te verwerken.

Geochemische reactiviteit van de ondergrond speelt bij allerlei beleidsthema's. Het nieuwe bodemsaneringsbeleid, de Beleidsbrief Bodem, de Beleidsbrief Ondergrondse Ruimtelijke Ordening samen met de Europese Nitraatrichtlijn, Kaderrichtlijnwater, de komende Grondwaterrichtlijn, en de komende Europese Bodemstrategie zijn de belangrijkste beleidsinitiatieven waaruit een kennisbehoefte aan geochemische informatie naar voren komt. Daarnaast moeten Conserving Archeologisch erfgoed, handhaving landschappelijke waarden, Vogel- en Habitatrichtlijn, bestendigheid ondergrondse constructies genoemd worden als thema's waarin geochemische kennis van met name de ondiepe ondergrond een wezenlijke rol speelt.

Meer abstract is geochemische kennis nodig in de *fact finding* als onderdeel van *good governance*. Wat betreft de maatschappelijk kosten is gebleken dat met betrekking tot het compartiment ondergrond jaarlijks enkele miljarden omgaan in waterbeheer, bodembeheer, landbouw, en natuurbeheer. Hoewel niet alle activiteiten, die hierbij geïnventariseerd zijn, gebaat zijn bij goede geochemische informatie is wel duidelijk geworden dat bij de zaken waarvoor het wel van belang is de baten aanzienlijk kunnen zijn. Naast de duidelijke financiële kosten en baten zijn er ook nog profijtelijke effecten die niet goed in geld zijn uit te drukken. Hierbij valt te denken aan het behoud van het cultureel en archeologisch erfgoed (Verdrag van Valetta) en aan het voldoen aan (monitorings)verplichtingen van de EU. Beide zijn gebaat bij goede geochemische informatie. Dit rechtvaardigt aandacht voor geochemische informatie als aspect dat de totstandkoming van de kwaliteit van de omgeving mede controleert.

Een inventarisatie van de milieuhygiënische toestand in Nederland maakt duidelijk dat de kwaliteit van bodem en water nog verre van optimaal is. Typische probleemstoffen zijn: zoutgehalte, zware metalen, nutriënten, bestrijdingsmiddelen

PAK's, en andere klassieke organische microverontreinigingen als gechloreerde koolwaterstoffen. Daarnaast vragen andere organische microverontreinigingen zoals MTBE (de zogenaamde *emerging substances* of vergeten stoffen) om toenemende aandacht, wegens de frequente waarneming in het milieu. Voor conservering van archeologisch erfgoed en bestendigheid van ondergrondse constructies spelen ook andere stoffen een essentiële rol: opgelost zuurstof en sulfaat verdienen om genoemd te worden. Uit een voorbeeldstudie naar de grondwaterkwaliteit in Noord-Brabant, blijkt ook dat eenzelfde set van grondwatergegevens tot wezenlijk andere regionale interpretatie kan leiden afhankelijk van de manier waarop de gegevens geaggregeerd worden.

Op verantwoorde wijze dient met de veelal historische verontreiniging van water en bodem omgegaan te worden. Nadere analyse maakt duidelijk dat het aantal bestanddelen die de reactiviteit van de ondergrond bepalen, beperkt is en dat deze vaak reactief gedrag vertonen naar zeer verschillende probleemstoffen. De typische, vaste reactieve bestanddelen in de Nederlandse ondergrond zijn: ijzer en zwavelverbindingen (sulfides, oxides), organisch materiaal, carbonaten, klei, aluminium oxides.

De algemene conclusie van de definitiestudie is dat geochemische informatie van de ondergrond nuttig en noodzakelijk is, omdat:

1. deze informatie expliciet nodig is bij de implementatie van nationale en Europese regelgeving
2. deze informatie in principe nodig is voor een transparant besluitvormingsproces in het omgevingsbeheer vanuit het perspectief van good governance
3. de maatschappelijke kosten van de overheid voor omgevingsbeheer enkele miljarden Euro's per jaar bedragen
4. de milieuhygiënische toestand in Nederland van dien aard is dat maatregelen aangaande bodem- en waterkwaliteit nodig zijn voor bescherming en verbetering van onze leefomgeving
5. de informatie nuttig is voor verschillende maatschappelijke baten waaronder conservering archeologisch erfgoed, bestendigheid van ondergrondse constructies, potentiële mogelijkheden van warmte/koude opslag

Een methodiek is daarom noodzakelijk voor het geochemisch karakteriseren van de ondergrond, in het bijzonder de eerste tientallen meters. De constatering dat een beperkt aantal bestanddelen de zogenaamde reactiviteit uitmaken, leidt tot de verwachting dat een algemene karakterisatie van de reactiviteit van de ondiepe ondergrond mogelijk is, in plaats van een per aandachtsstof specifieke benadering. De methodologische vraagstukken van een regionale karakterisatie op reactiviteit moet de volgende onderdelen adresseren: statistische benadering voor regionale karakterisatie, techniek van monsternamen en behandeling, analytisch karakterisatiepakket voor kwantificering van de reactiviteit.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
	Inhoudsopgave	4
1	Inleiding	5
2	Inventarisatie behoefte aan geochemische informatie	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Aanpak en resultaat.....	6
2.3	Beleidsontwikkelingen.....	11
2.4	Literatuur	17
3	Maatschappelijke relevantie van goede geochemische informatie	18
3.1	Maatschappelijke kostenposten in het compartiment ondergrond	18
3.2	Good governance en geochemische informatie	23
3.3	Good governance en geochemische reactiviteit van de ondergrond	26
3.4	Conclusie	29
3.5	Literatuur	29
4	De milieuhygiënische toestand van bodem en water in Nederland	31
4.1	Problemen en probleemstoffen	31
4.2	Het heersen van geochemische vraagstukken.....	32
4.3	Benodigde methodiek karakteriseren reactiviteit.....	34
4.4	Literatuur	34
5	Interpretatie en presentatie van geochemische gegevens: een voorbeeld	36
5.1	Regionale beelden van de nitraatconcentratie in ondiep en middeldiep grondwater	36
5.2	Verschillen provincie Noord-Brabant/ondiep grondwater	40
5.3	Kwetsbaarheid voor nitraatuitspoeling: reactiviteit van de ondergrond	42
5.4	Literatuur	43
6	Conclusies: Nut en noodzaak van geochemische informatie	44

Bijlage(n)

A Samenvatting milieuhygiënische toestand van bodem en water in Nederland

1 Inleiding

Er is geen landsdekkende informatie over de geochemische reactiviteit (mate waarin de ondergrond een source/sink is voor verontreinigende of andere stoffen) van de ondiepe ondergrond. Het is de verwachting dat deze geo-informatie nuttig is voor waterbeheer, bodembeheer, risico's voor ondergrondse infrastructuur, conservering archeologisch erfgoed, etc. Met name informatie over de eerste tientallen meters van de ondergrond (het topsysteem) kan nuttig zijn omdat dit deel van de ondergrond het meest door antropogene activiteiten wordt beïnvloed. TNO en Alterra hebben deze lacune in informatie gesignaleerd en hebben gezamenlijk een projectinitiatief ingediend bij het BSIK-programma Ruimte voor Geo-Informatie. Voor onderkenning van deze informatie-lacune door derden is het nodig om nader inzicht te verschaffen in nut en noodzaak van geochemische informatie. Een definitiestudie is hiervoor opgezet.

De doelstelling van de definitiestudie is het herleiden van de betekenis van Europese en Nederlandse regelgeving voor de karakterisatie van het bodemsysteem en het watersysteem, en in geval van het laatste in het bijzonder het compartiment grondwater. De definitiestudie moet inzicht verschaffen in welke geochemische informatie nodig is voor verantwoord beheer van water en bodem. In het verleden heeft er immers een regionale bodemkundige kartering van de bodem plaatsgevonden. Deze kartering kent echter zijn beperkingen want hij was sterk georiënteerd op de landbouwkundige aspecten van de bodem en reikte standaard niet dieper dan 120 cm-mv.

De studie is uitgewerkt aan de hand van beschikbare literatuur. Eerst wordt ingegaan op wat de beleidsmatige of maatschappelijke “nut en noodzaak” is van het verzamelen, beheren, interpreteren en beschikbaar stellen van geochemische informatie (Hoofdstuk 2). In hoofdstuk 3 proberen we, gericht op het genereren van geochemische informatie over de ondergrond van Nederland, invulling te geven aan het begrip ‘good governance’. Dit begrip wordt gehanteerd als uitgangspunt voor het overheidsbeleid in het Zesde Milieu Actieprogramma van de EU en een in 2001 verschenen White Paper on European Governance (COM(2001)). Daarnaast gaat hoofdstuk 3 in op de (financiële) kosten en (maatschappelijke) baten die gemoeid zijn met verschillende vormen van omgevingsbeheer (water, bodem, landbouw, natuur, archeologisch erfgoed) in algemene zin en geochemische informatie in specifieke zin. In hoofdstuk 4 wordt de informatiebehoefte nader ingevuld door concrete kennismotieven en aandachtstoffen te formuleren aan de hand van de milieuhygiënische toestand van Nederland (zoals weergegeven in bijlage A); tevens worden de methodologische vraagstukken voor een regionale karakterisatie van Nederland op geochemische reactiviteit van het topsysteem beknopt geformuleerd. Hoofdstuk 5 presenteert als illustratie van de methodologische vraagstukken, een discussie op welke verschillende manieren gegevens van de ondergrond verwerkt kunnen worden en tot welke verschillen in interpretatie dit leidt. Dit dient als verdere motivatie voor de wetenschappelijke vraagstelling naar een methodiek om de ondergrond op geochemische wijze te karakteriseren. In het laatste hoofdstuk (6) worden constatering gemaakt over het nut en de noodzaak van geochemische informatie van de (ondiepe) ondergrond.

2 Inventarisatie behoefte aan geochemische informatie

2.1 Inleiding

De definitiestudie richt zich op het nut en de noodzaak van geochemische informatie over de het eerste traject van de ondergrond. Technisch-inhoudelijk gezien draagt geochemische informatie van het topsysteem bij aan het leggen van verbanden tussen landgebruik en de kwaliteit van de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater maar ook aan bijvoorbeeld de duurzaamheid van ondergrondse constructies. Daarmee is de vraag over “nut en noodzaak” maar ten dele beantwoord. Aanvullend op de technische-inhoudelijke wenselijkheid om over geochemische informatie te (kunnen) beschikken is de vraag wat de beleidsmatige of maatschappelijke “nut en noodzaak” is van (het verzamelen, beheren, interpreteren en beschikbaar stellen van) geochemische informatie. Op deze vraag wordt in dit hoofdstuk dieper ingegaan. Bij de beantwoording van deze vraag wordt voortgebouwd op een inventarisatie in het kader van Landsdekkend Beeld Bodemkwaliteit 2005 (Nieuwenhuis et al., 2003, Peiling informatiebehoefte bodemkwaliteit. Fase 1 van spoor 2 van het LBB 2005, TNO, rapportnr. NITG 03-225-A).

2.2 Aanpak en resultaat

Informatie over de fysische, chemische en biologische kwaliteit van de bodem en ondergrond is van belang bij een breed scala aan beleidsmatige en maatschappelijke processen en bij ruimtelijke besluitvormingsprocessen. Het Landsdekkend Beeld Bodemkwaliteit (tegenwoordig BIELLS) heeft de ambitie om een kennis- en informatiebron te zijn ter ondersteuning van deze processen. Begin 2003 ontbrak het echter aan een goed inzicht in de behoefte aan bodem- en ondergrondinformatie vanuit deze verschillende processen. Daarom is in 2003 in opdracht van het ministerie van VROM een brede inventarisatie uitgevoerd naar de behoefte aan bodeminformatie. Deze inventarisatie komt deels overeen met de vraagstelling vanuit deze definitiestudie. Daarom is de informatiebehoeftepeiling uit 2003 als basis genomen. Op twee manieren is deze studie uitgebreid ten behoeve van dit project.

Ten eerste is het resultaat van de informatiebehoeftepeiling “vertaald” naar de informatiebehoefte aan geochemische informatie. Dit is nodig omdat bij de behoeftepeiling in 2003 niet specifiek is gevraagd naar de behoefte aan geochemische informatie. Hierdoor is de behoefte aan dergelijke informatie vaak indirect benoemd.

Ten tweede worden de resultaten uit 2003 uitgebreid met recente beleidsvragen en ontwikkelingen die betrekking hebben op de behoefte aan geochemische informatie. Onderstaand wordt eerst een beschrijving gegeven van de resultaten uit de informatiebehoeftepeiling uit 2003. Vervolgens wordt op beide uitbreidingsaspecten ingegaan.

Informatiebehoeftepeiling

Door een projectteam vanuit TNO en Alterra zijn tien groepsgesprekken gevoerd. Bij deze groepsgesprekken zijn de ministeries van VROM, LNV, VenW, de provincies, gemeenten, landbouworganisaties, natuurbeheerorganisaties en vertegenwoordigers vanuit het werkveld van de ruimtelijke ordening en

grondwaterbeheer betrokken geweest. In totaal hebben ca. 60 personen inbreng in het project geleverd. De centrale vraag bij deze gesprekken was steeds “vanuit welke toepassing (maatschappelijke vraag of beleidsvraag) heeft u behoefte aan bodeminformatie en om welke informatie gaat het daarbij”. In de vraagstelling is duidelijk aangegeven dat het om een brede definitie van “bodeminformatie” gaat. Het omvat de compartimenten bodem (vaste fase) en grondwater en het betreft zowel de chemische, fysische als biologische aspecten van de bodem.

De resultaten van de gesprekken zijn verwerkt in twee overzichtstabellen; een tabel voor bodembeschermingsthema's en een tabel voor bodembenuttingsthema's. Deze tabellen laten een breed spectrum aan toepassingen zien waarvoor bodeminformatie nodig of gewenst is. De informatiebehoefte was in veel gevallen niet verder geconcretiseerd in termen van type en aantal gegevens. Dit hangt samen met de samenstelling van de meeste groepsgesprekken. Zeker voor de overheden geldt dat met name beleidsmedewerkers in de gesprekken zijn betrokken. Voor deze medewerkers is in het algemeen de toepassing belangrijk, terwijl de technische uitwerking wordt overgelaten aan de gegevensbeheerders of adviseurs. Voor de behoefte aan geochemische informatie betekent dit dus dat er vanuit de diverse toepassingen niet expliciet om deze informatie is gevraagd, maar dat bij een verdere uitwerking deze informatie wel nodig kan blijken (de verdere technische uitwerking is weergegeven in de volgende paragraaf). Ten behoeve van deze definitiestudie is een nieuwe tabel gemaakt, op basis van de resultaten zoals samengevat in de overzichtstabellen (tabel 6 en tabel 7 in Nieuwenhuis et al., 2003) uit de informatiebehoeftepeiling uit 2003.

Hoewel de behoefte dus niet altijd is gedefinieerd op het niveau van concrete gegevens, kunnen bij een analyse van de totale informatiebehoefte, wel de volgende drie niveaus worden onderscheiden:

1. behoefte aan individuele gegevens / data
2. behoefte aan integratie van diverse bodemgegevens
3. behoefte aan meer proceskennis of dynamische samenhang tussen de gegevens (de beïnvloeding door het systeem heen)

Veel vragen spelen zich af op het tweede en derde niveau. De beleidsmatige vragen waarvoor de verschillende organisaties zich geplaatst zien krijgen een steeds integraler karakter. De toepassingen die genoemd worden vereisen in veel gevallen de integratie van verschillende typen bodemgegevens.

Uit de behoeftepeiling blijkt dat door verschillende partijen en op verschillende schaalniveaus behoefte bestaat aan proceskennis. Voor het ministerie van Verkeer en Waterstaat is het bijvoorbeeld van belang om een beter inzicht te krijgen in de relatie tussen bodemkwaliteit, grondwaterkwaliteit en oppervlaktewaterkwaliteit. Ook voor de drinkwaterwinners is het van belang om te weten hoe het bovengronds bodemgebruik de bodemkwaliteit en vervolgens de grondwaterkwaliteit beïnvloedt. Tenslotte is het voor de overheid van belang om te weten wat de effecten zijn van bijvoorbeeld koude-warmte systemen zijn op het grondwater.

Met name de behoefte aan meer proceskennis kan vaak worden doorvertaald naar de behoefte aan een beter inzicht in de reactiviteit van het systeem en dus aan een behoefte aan geochemische informatie.

Vertaling naar behoefte aan geochemische informatie

Zoals hiervoor opgemerkt heeft de brede peiling naar de behoefte aan bodeminformatie wel een overzicht opgeleverd van de verschillende toepassingen

waarvoor bodeminformatie nodig of gewenst is. De behoefte aan bodeminformatie is echter in de meeste gevallen niet tot op het niveau van bodemkenmerken/parameters uitgewerkt. In het kader van dit onderzoek is opnieuw naar deze resultaten gekeken. Op basis van expertkennis is de informatiebehoefte aangevuld met de (potentiële) behoefte aan informatie over de reactiviteit van de ondergrond. Per relevante toepassingsvraag is in Tabel 2.1 aangegeven aan welke geochemische parameters er (in potentie) behoefte bestaat. Toepassingsvragen waarvoor geen directe behoefte bestaat aan inzicht in de reactiviteit van de ondergrond, zijn uit deze tabel verwijderd. Dit geldt tevens voor de toepassingsvragen die betrekking hebben op de eerste 120 cm van de bodem, omdat dat traject (dieptebereik) buiten het primaire aandachtsveld van deze studie valt.

Tabel 2.1. Relatie tussen beleidsthema's, aandachtstoffen en reactiviteit van de ondergrond.

Bescherming en benutting van de bodem en het grondwater					
Schaal	Hoofdmotief	Submotieven	Stoffen	Specifieke reactiviteit van de ondergrond	
Landelijk	Bodembescherming en gebiedsgericht beleid	Kwaliteit bodem en grondwater in relatie tot ruimtelijke functies	Meststoffen/nutriënten, zouten, zware metalen, bestrijdingsmiddelen, organische verbindingen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei	
		Grondstromen			
		Beleidsontwikkeling bagger en bodem			
		Achtergrondwaarden grond, grondwater, bagger			
	Bodembeheer landelijk gebied (ILG budget en prestatieverantwoording provincies)	Relatie bodemgebruik en grond- en oppervlaktewaterkwaliteit	Meststoffen/nutriënten, zouten, zware metalen, bestrijdingsmiddelen, organische verbindingen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, fosfaatverzadiging, carbonaten, klei	
		Kwelgebieden			
	Kaderrichtlijn Water	Bestrijdingsmiddelen en mestgebruik, effect op kwaliteit oppervlakte en grondwater	Ontwikkelen en veiligstellen van milieucondities voor natuur		
			Systeemkarakteristieken (geologie en bodemopbouw, landschap en reliëf, bodemgebruik, stroomgebieden, grondwaterlichamen)	“WFD pollutants”: Ammonium As Cd Chloride	Geochemische reactiviteit van het systeem
		Natuurlijke concentraties As en zware metalen	Hg Nitrates Pb Pesticides and derivatives	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, fosfaatverzadiging, carbonaten, klei	
			Sulphate Trichloroethylene Tetrachloroethylene		Verdeling over de mineralen fasen en organische stof
	Kwelgebieden, kwaliteit uittreidend water				

	Waterberging, effecten op kwaliteit van het grond- en oppervlakte water		
Beheer oppervlaktewater en grondwater (o.a. vanuit KRW)	Invloed bodemgebruik op bodem, grondwater en oppervlaktewaterkwaliteit	Meststoffen/nutriënten, zouten, zware metalen, bestrijdingsmiddelen, organische verbindingen	Fosfaatverzadiging, reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei
EU Bodemstrategie	Erosie en/of afvoeren bodem in verband ander landgebruik (verzanding)	Meststoffen/nutriënten, zouten, zware metalen, bestrijdingsmiddelen, organische verbindingen	Invloed afvoeren/erosie bodems (reactieve fasen) op kwaliteit oppervlakte en grondwater
	Afname gehalte organische stof	Nitraat, zuurstof	Gehalte en type organisch stofgehalte
	Bodemverontreinigingen, invloed op kwaliteit grondwater. Verspreiding (en natuurlijke afbraak) in grondwater.	Organische verbindingen, bestrijdingsmiddelen, zware metalen, meststoffen/nutriënten, zouten	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei
	Verziltig	Zouten	Reactie met klei en andere sorbents (zoals organische stof, oxiden)
	Overstromingen, effecten op oppervlakte en grondwater kwaliteit	Meststoffen/nutriënten, zouten, zware metalen, bestrijdingsmiddelen, organische verbindingen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei
Mest en Mineralenprogramma's	Stikstof en fosfaatbelasting en uitspoeling zware metalen	Meststoffen/nutriënten, zware metalen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei en fosfaatverzadiging
	Organische stof in bodem		
	Fosfaat in bodems		
Geschiktheid Landbouwkundig gebruik /Geschiktheid biologische landbouw/ Agrobiodiversiteit	Hydrologie	Meststoffen/nutriënten, zware metalen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei en fosfaatverzadiging
	Stikstof en fosfaattoestand	Meststoffen/nutriënten	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei en fosfaatverzadiging
	Organische stof		Organische stof
Natuurbeleid; EU Vogel en Habitatrictlijn	Natuurontwikkeling, aanwezigheid kwel. Afwezigheid, beschikbaarheid nutriënten.(realisatie EHS)	Zware metalen Meststoffen/nutriënten Bestrijdingsmiddelen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei fosfaatverzadiging
	Verzuring en vitaliteit bossen	Aluminium, zuurgraad, zware metalen, stikstof	Reactive fasen aluminium en ijzer, kalk (acid neutralization capacity)
Toelatingsbeleid bestrijdingsmiddelen		Bestrijdingsmiddelen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei

Regionaal	Regionale bodembescherming en gebiedsgericht beleid	Toestand en trends (getoetst aan normen)	Zware metalen Meststoffen/nutriënten Bestrijdingsmiddelen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei en fosfaatverzadiging
		Grondverzet	Zware metalen, organische verontreinigingen	
		Bodemkwetsbaarheid: Verarming	Nitraat, zuurstof	Organische stof
		Bodemkwetsbaarheid: Bodemdaling	Nitraat, zuurstof	Organische stof, reactieve zwavelverbindingen
		Bodemkwetsbaarheid: Uitspoeling	Zware metalen Meststoffen/nutriënten Bestrijdingsmiddelen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei en fosfaatverzadiging
	Grondwaterbescherming	Waterwinning: -Drinkwater -Industrie -Landbouw Uitspoeling, afbraak en afbraakproducten	Meststoffen/nutriënten, zouten, zware metalen, bestrijdingsmiddelen, organische verbindingen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei
		Toestand en trends (getoetst aan normen) Uitspoeling, afbraak en afbraakproducten	MTBE, hormoonverstorende stoffen	
		Grondwaterbeschermingsgebieden Uitspoeling, afbraak en afbraakproducten Oeverinfiltratie Duininfiltratie		
		Strategische reserve		
		Buffer zoet-zout verplaatsing	Zouten	Klei en andere sorbents (zoals organische stof en oxiden).
		Effecten Koude-Warmte opslag. Redox	Nitraat, metalen, sulfaat	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei
	Aardkundige Waarden	Afbraak en aantasting, bijvoorbeeld groeves	Meststoffen/nutriënten, zouten, redox	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei
Archeologie/Cultuurhistorie	Afbraak en aantasting objecten	Meststoffen/nutriënten, zouten, redox (sulfaat en zuurstof in verband met corrosie)	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei	

Infrastructuur/Ruimtelijke Ordening/Streekplannen	Geschiktheid ondergrond voor <u>functie</u>	Meststoffen/nutriënten, zouten, metalen, bestrijdingsmiddelen, organische verbindingen, Redox (Sulfaat en zuurstof in verband met corrosie)	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei
	<ul style="list-style-type: none"> - Dragen (fundering, tunnels, kelders, kabels, leidingen) - Produceren (voedsel, winning grondstoffen, winning water) - Bergen (waterbuffer, warmte/koude opslag, gasopslag en CO2 opslag) - Reguleren (ecologische veerkracht en stabiliteit, kringloop stoffen/water/energie, natuurlijk reinigend vermogen) - Informeren (natuurhistorie, cultuurhistorie) 		
	Mogelijkheden vanuit ondergrond voor functies		
	Effecten op ondergrond van functies	sulfaat (bepalend type cement)	
Milieu effect rapportages	Uitbreiding afgraving KWO Infrastructuur Opslagdepots Afweging effecten op grondwaterkwaliteit en bodemsamenstelling	Meststoffen/nutriënten, zouten, metalen, bestrijdingsmiddelen, organische verbindingen sulfaat (bepalend type cement)	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei
Natuurontwikkeling en natuurhistorie	Kwelgebieden	Zware metalen Meststoffen/nutriënten Bestrijdingsmiddelen	Reactieve fasen ijzer en zwavel, organische stof, carbonaten, klei fosfaatverzadiging
Delfstoffenwinning	Gevolgen grondwater en bodem	Zware metalen Olieachtige bodemverontreinigingen	Reactieve fasen ijzer en zwavel.

2.3 Beleidsontwikkelingen

2.3.1 Nieuw bodemsaneringsbeleid

In 1997 koos het kabinet voor een belangrijke koerswijziging van het bodemsaneringsbeleid. Geconstateerd werd dat er stagnatie in de bodemsaneringsoperatie optrad. De koerswijziging hield in dat het kabinet saneren goedkoper wilde maken door immobiele verontreinigingen in de bovengrond functiegericht en mobiele verontreinigingen in de ondergrond op een kosteneffectieve wijze te saneren.

Op 15 oktober 1999 verscheen naar aanleiding van de koerswijziging het BEVER1-rapport 'Van trechter naar zeef – Afwegingsproces saneringsdoelstelling', dat een maand later werd gevolgd door het 'Kabinetsstandpunt over de functiegerichte en

kosteneffectieve aanpak van bodemverontreiniging'. In beide documenten is aangegeven dat voor functiegericht en kosteneffectief saneren vier strategische doelstellingen gelden:

- Saneringsmaatregelen worden ontworpen vanuit een integrale aanpak van bodemverontreiniging. Bovengrond en ondergrond worden in hun onderlinge samenhang beschouwd en in samenhang met geplande ontwikkelingen.
- Een bodem voldoet na saneren aan de eisen die het gebruik stelt. Dit betekent dat blootstelling aan verontreinigende stoffen moet worden voorkomen en verspreiding van verontreinigende stoffen moet worden tegengegaan.
- IJkmomenten worden ingebouwd om het saneringsverloop te volgen en waar nodig te kunnen bijsturen.
- De sanering moet ertoe leiden dat zorgtaken voor de bodem zo beperkt mogelijk zijn.

Met het nieuwe beleid is het principe van multifunctioneel saneren vervangen door functiegericht saneren. Voor de sanering van mobiele verontreinigingen kan vanwege kosteneffectiviteit van 'volledige verwijdering' worden afgeweken. Uitgangspunt daarbij is dat binnen maximaal 30 jaar een stabiele eindsituatie wordt bereikt, waarbij de eindconcentratie zich heeft gestabiliseerd en waarbij er geen actieve zorgmaatregelen nodig zijn. Dit betekent dat de bodem als reactorvat mag worden gebruikt. Gedurende de saneringsperiode (maximaal 30 jaar) mag de omvang van de pluim toenemen, mits dat ten doel heeft de stabiele eindsituatie te bereiken, er geen bedreigde objecten aanwezig zijn en derden niet (tijdelijk) in hun belang worden geschaad of daar niet voldoende voor worden gecompenseerd. Daarnaast moet de verontreiniging afbreekbaar zijn onder de aanwezige of geoptimaliseerde condities in de bodem. Indien de bodem in de omgeving van de pluim wordt gebruikt als reactorvat, zal eerst een inschatting gemaakt moeten worden van de kwetsbare objecten die de pluim in de omgeving kan bereiken. Dit kan met behulp van grondwatermodellen, risicomodellen en metingen.

In het nieuwe bodemsaneringsbeleid mag voor de aanpak van mobiele verontreinigingen de bodem als reactorvat worden gebruikt. Dit betekent dat er behoefte bestaat aan meer informatie over de reactiviteit van de ondergrond (met name redox-condities en nutriënten). Geochemische regionale karakterisatie van de ondergrond draagt bij aan de basisinformatiebehoefte, die door het nieuwe bodemsaneringsbeleid is ontstaan. Op de schaal van individuele saneringslocaties zal deze basisinformatie verder moeten worden aangevuld en getoetst.

2.3.2 *Beleidsbrief Bodem*

In de Beleidsbrief Bodem (VROM, december 2003) wordt een duidelijke verbreding van het bodembeleid ingezet. Het bodembeleid gaat zich richten op een bewuster en meer duurzaam gebruik van de bodem. Dit betekent onder andere dat decentrale overheden bewuster met de toestand van de bodem moeten omgaan bij ruimtelijke ordening, inrichting en beheer en beslissingen over het gebruik van bovengrondse en ondergrondse ruimte. Duurzaam bodemgebruik zal worden bevorderd bij ruimtelijke ordening en –inrichting, in de landbouw, het natuurbeheer en het waterbeheer.

Het verzamelen en ontsluiten van geochemische informatie sluit op diverse niveaus aan bij de ambities van de beleidsbrief en het daarop gebaseerde uitvoeringsprogramma:

- Inzicht in de reactiviteit van de ondergrond draagt bij aan het inzicht in de risico's op ontstaan van verontreiniging, op blootstelling aan of verspreiding van verontreiniging. In de Beleidsbrief Bodem wordt aangekondigd om de intensiteit van bodembeheer eenduidiger te koppelen aan deze risico's.
- Het ontwikkelen van de principes van duurzaam bodembeheer bij ruimtelijke ordening en –inrichting, in de landbouw, het natuurbeheer en het waterbeheer moet nog verder worden geconcretiseerd. Dat daarbij vragen over de reactiviteit van de ondergrond een rol spelen is evident. Voorbeelden van waar kennis en informatie over de reactiviteit van de ondergrond een rol kan spelen bij te maken ruimtelijke keuzes, zijn:
 - o Informatie over de vastlegging en het potentieel voor afbraak van verontreinigingen in de bodem in relatie tot te plannen industriële activiteiten;
 - o Potentie voor afbraak van nitraat in relatie tot landbouwkundige activiteiten;
 - o Informatie over de aantasting van ondergrondse constructies in relatie tot te plannen ondergrondse bouwwerken.
- In de Beleidsbrief wordt voorgesteld om de kennisinfrastructuur te versterken, ter ondersteuning van de uitvoeringspraktijk. Het opbouwen en uitbreiden van kennis en informatie over de reactiviteit van de ondergrond zal
- In de Beleidsbrief wordt ingestoken op een brede beschikbaarheid van ondergrondinformatie voor de decentrale overheid, burgers en bedrijven. Dit wordt mede mogelijk door de informatie op te nemen in DINO en af te stemmen met het project BIELLS.

Meer informatie: www.vrom.nl en www.senternovem.nl/bodemplus

2.3.3 *Beleidsbrief Ondergrondse Ruimtelijke ordening*

In de Beleidsbrief Ondergrondse Ruimtelijke Ordening (VROM 2004) wordt verwezen naar een onderzoek van het Centrum voor Ondergronds Bouwen. Dit onderzoek heeft laten zien dat de kennis van het gebruik (parkeergarages, gasleidingen en elektriciteitskabels, grondwater, warmte/koude opslag, etc.) en de effecten daarvan op de diverse gebruiksfuncties van de ondergrond nog beperkt is, zowel onderling als ten aanzien van de wisselwerking met het bovengronds ruimtegebruik. Daarbij speelt dat de wel beschikbare kennis over het (actuele) ondergronds ruimtegebruik en de effecten ervan soms onvoldoende worden meegenomen in ontwerp-, plan- en besluitvormingsprocessen. In de beleidsbrief wordt verder geconstateerd dat de ontwikkeling en het optimaal beschikbaar maken van kennis en informatie nadere aandacht vereist. Evenals het ontwikkelen van een afwegingskader voor deze kennis en informatie.

De beleidsbrief constateert dat er een steeds zwaardere claim wordt gelegd op het ondergronds ruimtegebruik. Bij de verschillende functies van de ondergrond zal daardoor steeds vaker de vraag worden gesteld wat de reactiviteit van de ondergrond is in relatie tot de geplande functie (bijvoorbeeld inzicht in chloridegehalten in relatie tot geplande betonconstructies of het effect van koude-warmte systemen op de chemie van het grondwater). Het verzamelen en ontsluiten van geochemische informatie voorziet dus in een te voorziene vraag aan informatie.

Meer informatie: www.vrom.nl

2.3.4 *Europese Kaderrichtlijn Water*

Sinds eind 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht. Het belangrijkste doel van de kaderrichtlijn is om de waterkwaliteit in de Europese stroomgebieden in 2015 op niveau te hebben. Dat wil zeggen dat er dan een goede ecologische en een goede chemische toestand in de oppervlaktewateren is bereikt. In het grondwater moet in dat jaar sprake zijn van een goede chemische en een goede kwantitatieve toestand. Onder voorwaarden is het toegestaan om deze doelen uiterlijk in 2021 of 2027 te realiseren. Ook is het onder voorwaarden mogelijk om lagere doelen vast te stellen. Een reden kan zijn dat het behalen van de doelen tot onevenredige kosten leidt. Als lidstaten de doelen niet halen, moeten zij dat vooraf melden aan de Europese Commissie. Het begrip ‘goede toestand’ vullen de lidstaten nader in met concrete doelen voor verschillende aspecten.

De doelen die de Kaderrichtlijn stelt, moeten in beginsel in 2015 worden behaald. Het traject hiernaartoe ziet er globaal als volgt uit:

2003: Implementatie in nationale wetgeving (afronding in 2004)

2004: Rapportage huidige toestand water: Dit rapport is de basis voor het stroomgebiedbeheersplan van 2009.

2006: Monitoring: Opzetten en operationeel maken van meetprogramma's.

2009: Vaststellen eerste stroomgebiedbeheersplan: In het eerste stroomgebiedbeheersplan worden waterlichamen, referentietoestanden, doelen en maatregelen formeel vastgesteld. Als Nederland het behalen van doelen wil faseren of uit wil gaan van lagere doelen, dan moet het stroomgebiedbeheersplan daar een duidelijke motivatie voor geven.

2015: Realiseren doelen (en volgende stroomgebiedbeheersplan): In principe moet de goede ecologische en chemische toestand van de wateren in 2015 gerealiseerd zijn. Als dit niet haalbaar is, moet Nederland dat vooraf aangeven. De Kaderrichtlijn Water biedt de mogelijkheid om de doelen gefaseerd tot stand te brengen in perioden van zes jaar.

Geochemische informatie is in verschillende stadia van de KRW relevant:

- Grondwaterrichtlijn: De grondwaterrichtlijn wordt vaak gezien als een dochterrichtlijn van de KRW. In deze richtlijn worden onder andere criteria geformuleerd voor de beoordeling van de goede chemische toestand en voor het vaststellen van drempelwaarden voor grondwaterlichamen. Geochemische informatie van de ondergrond draagt bij aan een beter begrip van de huidige kwaliteit van grondwaterlichamen onder invloed van natuurlijke en niet-natuurlijke processen.
- Opstellen stroomgebiedbeheersplannen: in 2009 moeten stroomgebiedbeheersplannen gereed zijn. Hierin worden maatregelen geformuleerd om de goede toestand te bereiken. Regionale geochemische karakterisatie van de ondergrond draagt enerzijds bij aan een beter begrip van de huidige kwaliteit, maar ondersteunt ook het formuleren van maatregelen, doordat het schaalniveau en de effectiviteit en haalbaarheid van maatregelen om de kwaliteit te verbeteren, afhankelijk (kunnen) zijn van de reactiviteit van de ondergrond.

Meer informatie: www.kaderrichtlijnwater.nl

2.3.5 *Nitraatrichtlijn*

De Europese Nitraatrichtlijn is in werking getreden in 1991. De richtlijn richt zich op beperking van nitraatverontreiniging van het water, die het gevolg is van het opbrengen en lozen van dierlijke mest en een buitensporig gebruik van meststoffen. De richtlijn is een brongerichte richtlijn die moet voorkomen dat grondwater meer

dan 50 mg nitraat/l bevat en/of oppervlaktewater eutroof is of zou kunnen worden als de bijbehorende beschermingsmaatregelen achterwege zouden blijven. Een cruciale voorgestelde maatregel is dat elk op of in de bodem gebrachte hoeveelheid dierlijke mest (incl. de hoeveelheid die door de dieren zelf wordt opgebracht) niet 170 kg N/(ha.j) overschrijdt.

De komst van de Nitraatrichtlijn heeft het Nederlandse mestbeleid sterk beïnvloed. Door de intensivering van de landbouw na de Tweede Wereldoorlog is sprake van wijdverbreide verontreiniging van het ondiepe grondwater met nitraat. Nederland heeft derogatie aangevraagd om een andere hoeveelheid stikstof dan 170 kg/(ha.j) op te brengen voor grasland. De achterliggende argumentatie is dat: grasland meer stikstof opneemt dan akkerbouwgewassen, sprake is van een langer groeiseizoen in Nederland, meer denitrificatie optreedt in de onverzadigde zone onder grasland in Nederland. Een eventueel afwijkende hoeveelheid mag geen afbreuk doen aan het bereiken van de doelstellingen van de Nitraatrichtlijn. In zomer 2005 is een akkoord bereikt tussen Nederland en de Europese Commissie over het Nederlandse Actieprogramma Nitraatrichtlijn. Dit programma loopt tot 2008 en met de Commissie is afgesproken dat de nitraatdoelstelling van 50 mg/l in het bovenste grondwater in 2009 zal worden bereikt (en dat de gebruiksnormen voor totaal-fosfaat een traject vormen leidend tot evenwichtsbemesting in 2015).

De actuele geochemische vraag speelt wat de mate van denitrificatie is in het bovenste grondwater (eerste 5 meter van de grondwaterverzadigde zone), in hoeverre denitrificatie duurzaam is en of bij denitrificatie geen andere milieu-schadelijke stoffen vrijgemaakt worden (zoals misschien As, Ni en SO₄ bij ijzersulfide-oxidatie in associatie met denitrificatie).

Geochemisch inzicht in de redoxreactiviteit van de ondiepe ondergrond naast de inzicht in de kwaliteitstoestand van het grondwater in landbouwgebieden zijn beide noodzakelijk voor een verdere succesvolle implementatie van de Nitraatrichtlijn.

Meer informatie: www.vrom.nl/pagina.html?id=16530

2.3.6 Europese Vogel- en habitatrichtlijn

De Vogelrichtlijn en de Habitatrichtlijn zijn richtlijnen van de Europese Unie waarin aangegeven wordt welke soorten en natuurgebieden (habitats) beschermd moeten worden door de lidstaten. De Vogelrichtlijn, uit 1979 bevat een lijst van 187 zeldzame of bedreigde vogelsoorten. Voor deze vogelsoorten en voor belangrijke overwinteringsgebieden van trekvogels moeten *Speciale BeschermingsZones* (Vogelrichtlijngebieden) worden aangewezen.

De Habitatrichtlijn dateert uit 1992. Hierin staat de bescherming van natuurlijke en halfnatuurlijke habitats centraal. In de bijlagen van de Habitatrichtlijn worden 500 plantensoorten, 200 diersoorten (geen vogels, omdat die al onder de vogelrichtlijn vallen) en 198 habitats genoemd. Ze worden bovendien verdeeld over verschillende biogeografische regio's en in prioritaire en niet prioritaire soorten. Ook voor Habitatrichtlijn moeten *Speciale beschermingszones* (Habitatrichtlijngebieden) worden aangewezen.

De gebieden die vallen onder de beide richtlijnen moeten uitgroeien tot een Europees netwerk van natuurgebieden. Dit netwerk wordt *Natura 2000* genoemd. Het toont gelijkenis met de Nederlandse Ecologische Hoofd Structuur (EHS), maar het beschermingsregime is veel strenger. Aanwijzing van een gebied tot SBZ betekent dat er een speciale beschermingsstatus van toepassing is.

De Vogel- en Habitatrichtlijn worden in Nederland vertaald naar de Natuurbeschermingswet, en de Flora- en faunawet. De eerste is bestemd voor gebiedsbescherming, terwijl de laatste de soortbeschermingsaspecten van de Nederlandse natuur beschermt.

Goede afstemming tussen de Kaderrichtlijn Water en de Vogel- en Habitatrictlijn dient in Nederland te gebeuren, alhoewel bij de karakterisatie van de stroomgebieden rekening is gehouden met de ligging van de beschermingsgebieden. De relatie tussen deze richtlijnen wordt gevormd door de zogenaamde abiotische randvoorwaarden. Deze randvoorwaarden kennen met betrekking tot water en bodem zowel kwantiteit- als kwaliteitsaspecten. Voor het laatste is inzicht in de geochemische condities uiteraard noodzakelijk. Het gaat hierbij sterk om de eutrofieringstoestand maar verontreiniging met organische microverontreinigingen, zware metalen en zoutgehalte spelen ook allemaal een rol.

meer informatie:

www9.minlnv.nl/servlet/page?_pageid=358&_dad=portal30&_schema=PORTAL30

2.3.7 *Europese Bodemstrategie*

In april 2002 publiceerde de Europese Commissie de mededeling "Naar een thematische strategie inzake bodembescherming". Hierin identificeert de commissie een aantal belangrijke bodembedreigingen. Het gaat om erosie, afname van het gehalte aan organische stof, lokale en diffuse verontreiniging, afdichting, compactheid, afname van (bodem)biodiversiteit, verzilting en aardverschuivingen. Door het presenteren van deze mededeling op het gebied van bodembescherming kent de

Commissie de bodem hetzelfde belang toe als water en lucht: net als deze is de bodem een essentiële milieucomponent die voor de toekomst moet worden beschermd. De verwachting is dat de ingeslagen weg op termijn zal leiden tot een Europese Kaderrichtlijn Bodem.

De meeste Europese thema's hebben betrekking op relatief ondiepe bodemlagen. Vooral het thema lokale en regionale bodemverontreiniging heeft een relatie met diepere bodemlagen. Van de Europese Bodemstrategie wordt verwacht dat dit de lidstaten zal verplichten om nieuwe bodemverontreinigingen te voorkomen en dat bestaande verontreinigingssituaties worden gesaneerd of beheerst. Dit sluit grotendeels aan bij de ingezette beleidsvernieuwing bodemsanering. Zeker voor de grote regionale verontreinigingen (Botlek, Kempen, etc) zal sprake zijn van een beheerssituatie, waarvoor inzicht in reactiviteit van de bodem essentieel is om inzicht in gedrag en (potentiële) afbraak van verontreinigende stoffen te bepalen.

Meer informatie: europa.eu.int/comm/environment/soil/

2.3.8 *Voorbeeld: Informatiebehoefte pompstation Groenekan*

Binnen het project BIELLS is een startproject uitgevoerd dat zich richtte op de vraag:

Welke informatie hebben verschillende actoren nodig bij het beheer van een drinkwaterwingebied (in dit geval Groenekan).

Om deze vraag te beantwoorden zijn de volgende stappen doorlopen:

- opstellen van een lijst met aandachtsstoffen. Deze lijst wordt samengesteld op basis van beleidsrelevante stoffen (KRW) en stoffen die relevant zijn voor de bedrijfsvoering van Hydron.
- per stof wordt een analyse uitgevoerd van bron-pad-bedreigd object. In alle gevallen is het grondwater (op een diepte van x meter) het bedreigd object. De bron (herkomst van een stof binnen het gebied) en het pad en de daarop van invloed zijnde processen variëren per stof. De analyse van bron en pad leiden tot nieuwe informatievragen, die worden meegenomen in dit project.

- Na de stofs specifieke analyse van de informatiebehoefte wordt de informatiebehoefte gecategoriseerd.

Met name de informatiebehoefte die betrekking heeft op fysische systeemeigenschappen en chemische procesfactoren sluit aan bij dit project. Onder deze noemer zijn de volgende aspecten benoemd:

- bodemopbouw
- organische stof- en lutumgehalten
- pyriethoudende en ijzerrijke afzettingen
- voorkomen van kleilenzen.
- grondwaterstanden en -fluctuatie
- kwel- en infiltratiesituaties
- gehalten ijzer- en mangaanoxides in de bodem en ondergrond
- sulfaatgehalten ondergrond
- pH
- redoxcondities

2.4 Literatuur

Nieuwenhuis, R.H., Busink, E.R.V., van der Straaten, M.P., Japenga, J., 2003. Peiling informatiebehoefte bodemkwaliteit. Fase 1 van spoor 2 van het LandsDekkend Beeld 2005. TNO-rapport NITG 03-225-A.

3 Maatschappelijke relevantie van goede geochemische informatie

De hiervoor gesignaleerde behoefte aan bodemkundige en geochemische informatie is veelal ontstaan vanuit een maatschappelijke vraagstelling over bijv. onderwerpen als de uitspoelingsproblematiek van nitraat en fosfaat, of de zware metalen gehalten in gewassen als gevolg van verhoogde gehalten in de bodem. In dit hoofdstuk gaan we wat verder in op de maatschappelijke functie van goede geochemische informatie. Er zijn twee belangrijke redenen waarom goede informatie voor de samenleving van wezenlijk belang is. Ten eerste de verhoging van de kosteneffectiviteit van ontwikkelde maatregelen. Ten tweede de verbetering van het niveau, de transparantie, en de acceptatie van het bestuursproces waarin tot maatregelen besloten wordt (good governance). Deze twee aspecten zullen we in dit hoofdstuk verder uitwerken met betrekking tot geochemische informatie over de reactiviteit van de ondergrond.

3.1 Maatschappelijke kostenposten in het compartiment ondergrond

Om het maatschappelijke belang van goede informatie over de ondergrond te illustreren kijken we in deze paragraaf nader naar de kosten die zijn gemoeid met activiteiten die een belangrijke relatie hebben met de ondergrond. Ook zullen we proberen aan te geven waar de mogelijke baten liggen van goede geochemische informatie over de ondergrond. We zullen dit niet doen met behulp van een formele kostenbaten analyse omdat we bij de geochemische reactiviteit van de ondergrond juist ook veel te maken hebben met aspecten waar niet of nauwelijks een prijskaartje aan te hangen is. Daarom hebben we er in dit hoofdstuk voor gekozen om ons te beperken tot het geven van een overzicht van de belangrijkste (maatschappelijke) activiteiten die in relatie staan tot de ondergrond en het geld of het belang dat ermee is gemoeid, en de mogelijke voordelen die goede geochemische informatie daarbij kan bieden.

3.1.1 *Maatschappelijke activiteiten in de ondergrond*

Maatschappelijke activiteiten met een duidelijk kostenaspect

Steeds vaker wordt er gesproken over het gebruik van de ondergrondse ruimte voor een heel scala aan maatschappelijke activiteiten variërend van ondergronds bouwen tot warmte/koude-opslag. Dit soort activiteiten wordt in de volgende paragraaf besproken omdat de kosten (en baten) die ermee gemoeid zijn nog niet duidelijk zijn. De focus in deze paragraaf zal liggen op de activiteiten die nu al plaatsvinden en die enerzijds afhankelijk zijn van de kwaliteit van de ondergrond (zoals de drinkwaterwinning) en anderzijds de kwaliteit van de ondergrond beïnvloeden (zoals de landbouw).

De kosten

In tabel 3.1 staan van de belangrijkste maatschappelijk activiteiten die betrekking hebben op de ondergrond schattingen van de jaarlijkse kosten. Deze activiteiten zijn op te delen in 4 categorieën, namelijk Waterbeheer, Bodembeheer, Landbouw, en Natuurbeheer. Het is duidelijk dat binnen al deze categorieën vele honderden miljoenen euro's omgaan. Vooral het waterbeheer valt op met in totaal ruim 5

miljard aan jaarlijkse kosten voor het beheren van alle aspecten van het water in Nederland. Daarnaast vertegenwoordigt de totale voorraad te saneren landbodems ook een enorm bedrag. Hieraan wordt echter van overheidswege jaarlijks een relatief klein bedrag besteed. Zowel de overheidskosten voor regelingen t.b.v. landbouw en natuurbeheer vormen een veelvoud van de kosten die door de overheid voor bodemsaneringen worden gemaakt. Bij de landbouw moet nog worden opgemerkt dat het hier alleen gaat om bedragen die gemoeid zijn met regelingen, kosten voor de overheid dus, en niet om de omzetten die in de landbouwsector worden gemaakt, die zijn uiteraard vele miljarden.

Over de kostenposten in tabel 3.1 moet ook worden opgemerkt dat, hoewel ze allemaal een relatie met de ondergrond hebben, ze niet allemaal betrekking hebben op de geochemische toestand van de ondergrond. Voor een aantal kostenposten zal geochemische informatie over de ondergrond daarom niet belangrijk zijn. Duidelijke voorbeelden hiervan zijn het waterkwantiteitsbeheer en de waterkeringen. Posten waarvoor deze informatie duidelijk wel van belang is zijn bijvoorbeeld waterkwaliteitsbeheer (drinkwater, grondwater, en oppervlaktewater), bodemsaneringen (natuurlijk afbraakvermogen), en duurzaam bodembeheer (zowel in de landbouw als in het natuurbeheer). Deze voorbeelden worden verder uitgewerkt bij de baten.

De baten

Hiervoor is al opgemerkt dat het erg moeilijk is duidelijk te maken wat nu in harde bedragen de baten zijn van meer kennis over de geochemische reactiviteit van de ondergrond. Wel valt aan te geven bij welke activiteiten vraagstukken voorkomen waarbij de beantwoording gebaat zou zijn bij dit soort kennis. De belangrijkste worden hieronder per categorie besproken.

Waterbeheer Bij het waterbeheer zal geochemische kennis van de samenstelling van de ondergrond vooral ten bate komen van de activiteiten op het gebied van de waterkwaliteit. De meest aansprekende daarvan is natuurlijk de drinkwaterproductie. Het grootste deel van het drinkwater in Nederland wordt gewonnen uit grondwater en dit stroomt vaak vele honderden tot duizenden jaren door de Nederlandse ondergrond. De reactiviteit van deze ondergrond bepaalt dus (samen met de vervuilingsgraad van het oorspronkelijk inzijsende water en de verblijfstijd in de ondergrond) hoe schoon het water is waaruit drinkwater moet worden gemaakt. Dit bepaalt voor een belangrijk deel hoeveel reinigingskosten er moeten worden gemaakt. Belangrijke grondwaterverontreinigingen in relatie tot drinkwaterwinning zijn hardheid, nikkel, sulfaat, en gechlloreerde koolwaterstoffen. Voor oeverinfiltratiewinningen heeft de ondergrond een bufferende werking op doorslag van verontreinigingen die met het rivierwater infiltreren richting de winputten. Nieuwe problemen doen zich voor met bijvoorbeeld MTBE (zie ook verderop), de vervanger van lood in benzine, dat met het Maaswater mee infiltreert naar oeverinfiltratiewinningen in Limburg. Een ander waterkwaliteitsaspect betreft het oppervlaktewater. De oppervlaktewaterkwaliteit wordt voor een deel bepaald door de instroom van grondwater dat door de Nederlandse ondergrond is gestroomd, naast de instroom vanuit het buitenland. Voor regionale wateren bepaalt de reactiviteit van de ondergrond voor een belangrijk deel de belasting van het

oppervlaktewater met antropogene verontreinigingen. Het laatste aspect, grondwaterafhankelijke natuur, wordt onder Natuurbeheer gesproken.

Tabel 3.1. Overzicht van de belangrijkste maatschappelijke activiteiten m.b.t. de ondergrond en schattingen van de jaarlijkse kosten door in het bijzonder de overheid.

Activiteit	Schatting jaarlijkse kosten (10 ⁶ euro)	Opmerkingen
Waterbeheer		
Drinkwaterzuivering	16	
Extra kosten drinkwater door veront. Opp. Water	413	Bestrijdingsmiddelen 50 Zware metalen 70 Nutriënten 140 Overig 170
Beheer van hoofdwatersysteem	1000	Bron: IBO Bekostiging Waterbeheer
Grondwaterbeheer	16.5	Idem
Waterkwantiteitsbeheer	501	Idem
Waterkeringen	114	Idem
Waterkwaliteit inclusief zuivering	1025	Idem
Beheer riolering	1006	Idem
Productie en levering drinkwater	1128	Idem
Bodembeheer		
Kosten sanering landbodems	16400	Totaal, niet jaarlijks
Bijdrage overheid aan saneringen	150	Jaarlijks
Duurzaam (bodem)beheer in de landbouw	23	
Landbouwbeheer (overheidskosten)		
Uitvoering en Handhaving Mestwet	70	
Regeling verdroging natuurgebieden door wateronttrekking	37	Alleen veeteelt, bijdrage akkerbouw moet minstens zo groot zijn
Opkoopregeling dier- en mestrechten	356	Totaal, niet jaarlijks
Regeling beëindiging Veehouderijtakken	257	Idem
Sloopregeling voor stallen	356	Idem
Kosten agrar. bedrijven voor mestafzet	90	
Administratieve lasten ivm mestwet	125	
Natuurbeheer		
Overheid (gemiddeld 1999-2000)	547	De drie grootste posten zijn aankoop en inrichting, beheer, en subsidies voor beheer door derden
Particulieren (gemiddeld 1999-2000)	250	

Bodembeheer Zowel bij saneringen als bij duurzaam bodembeheer kan kennis van de geochemie van de ondergrond profijtelijk zijn. Bij saneringen kan het bijdragen aan het bedenken van strategieën die gebruik maken van het natuurlijk afbraakvermogen van de bodem (natural

attenuation). Ook bij de implementatie van andere in-situ saneringstechnieken als stoominjectie of permanganaatreactie is kennis van de reactiviteit van de ondergrond onontbeerlijk. Het gaat hierbij zowel om verliezen naar de omgeving als stabiliteit van de grond en risico's voor de omgeving.

Bij het duurzaam beheren van de bodem kan geochemische kennis van de ondergrond leiden tot een besluit om bepaalde activiteiten (bijv. bepaalde vormen van landbouw) op een bepaalde bodem niet te ontwikkelen of om ze wel te ontwikkelen maar wel met een aangepaste (duurzame) uitvoeringspraktijk. Landgebruik zou immers bij voorkeur zo veel mogelijk moeten aansluiten bij de natuurlijke potentie van een gebied.

Landbouw

Voor landbouw zijn twee situaties te onderscheiden ten aanzien van de baten: ten eerste de milieubelasting die landbouwactiviteiten maken op de ondergrond en ten tweede de potentie die landbouw heeft als gevolg van de bodemgesteldheid (bodemvruchtbaarheid, etc.). Alle vraagstukken die met (verontreiniging met) nutriënten, bestrijdingsmiddelen en nutteloze bijproducten in meststoffen (zoals zware metalen) te maken hebben, zijn gebaat bij kennis over het lot van deze stoffen in diepere bodemlagen. Daarvoor is niet alleen kennis over het gedrag van deze stoffen nodig, maar vooral ook kennis over de ruimtelijke verspreiding van de geochemische reactiviteit in de Nederlandse ondergrond. Met deze kennis zou bijvoorbeeld de mestwetgeving kunnen worden verfijnd en bovendien zou dit soort kennis ook behulpzaam kunnen zijn voor pleidooien bij verzoeken richting de Europese Commissie. Denk bijvoorbeeld aan het derogatieverzoek m.b.t. de aanwendingsnorm voor mest en de huidige discussie over het dieper toetsen van de nitraatgehaltes in het grondwater. Ten aanzien van bodemgesteldheid en de ondergrond verdient het fenomeen van zoute kwel aandacht: zoute kwel tot in de wortelzone leidt tot zoutschade en inkomstenderving in landbouwopbrengsten en/of preventieve beperkingen in de landbouwpraktijk. In Noord- en West-Nederland komt veel zout of brak grondwater voor, wat beperkend is in de landbouwkundige praktijk.

Natuurbeheer

Bij natuurbeheer van grondwaterafhankelijke ecosystemen wordt nu vaak nog erg de nadruk gelegd op de mogelijkheden voor natuurontwikkeling gelet op de hydrologische situatie. Het zou goed zijn als bij dit soort afwegingen ook meer de biogeochemische condities in de overweging worden meegenomen. Dan worden namelijk niet alleen de hydrologische randvoorwaarden duidelijk, maar ook de chemische. En deze chemische randvoorwaarden kunnen zeker tot beperkingen leiden in de mogelijkheden voor natuurontwikkeling bijv. door overmatige aanwezigheid of nalevering van nutriënten, of door verontreiniging met bestrijdingsmiddelen of zware metalen. Bij oppervlaktewater als natuur, speelt de ondergrond indirect ook een rol: door stroming van polders naar de boezem met zijn waardevolle oppervlaktewateren is de kwelbelasting van het poldersysteem ook een term die doorwerkt naar de boezem. Het

aspect van afwenteling speelt hierbij een rol. Zoute kwel is niet alleen ongewenst voor landbouwactiviteiten in polders maar ook voor zoete aquatische ecosystemen. Daarnaast kan nutriëntrijke kwel de oppervlaktewaterkwaliteit negatief beïnvloeden.

Maatschappelijke activiteiten zonder een duidelijk kostenaspect

In deze paragraaf komen grofweg twee soorten activiteiten aan de orde. Ten eerste de activiteiten waarvoor nooit een duidelijk kostenplaatje zal kunnen worden opgesteld zoals het behoud van cultureel erfgoed. Ten tweede de activiteiten waarvoor op termijn zal moeten blijken hoeveel geld er in om zal gaan zoals het gebruik van de ondergrond voor bijv. bouwen en warmte/koude-opslag. De belangrijkste worden hieronder besproken.

Behoud cultureel erfgoed	Sinds het Verdrag van Valletta bestaat de verplichting om te waken over het behoud van cultureel, archeologisch erfgoed. Dit heeft ook in Nederland geleid tot hernieuwde aandacht en vernieuwd beleid voor de omgang met archeologische vindplaatsen. Dit betekent in de praktijk dat overal waar initiatieven worden ontplooid (zoals nieuwbouw of wegenbouw) expliciet moet worden gekeken naar mogelijk aanwezige archeologie. En als die wordt aangetroffen, moet er een oplossing voor worden bedacht. Hiervoor zijn twee mogelijkheden, opgraven en behoud <i>in-situ</i> . Het beleid is dat naar deze laatste optie de voorkeur uitgaat tenzij die onmogelijk is. Voor behoud <i>in-situ</i> is, naast fysieke versterking van de vindplaats, de afbraak van archeologische artefacten een van de grootste bedreigingen. Hiervoor zijn geochemische karakteristieken van de vindplaats, die zich in de ondergrond bevindt, zoals pH, redoxtoestand e.d. van doorslaggevend belang. Met dit soort kennis, die nu nog veelal ontbreekt kunnen dit soort afwegingen beter worden gemaakt.
Corrosie van ondergrondse infrastructuur	Veel Nederlandse infrastructuur bevindt zich onder de grond, denk aan kabels en leidingen voor gas, water en telefonie en aan betonnen constructies als tunnels e.d. Deze ondergrondse infrastructuur staat in direct contact met de geochemische omgeving van de betreffende bodemlaag. Kennis over de geochemische karakteristieken van deze lagen in Nederland en de verschillen daarin over Nederland kan profijtelijk zijn voor het inschatten van het corrosiegevaar voor de verschillende materialen waarvan de infrastructuur is gemaakt. De baten zouden hier voor een belangrijk deel bestaan uit vermeden kosten.
Ondergrondse Ordening	Steeds meer wordt de ondergrond gezien als een ruimte waar nog mogelijkheden liggen voor het onderbrengen van maatschappelijke activiteiten, uiteenlopend van ondergronds bouwen tot warmte/koude-opslag in de ondergrond. Om afwegingen m.b.t. tot de Ruimtelijke Ordening van de Ondergrond goed te maken is kennis

van de geochemie van de ondergrond buitengewoon belangrijk.

Bij warmte/koude-opslagsystemen worden geochemische reacties opgeroepen door de temperatuurverandering van het grondwater. Dit kan een negatieve invloed hebben op de duurzaamheid van het systeem: putverstopping door migratie van kleimineralen, neerslag van kalk (ketelsteeneffect) zijn negatieve processen die de levensduur van een systeem sterk kunnen beperken. Mitigerende maatregelen leiden tot extra kosten van het opslagsysteem.

Voldoen aan EU
verplichting

Bij diverse verplichtingen die Nederland heeft t.o.v. de EU als gevolg van Europese wet en regelgeving (denk aan Kaderrichtlijn Water, Nitraatrichtlijn, etc.) is kennis van de samenstelling van de ondergrond buitengewoon nuttig. Dit geldt zowel voor rapportageverplichting als voor bijv. monitoringsverplichtingen. In de decembernota 2005 van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat wordt een eerste inschatting gemaakt van de kosten die gemoeid zijn met KRW-inspanningen. Deze lopen uiteen van 475 tot 1175 miljoen euro per jaar voor de periode 2009 - 2015.

Ondersteuning
verzoeken bij EU

Nederland doet, net als andere landen, soms verzoeken om af te mogen wijken van Europese regelgeving. Een bekend voorbeeld is het derogatieverzoek m.b.t. tot de mestgift op landbouwgronden. Dit soort verzoeken is gebaat bij een gedegen kennis van de geochemie van de ondergrond. Een voorbeelden waar dit soort kennis de komende tijd hard nodig zal zijn, is de toekenning van waterkwaliteiten aan de stroomgebieden in het kader van de Kaderrichtlijn Water.

3.2 Good governance en geochemische informatie

Good governance is een begrip dat steeds vaker wordt gehanteerd, zowel met betrekking tot de manier waarop het landsbestuur in ontwikkelingslanden zou moeten worden georganiseerd als ook in beleidsdocumenten dichter bij huis zoals het Zesde Milieu Actieprogramma van de EU en een in 2001 verschenen White Paper on European Governance (COM(2001) 428). De betekenis van good governance is echter lang niet zo duidelijk als het veelvuldig gebruik van het begrip doet vermoeden. In dit hoofdstuk proberen we aan het begrip good governance invulling te geven gericht op het genereren van de geochemische informatie over de ondergrond van Nederland, het doel van de studie die zal volgen op deze definitiestudie. Dat gebeurt in twee stappen. Allereerst wordt de betekenis van good governance in algemene zin geanalyseerd. In stap twee wordt dit algemene plaatje zoveel mogelijk ingevuld voor het specifieke werkveld van de geochemie van de ondergrond.

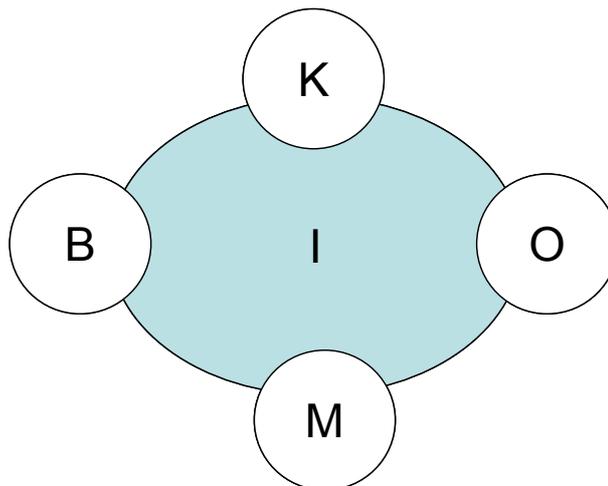
3.2.1 Belangrijke aspecten van good governance

Governance

Governance is geen nieuw fenomeen. Het betekent feitelijk niets anders dan "het proces van besluitvorming en implementatie". In een communicatie van de Europese Commissie (COM(2003) 615) over "Governance and Development" gebaseerd op het genoemde White Paper (COM(2001) 428) stelt de commissie dat er weliswaar geen definitie is van governance maar dat er wel degelijk een duidelijk beeld is van waar governance over gaat. De commissie omschrijft het als volgt:

"Governance refers to the rules, processes, and behaviour by which interests are articulated, resources are managed, and power is exercised in society."

Dergelijke processen spelen zich in verschillende omgevingen af variërend van (grote) bedrijven tot overheden (nationaal en lager) tot de internationale gemeenschap. Omdat het om processen gaat waarbij vaak meerdere belangen een rol spelen, is het bij een analyse van governance essentieel dat bekend is welke actoren achter die belangen zitten. Pas dan is goed te analyseren hoe besluiten worden genomen en hoe ze worden geïmplementeerd (of niet).



Figuur 3.1 Schematische weergave van de bij governance betrokken actoren volgens het KOMBI acroniem (Kennisinstituten, Overheid, Maatschappelijke actoren, Bedrijfsactoren, Informatie/Innovatie).

Een veelgebruikt acroniem om de belangrijke groepen van actoren weer te geven is KOMBI. De eerste vier letters staan voor de actoren kennisinstituten, overheid, maatschappelijke actoren, en bedrijfsactoren. De I staat voor de informatie/innovatie die nodig is bij c.q. voortkomt uit de interactie van de juiste actoren rond een bepaald maatschappelijk probleem.

Good governance

Met het noemen van de juiste actoren rond een bepaald maatschappelijk probleem zijn we al in de sfeer van good governance beland. Een van de belangrijke kenmerken van good governance is namelijk participatie, alle betrokken partijen moeten (kunnen) deelnemen aan voor hen belangrijke besluitvorming. In de

literatuur over (good) governance bestaan wel wat verschillende indelingen van de belangrijkste kenmerken van good governance (Kjaer, 2004; Pierre, 2000; Rhodes, 1997), maar de 5 principes die genoemd worden in het White Paper on European Governance (COM(2001) 428) dekken de lading goed. In tabel 3.2 volgt een overzicht van deze 5 kenmerken

Tabel 3.2. De 5 principes van good governance volgens het White Paper on European Governance (COM(2001) 428).

Openheid	Openheid of transparantie betekent vooral dat duidelijk is hoe besluiten zijn terug te voeren op de wet- en regelgeving, op welke informatie de belangenafweging is gebaseerd, en dat hierover op een voor iedereen begrijpelijke manier wordt gecommuniceerd (inclusief de openbare beschikbaarheid van alle informatie die aan de besluitvorming ten grondslag ligt).
Participatie	Participatie betekent dat alle partijen waarvoor het besluit van betekenis is op enigerlei wijze bij de besluitvorming worden betrokken. Op deze manier wordt gewaarborgd dat alle belangen in de afweging worden meegenomen, en er wordt voorkomen dat groepen in de maatschappij het gevoel krijgen dat besluiten van hogerhand over hen worden uitgestort.
Verantwoordelijkheid	Verantwoordelijkheid betekent dat in het (transparante) proces van good governance alle betrokken actoren rekenschap verschuldigd zijn aan zowel de maatschappij als geheel als aan hun respectievelijke achterbanen.
Effectiviteit	Effectiviteit betekent dat met de besluiten die worden genomen het beoogde doel wordt bereikt. Dit betekent zowel dat besluiten inhoudelijk tot het juiste resultaat moeten leiden als dat ze tijdig moeten worden genomen zodat het gewenste effect nog bereikt kan worden. Bovendien wordt hier nadrukkelijk verwezen naar de principes van proportionaliteit en subsidiariteit; maatregelen moeten in verhouding staan tot het maatschappelijke probleem en ze moeten op het juiste (overheids) niveau worden genomen. Een cruciaal aspect van effectiviteit is de beschikbaarheid van de best mogelijke informatie (goede 'fact finding') om daarmee tot de meest effectieve maatregel te kunnen komen.
Coherentie	Coherentie betekent dat besluiten op een logische wijze in verband moeten kunnen worden gebracht met besluiten en regelgeving uit andere domeinen. Hiermee ontstaat duidelijkheid en wordt voorkomen dat regelgeving vanuit verschillende domeinen tot onderling strijdige besluiten leidt.

Uit de kenmerken in tabel 3.2 blijkt dat good governance geen eenvoudig te realiseren manier van besturen is waarbij de overheid (maar ook bedrijven en kennisinstellingen etc.) moet erkennen dat je voor het oplossen van complexe problemen anderen nodig hebt. Je kunt het in de huidige samenleving niet meer alleen. Daar komt bij dat burgers mondiger zijn geworden. Zij eisen een democratisch en transparant proces. Het oplossen van complexe problemen lukt dus

niet meer met louter reguleren (een set regeltjes waaraan je moet voldoen), maar zal door delibereren en leren tot stand moeten worden gebracht (lerende beleidsvorming).

Bij een vraagstuk dat maatschappelijk als probleem wordt ervaren, wordt in deze aanpak het juiste beleid ontwikkelt in zeer nauwe samenwerking met de juiste maatschappelijke actoren. Op deze manier zijn de belangen van de drie P's (people, planet, profit) vertegenwoordigd. In gezamenlijkheid bepalen deze actoren welke informatie en kennis nodig is in deze lerende beleidsvorming. Het lerende aspect betekent niet dat achteraf lering getrokken wordt uit het proces. Nee, het is juist nadrukkelijk de bedoeling dat in alle fasen van het proces alle belanghebbenden invloed kunnen hebben zodat alle relevante belangen en alle relevante informatie en kennis betrokken wordt bij het vormgeven van het juiste beleid. Het leren vindt op deze manier continu plaats.

3.3 Good governance en geochemische reactiviteit van de ondergrond

Project of proces

Geheel in overeenstemming met het ideaalbeeld van good governance dat is geschetst in de vorige paragraaf, zou de kennisontwikkeling over de geochemische reactiviteit van de ondergrond kunnen worden vormgegeven als proces. Een bruikbaar en beleidsrelevant kennisontwikkelingsproces zou dan sterk verweven moeten zijn met de beleidsprocessen die hiermee te maken hebben. Een project dat gericht is op zo'n soort kennisontwikkelingsproces zal naast het projectmanagement ook het procesmanagement moeten regelen, dat wil zeggen rekening houden met het proces waartoe de informatieverzameling noodzakelijk en nuttig is. De fasering van het onderzoek zou dan ook gekoppeld moeten worden aan de fasering van het beleidsproces en andersom.

De projectgroep heeft hierover nagedacht en is tot de conclusie gekomen dat het in dit stadium geen haalbare kaart is om het kennisontwikkelingstraject op een dergelijke procesmatige wijze in te richten. Ten eerste omdat de maatschappelijke erkenning van het onderhavige probleem zich nog in een zeer prille fase bevindt. Dit zorgt ervoor dat het vrijwel ondoenlijk is tot een efficiënt proces te komen omdat nog niet alle maatschappelijke actoren op een gelijkwaardige, betrokken wijze aan dit proces kunnen bijdragen. Ten tweede vraagt de procesmatige, good governance aanpak van kennisontwikkeling om een dusdanig andere inrichting van het project dat wij een dergelijke wijziging minder geschikt achten binnen het kader van het RGI-programma.

Om deze redenen heeft de projectgroep besloten tot een project te komen waarbij de aandacht voor good governance toch gestalte zal krijgen, en wel via de inbreng van het gebruikersplatform en door de explicitering en concretisering van de 5 principes van good governance.

Good governance in het project Ruimte voor Geo-Chemische Informatie

Nu duidelijk is op welke wijze we in dit project willen bijdragen aan good governance van de Nederlandse ondergrond resten ons nog twee belangrijke zaken. Ten eerste het identificeren en enthousiasmeren van de betrokken actoren. En ten tweede het concreet invullen van de algemene principes van good governance voor het werkveld van de geochemische reactiviteit van de Nederlandse ondergrond.

Het gebruikersplatform

De actoren die we tot nu toe bij het project hebben weten te betrekken staan weergegeven in tabel 3.3. Zij zijn ingedeeld volgens het KOMBI-model en uit die indeling blijkt dat voornamelijk de overheid en de kennisinstellingen goed zijn vertegenwoordigd. Dat geldt in mindere mate voor het bedrijfsleven en de vertegenwoordiging van de maatschappelijke actoren is wat ons betreft nog te gering. Om de vertegenwoordiging vanuit deze laatste twee maatschappelijke groepen te verbeteren zal in het vervolg van dit project nog gericht gezocht worden naar actoren uit deze twee groepen.

Tabel 3.3. De samenstelling van het gebruikersplatform

Actor	Rol in het KOMBI-model
TNO	Kennisinstelling
Alterra	Kennisinstelling
Ministerie VROM	Overheid
Ministerie LNV	Overheid
Milieu- en Natuur Planbureau	Kennisinstelling/Overheid
Rijksdienst voor Oudheidkundig Bodemonderzoek	Kennisinstelling/Overheid
RIZA	Kennisinstelling/Overheid
Bodem+	Overheid
Natuurmonumenten	Maatschappelijke actor
Tauw	Bedrijfsleven
Grontmij	Bedrijfsleven
KIWA	Kennisinstelling
VEWIN	Maatschappelijke actor
Vitens	Bedrijfsleven
Provincie Gelderland	Overheid
Provincie Zuid-Holland	Overheid
Provincie Noord-Brabant	Overheid
Waterschap Rivierenland	Overheid

De good governance principes ingevuld voor de geochemie van de ondergrond

Voor een goede invulling van de good governance principes is de inbreng van de leden van het gebruikersplatform noodzakelijk. We geven in tabel 3.4 een eerste aanzet tot invulling van de 5 principes specifiek voor dit project. Om het project zoveel mogelijk in de geest van de good governance uit te voeren, blijft het gedurende het gehele project van belang dat de leden van het gebruikersplatform nadenken over de invulling van deze 5 principes. Moet er iets worden bijgesteld? Ontbreekt er nog iets? Is er inmiddels iets overbodig gebleken? Over al deze vragen moet gedurende het project blijvend worden nagedacht.

Tabel 3.4. De 5 principes van good governance ingevuld met betrekking tot geochemische informatie over de reactiviteit van de ondergrond.

Openheid	Openheid of transparantie betekent voor geo-informatie vooral dat het openbaar moet zijn en gratis toegankelijk. Dit wordt gerealiseerd door de resultaten van het vervolgproject, waarin het ontwikkelen van een methodiek om de geochemische reactiviteit van de ondergrond in kaart te brengen centraal staat, openbaar te maken. Daarnaast zal de eigenlijke verkregen geochemische informatie van de ondergrond ook publiek beschikbaar gesteld worden.
Participatie	Participatie betekent dat alle partijen die regelmatig te maken hebben met problemen waarbij informatie over de geochemische reactiviteit van de ondergrond van belang is, zullen worden verenigd in een gebruikersplatform. Binnen dit platform zal ruimte zijn om vanuit alle groepen maatschappelijke actoren een bijdrage te leveren aan de kennisontwikkeling op genoemd terrein. Dit leidt enerzijds tot relevante kennisontwikkeling en anderzijds tot draagvlak voor de ontwikkelde kennis.
Verantwoordelijkheid	Als een belangrijk punt van verantwoordelijkheid zien wij in dit geval concreet het feit dat er voor geo-informatie, zoals informatie over de reactiviteit van de ondergrond, een aanspreekpunt komt. Dit zorgt voor een gevoel van verantwoordelijkheid bij de instituten die dit aanspreekpunt vormen, en dit komt de kwaliteit van de informatie ten goede. Concreet stellen wij ons voor dat de gezamenlijke database DINO/BIS die in ontwikkeling is, het verzamelpunt van dit soort informatie wordt en dat de betrokken instituten TNO en Alterra de aanspreekpunten zullen vormen.
Effectiviteit	De bijdrage die we binnen het vervolgproject aan effectiviteit willen leveren is simpelweg informatie van optimale kwaliteit. Dit soort 'good fact finding' is van essentieel belang voor good governance.
Coherentie	Aan het aspect coherentie wordt binnen het vervolgproject aandacht besteed door te zorgen dat de methodiek voor de te verzamelen dataset zo zal worden ontwikkeld dat zij zo consistent mogelijk zal aansluiten bij andere dataverzamelingcampagnes. Dit zorgt voor onderling goed vergelijkbare datasets, hetgeen bijdraagt aan de ontwikkeling van een coherent beleid.

3.4 Conclusie

Het maatschappelijke belang van goede geochemische informatie over de Nederlandse ondergrond is in dit hoofdstuk op twee manieren duidelijk gemaakt. Enerzijds door inzichtelijk te maken hoe groot de jaarlijkse kosten zijn die verbonden zijn met het gebruik van de ondergrond in Nederland. Anderzijds door aan te geven hoe dit soort informatie van belang is om te komen tot 'good governance'.

Wat betreft de maatschappelijk kosten is gebleken dat met betrekking tot het compartiment ondergrond jaarlijks vele miljarden omgaan in waterbeheer, bodembeheer, landbouw, en natuurbeheer. Hoewel niet alle activiteiten die hierbij geïnventariseerd zijn, gebaat zijn bij goede geochemische informatie is wel duidelijk geworden dat bij de zaken waarvoor het wel van belang is de baten aanzienlijk kunnen zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor waterkwaliteitsbeheer (drinkwater, grondwater, en oppervlaktewater), bodemsaneringen (natuurlijk afbraakvermogen), en duurzaam bodembeheer (zowel in de landbouw als in het natuurbeheer). De baten zijn enerzijds het gevolg van kosteneffectievere maatregelen (bijv. in het waterkwaliteitsbeheer) en anderzijds van vermeden kosten (bijv. bij het duurzaam beheer van de bodem, beter gebiedsspecifiek beleid).

Naast de duidelijke financiële kosten en baten zijn er ook nog profijtelijke effecten die niet goed in geld zijn uit te drukken. Hierbij valt te denken aan het behoud van het cultureel en archeologisch erfgoed (Verdrag van Valetta) en aan het voldoen aan (monitorings)verplichtingen van de EU. Beide zijn gebaat bij goede geochemische informatie. Met deze niet-financiële effecten zijn we beland bij het tweede aspect dat in dit hoofdstuk centraal stond, good governance. Na een korte analyse van de kern van good governance, zijn we tot de conclusie gekomen dat het voor een procesmatige, good governance aanpak van dit project/vraagstuk nog te vroeg is; er zijn daarvoor nog te weinig actoren doordrongen van het belang van dergelijke informatie. Wel is het verstandig om bij de verder aanpak van dit vraagstuk zoveel mogelijk in lijn te handelen met de kerngedachten van good governance. Daarom hebben we enerzijds een gebruikersplatform geformeerd om de maatschappelijke betrokkenheid te garanderen en te vergroten. Anderzijds hebben we invulling gegeven aan de 5 kernbegrippen van good governance zoals geformuleerd in het White Paper on European Governance (COM(2001) 428), te weten openheid, participatie, verantwoordelijkheid, effectiviteit, en coherentie. Op deze manier hopen we te bewerkstelligen dat de maatschappelijk belangrijke geochemische informatie over de ondergrond daadwerkelijk in de samenleving een rol gaat spelen bij het nemen van beslissingen.

3.5 Literatuur

- Anoniem, 2004. Mineralen beter geregeld. Evaluatie van de werking van de Meststoffenwet 1998 - 2003. RIVM rapport 500031001, Bilthoven, 170 pp.
- Bolt, F. van der, Bosch, R. van den, Brock, T., Hellegers, P., Kwakernaak, C., Leenders, D., Schoumans, O., en P. Verdonschot, 2003. *AQUAREIN*. Gevolgen van de Europese Kaderrichtlijn Water voor landbouw, natuur, recreatie en visserij. Alterra-rapport 835, Wageningen, 152 pp.
- Bosch, F.J.P. van den, Pleijte, M., Balduk, C., Dam, R.I. van, Veeneklaas, F.R., Vreke, J., Savornin Lohman, L. de, Vrolijk, H.C.J., 2004. Speltheorie en

- complexe besluitvorming: zoektocht naar een methode voor onderzoek naar en analyse van besluitvormingsprocessen. Wageningen, Natuurplanbureau, 164 pp.
- Broekmans, M.A.T.M., 2002. The alkali-silica reaction: mineralogical and geochemical aspects of some Dutch concretes and Norwegian mylonites. Academische proefschrift, Universiteit Utrecht, 144 pp.
- Brouwer, R., 2004. Wat is schoon water de Nederlander waard? *H₂O*, 12, p. 4-5.
- Conclusions from the Conference "Science and Governance In a Knowledge Society: The Challenge for Europe", 16-17 October 2000, Brussels.
- European Governance. A White Paper, 2001. Commission of the European Communities, Brussels, COM(2001) 428 final.
- Geudens, P.J.J.G., 2004. Waterleidingstatistiek 2003. VEWIN rapport 2004/37/6217, 30 pp.
- Governance and Development. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament and the European Economic and Social Committee, 2003, Brussels, COM(2003) 615 final.
- Kjaer, A.M., 2004. Governance, Cambridge, 240 pp.
- Mededeling van de Commissie aan de Raad, het Europees Parlement, het Economisch en Sociaal Comité en het Comité van de Regio's betreffende het zesde milieuactieprogramma van de Europese Gemeenschap "Milieu 2010: Onze toekomst, onze keuze", 2001, Brussels, COM(2001) 31 definitief.
- Meijerink, M.H. IBO-rapport Bekostiging Waterbeheer, Ministerie van Financiën, 2004
- Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer, en Visserij. Vitaal en Samen, LNV-Beleidsprogramma 2004-2007.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Water in Beeld 2005. Voortgangsrapportage over het waterbeheer in Nederland, mei 2005
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Decembernota 2005, de beleidsbrief, versie 8.0.
- Pierre, J., 2000. Debating Governance. Oxford University Press, Oxford, 251 pp.
- Reinhard, S., Bommel, K. van, Janssens, B., en Koning, M., 2005. Knopen en knoppen in de economische analyse van de EU Kaderrichtlijn Water. LEI rapport 4.05.06, Den Haag, 86 pp.
- Rhodes, R.A.W., 1997. Understanding governance: policy networks, governance, reflexivity and accountability. Open University Press, Buckingham, 235 pp.
- Sengers, H. en Hoste, R., 2004. Indicatie van de maatschappelijke kosten van varkenshouderij in Nederland door vermesting en dierziekten; een quick scan. LEI, Den Haag.
- Sterkenburg, A., Lieste, R., Cleen, M.P.T.M. de, en Versluijs, C.W., 2005. Scenario's Bodemsaneringsoperatie. RIVM rapport 607400001, Bilthoven, 84 pp.
- Tiktak, A. en Wezel, A.P. van, 2005. Onvoldoende waarborgen voor duurzaam bodemgebruik. Evaluatie Beleidsbrief Bodem. BODEM, 3, pp. 92-95.
- Tiktak, A., Wezel, A.P. van, Dam, J.D. van, en Versluijs, K., 2004. Ex-ante evaluatie van de Beleidsbrief Bodem. RIVM rapport 500025003.
- Verkenning van het Rijksoverheidsbeleid in het kader van de Nationale Strategie voor Duurzame Ontwikkeling
- VEWIN, 2004. Water in Zicht 2003. Bedrijfsvergelijking in de drinkwatersector. VEWIN rapport 2004/38/6243, 64 pp.
- VRM, Beleidsbrief Bodem, 2003.
- Wielen, P. van der, 2005. De onbetaalde rekening van de Nederlandse veeteelt. Een verkenning naar de maatschappelijke kosten van de veeteeltsector. Delft, CE, 33 pp.

4 De milieuhygiënische toestand van bodem en water in Nederland

Voor een aantal van stoffen zijn uitgebreide nationale of regionale monitoringsstudies uitgevoerd, en is dus redelijk bekend in welke regio's de problemen zich voordoen. Voor andere probleemstoffen zijn er minder gegevens bekend. Ten aanzien van de toestand met betrekking tot organische microverontreinigingen die typisch als puntverontreinigingen voorkomen (gechloreerde koolwaterstoffen, aromatische verbindingen als benzeen, etc.), worden geen nationale of regionale overzichten opgesteld. In de toekomst zal dit meer moeten gebeuren aangezien diverse stoffen die als typische puntverontreinigingen voorkomen zogenaamde prioritairere stoffen zijn volgens EC Water Framework Directive (2000/60/EC), Decision 2455/2001/EC). De milieuhygiënische toestand voor zulke stoffen zal op een nader te bepalen manier beschouwd moeten worden onder de komende Grondwaterrichtlijn.

In het kader van dit hoofdstuk is een samenvatting gemaakt van de milieuhygiënische toestand van bodem en water op regionaal niveau in Nederland, waarbij het zwaartepunt op het grondwatercompartiment ligt. Dit wordt zo veel mogelijk gedaan in termen van het regionaal voorkomen van normoverschrijdingen voor stoffen (zogenaamde Nederlandse probleemstoffen). De samenvatting is gebaseerd op een aantal recente rapporten van (onder andere) Alterra, RIVM en TNO, en referenties die in deze rapporten gegeven zijn. De samenvatting is opgenomen in Bijlage A. Voor lokale bodemverontreiniging en bodemsanering valt een regionaal overzicht niet te geven anders dan de aantallen van bodemsaneringsgevallen. Er worden enkele recente ontwikkelingen geschetst, die binnen het kader van geochemische informatiebehoefte, belangwekkend zijn.

De samenvatting dient twee doelen:

1. het aangeven van stoffen met betrekking tot waarvan de kwaliteit van bodem en/of water niet op orde is, de zogenaamde probleemstoffen;
2. het praktisch inzichtelijk maken van de problematiek ten aanzien van de milieuhygiënische kwaliteit van Nederland.

Voortbouwend op de samenvatting worden in dit hoofdstuk algemene constatering gemaakt over relaties tussen het regionale voorkomen van probleemstoffen in grondwater en bodem, en de geochemische reactiviteit van de ondergrond.

4.1 Problemen en probleemstoffen

Vanuit de samenvatting van de milieuhygiënische toestand in Nederland (Bijlage A) en de studie naar de informatiebehoefte voor ondergrondgegevens (Hoofdstuk 2), volgt dat er diverse problemen met stoffen in de bodem en het water in Nederland voorkomen, die zijn te verdelen in:

- Milieuproblemen (vermesting, verzuring, verspreiding, ecologische en humane risico's), waarbij gesproken wordt over probleemstoffen;
- Andere problemen zoals aantasting van het in de bodem bewaarde erfgoed, corrosie van ondergrondse constructies. Het gaat hier om vooral om sulfaat en zuurstof.

De probleemstoffen in het milieu zijn:

- Nutriënten (N, P)
- Zouten

- Zware metalen
- Bestrijdingsmiddelen
- Organische microverontreinigingen
- Andere, recentelijk erkende milieuverontreinigingen: de zogenaamde “emerging substances” zoals MTBE en xeno-oestrogene of farmaceutische verbindingen (in Nederlands ook wel recentelijk ‘vergeten stoffen’ genoemd)

4.2 Het heersen van geochemische vraagstukken

De hierboven genoemde stoffen belasten en verontreinigen het Nederlandse water- en bodemsysteem. De impact van deze stoffen is afhankelijk van de reactiviteit van de ondergrond ten opzichte van de stoffen. Deze reactiviteit wordt omschreven als:

het vermogen natuurlijke of antropogene stoffen

- *af te kunnen breken*
- *vast te leggen*
- *vrij te maken*

Voor het leggen van verbanden tussen de kwaliteit van bodem, oppervlaktewater en grondwater en het functioneren van ecosystemen of het geschikt zijn voor antropogene functies, speelt de reactiviteit van de ondergrond een grote rol. Reactiviteit kan reversibel zijn, zoals adsorptie en desorptie van metalen en organische verontreinigen, maar ook irreversibel, zoals de reductie van nitraat en afbraak van organische verbindingen.

Uit de samenvatting van de milieuhygiënische toestand in Nederland (Bijlage A), komen de volgende geochemische en bodemkundige constatering naar voren:

- Het is duidelijk dat de milieuhygiënische kwaliteit van grondwater en bodem in Nederland in een aantal opzichten niet goed is.
- De regionale chemische kwaliteit van grondwater (ondiep en middeldiep) met betrekking tot nitraat, kalium, aluminium, cadmium, nikkel, zink wordt in bepaalde mate bepaald door de samenstelling van de ondergrond: verhoging in het zand- en lössgebied. Kalium is gerelateerd aan mariene afzettingen en arseen is natuurlijk verhoogd in het rivierengebied.
- Het bodemtype is, naast het landgebruik, de bepalende factor voor het gehalte zware metalen in de top van de bodem, zowel door verschil in natuurlijke gehalte, als door verschillen in bindingscapaciteit als antropogene belasting optreedt.
- Concentraties van metalen in ondiep grondwater zijn gestegen door uitloging vanuit de top van de bodem, vooral in zandige bodems met intensieve landbouw. Uitspoeling van zware metalen uit de bodem is een belangrijke bron van metalen voor oppervlaktewater.
- De grondsoort is, naast landgebruik en hydrologie bepalende factor in de nutriëntenbelasting van het grondwater en oppervlaktewater in Nederland.
- Er is geen nationaal inzicht in de milieuhygiënische toestand van het grondwater met betrekking tot pesticiden. Dit inzicht is wel noodzakelijk conform de EU Kaderrichtlijn Water (drempelwaarde voor de bestrijdingsmiddelen: 0,1 µg/l).
- Niet alle bodems zijn even kwetsbaar voor de uitspoeling van bestrijdingsmiddelen. De kwetsbaarheid voor drainage is over het algemeen hoger in het westen en noorden van het land met ondiepe grondwaterstanden en de aanwezigheid van drainagesystemen. Het uitspoelingsprobleem is groot in het oosten en zuiden van het land, waar goed ontwaterde lichtzure bodems

voorkomen. Uitspoeling is ook groot in bodems met een laag organisch stof gehalte zoals löss- en duinbodems.

- De diffuse stoffenbelasting van het oppervlaktewater is in Nederland een relatief groot probleem t.o.v. puntbronnen. Voor KRW en ander oppervlakte-waterkwaliteitsbeleid is er een grote informatiebehoefte aangaande de diffuse belasting. De belangrijkste diffuse emissieroute is voor veel stoffen door de geochemisch reactieve ondergrond. In Nederland is de geochemie van de ondergrond zeer bepalend voor de oppervlaktewaterkwaliteit.

Wanneer de geochemische informatiebehoefte zoals uitgewerkt in Hoofdstuk 2 gecombineerd wordt met de inventarisatie van de milieuhygiënische toestand van Nederland, komt een aantal motieven naar voren voor het vergaren van informatie over de reactiviteit van de Nederlandse ondergrond. Deze motieven zijn een nadere uitwerking van de algemene motieven zoals geformuleerd in Hoofdstuk 2:

- De nitraatproblematiek in het grondwater is het grootst in de zand- en lössgebieden. Er is een beleidsaannname gedaan dat reductie van nitraat tijdens transport naar dieper grondwater sterker is in de zandgronden dan in de lössgebieden. Echter, er is een gebrek aan kennis over het uitspoelingsgedrag van nitraat in lössgronden, en de aanname dat lössgronden minder uitspoelingsgevoelig zouden zijn dan zandgronden kan niet worden onderbouwd.
- In recent bedijkte gebieden is het nitraatgehalte hoog met name waar het veenaandeel laag is. Veengebieden kennen nitraatgehalten van 0, maar ammonium is hier echter wel aanwezig. Dit is natuurlijk aanwezig of door landbouwactiviteiten.
- De effecten van P overschot op het milieu worden gedeeltelijk gemaskeerd door buffering door de bodem. De nadelige milieueffecten zullen optreden wanneer blijvende overbelasting van de bodem de buffercapaciteit geheel heeft opgebruikt. Dan neemt de uitloging van P toe gedurende tientallen jaren en de ecologische effecten zullen langzaam aan op regionale schaal optreden. Ook zonder toename van het fosfaatoverschot, zal fosfaat in toenemende mate uitspoelen en draineren, omdat de aanwezige fosfaat zich verspreid tot buiten het bereik van de wortelzone.
- De mate van P-verzadiging is 1-op-1 gekoppeld aan de potentiële uitloging. Afgezien van de vraag hoe hoog de P-bindingscapaciteit is, is het nu een belangrijke vraag of er ook daadwerkelijk 'lekkage' plaatsvindt van fosfaat uit de bodem naar het grondwater en het oppervlaktewater, en of hier homogene gebieden in zijn aan te wijzen.
- In het kader van het veranderende klimaat (natter, grilliger en warmer) wordt verwacht dat uitspoeling ook versterkt wordt in de toekomst. Prognoses omtrent het transport van stoffen zijn onzeker, mede door gebrekkige kennis van de reactiviteit van de ondergrond.
- De uitspoeling van zware metalen uit de bodem naar het oppervlaktewater is hoger in veen- en kleigebieden. Voor aërobe bodems kan uitspoeling op landelijke schaal redelijk worden voorspeld. De aërobe modellen zijn niet toepasbaar in anaërobe bodems als sulfide-vorming een rol van betekenis speelt. Landsdekkende informatie over de redox-toestand (aëroob versus anaëroob) van bodems in Nederland is niet beschikbaar.
- Bij transport van organische microverontreinigingen in het grondwater en over het grensvlak grondwater-oppervlaktewater kan biologische afbraak van de verontreinigingen een reductie in de verontreinigingstoestand bewerkstelligen. Met name de redoxcondities in de ondergrond en de heterogeniteit hierin, zijn hierbij van belang. Deze reactiviteitsgegevens en de uitwerking die ze hebben op de werkelijke biologische afbraak, zijn nog maar zodanig bekend, dat er een grote onzekerheid door optreedt in modeluitkomsten van het stoftransport.

- stabiele eindsituatie (beleidsontwikkeling ROSA); veel puntverontreinigingen zijn bekend als eventueel verdachte locatie. Er is echter geen landelijk of regionaal overzicht van de grootte van de verontreiniging van grondwater door puntbronnen.

4.3 Benodigde methodiek karakteriseren reactiviteit

Vanuit bovenstaande analyse en de informatiebehoefte (Hoofdstuk 2) volgt een set aan parameters die van belang zijn voor de reactiviteit van de ondergrond in brede zin, en voor alle verschillende stoffen. Redoxtoestand, zuur-base toestand, sorptiecapaciteit en (micro)biologische activiteit zijn van belang voor de reactiviteit van de ondergrond. De bestanddelen in de ondergrond die de reactiviteit sterk bepalen, zijn:

- ijzer- en zwavelverbindingen (oxides, sulfides),
- organische materiaal;
- carbonaten;
- klei
- aluminium-oxides.

De behoefte aan geochemische informatie van de ondergrond concentreert zich dus op een bepaald generiek pakket van parameters.

Deze generieke parameters zijn nodig op verschillende schaalniveaus en in diverse gebieden. Daarbij komt dat de Nederlandse ondergrond niet homogeen is. Zand, klei en veen wisselen elkaar in verticale en horizontale dimensies af. Om tot een zinnige karakterisatie te komen van de Nederlandse Ondergrond is nu een goede methodiek nodig. Met een juiste methodiek kunnen voor de diverse kwaliteitsproblemen de juiste gegevens worden gegenereerd. Vragen die een rol spelen bij de karakterisering van de reactiviteit zijn:

- Welke eenheden, en op welke schaal, kunnen gebruikt worden om de reactiviteit te karakteriseren (hydrologie, geologie, redoxzones)?
- Hoe moet de ruimtelijke variatie binnen een uniforme eenheid aangegeven worden?
- Welke statistische betrouwbaarheid moet worden nagestreefd en hoe moet de statistische variatie in de reactiviteitswaarden aangegeven worden?
- Hoe moeten geochemische ruimtelijke gegevens worden geaggregeerd en geïnterpoleerd?

Alvorens de eigenlijke karakterisatie van de reactiviteit te maken, dient een methodiek opgesteld te worden. De methodiek moet bestaan uit de volgende onderdelen:

- Methodiek Kartering (met aandacht voor de wijze van aggregatie, interpolatie en indeling in gebieden/regio's)
- Methodiek Monsternamen (met aandacht voor de monsternamen strategie en techniek)
- Methodiek Analyses (welke combinatie van routinematig en specialistische analyses geven het juiste pakket aan reactiviteitsinformatie en is praktisch haalbaar; bijvoorbeeld totaal XRF, CS, type organisch materiaal (TGA, Rock-eval, GC-MS), selectieve extracties)

4.4 Literatuur

Bonten, L.T.C., Römken, P.F.A.M., Heuvelink, G.B.M., 2004. Uitspoeling van zware metalen in het landelijk gebied. Alterra-rapport 1044. Wageningen.

- Brus, D.J., J.J. de Gruijter, D.J. Walvoort, F. de Vries, P.F.A.M. Römken & W. de Vries, 2002. Landelijke kaarten van de kans op overschrijding van kritieke zware metaalgehalten in de bodem van Nederland. Alterra rapport 124, Wageningen.
- Lamé, F.P.J., D.J. Brus, R.H. Nieuwenhuis, 2004. Achtergrondwaarden 2000- Hoofdrapport AW2000 fase 1 TNO-rapport NITG 04-242-A
- Langenhoff, A.A.M., 2000. The occurrence of methyl tert-butylether (MTBE) in the Netherlands, CUR/SKB, Gouda, The Netherlands.
- Meinardi, C.R., G.J. van den Born, L.J.M. Boumans, B. Fraters, J.P.A. Lijzen, A.M.A. van der Linden, P.F.M. Otte, H.F. Reijnders, C.G.J. Schotten, C.W. Versluijs, 2005. Basisdocument Karakterisering Grondwater voor de Kaderrichtlijn Water. RIVM Rapport 50000306/ 2005.
- Meinardi, K., Van Ek, R., Zaadnoordijk, W.J., 2005. Karakterisering van het grondwater in het stroomgebieddistrict Maas.
- Milieu- en Natuurplanbureau RIVM, 2002. MINAS en MILIEU-Balans en Verkenning. RIVM-rapportnummer 718201005.
- Minnema, B., Vermeulen, P., Venema, P., 2000. Bestrijdingsmiddelenonderzoek grondwater provincie Flevoland. TNO rapportnummer NITG 00-181-B.
- Reijnders, H.F.R., G. van Drecht, H.F. Prins, J.J.B. Bronswijk, L.J.M. Boumans, 2004. De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland in het jaar 2000 en verandering daarvan in de periode 1984-2000. RIVM rapport 714801030/2004.
- Römken, P.F.A.M., O. Oenema (eds.), 2004. Quick Scan Soils in The Netherlands - Overview of the soil status with reference to the forthcoming EU Soil Strategy. Alterra-rapport 948. Alterra, Wageningen.
- Schoumans, O.F., J. Roelsma, H.P. Oosterom, P. Groenendijk, J. Wolf, H. van Zeijts, G.J. van den Born, S. van Tol, A.H.W. Beusen H.F.M. ten Berge, H.G. van de Meer & F.K. van Evert, 2002. Nutriëntenemissie vanuit landbouwgronden naar het grondwater en oppervlaktewater bij varianten van verliesnormen. Modelberekeningen met STONE 2.0. Clusterrapport 4: Deel 1. 148 pp, Alterra-rapport 552. Wageningen
- Slenders, H., A. Haselhoff, H. Leenaers, M. Nijboer, A. Sinke (2004). ROSA – Praktijkdocument voor het maken van keuze bij mobiele verontreinigingen.
- Ter Meer, J., et al., 2005. Integrated Management Strategy for the Rotterdam megasite - Extensive Summary, Port of Rotterdam/Deltalinqs/VROM/DCMR/SKB/TNO.
- Tiktak, A., D.S. de Nie, A.M.A. van der Linden & Roel Kruijne, 2002. Modelling the leaching and drainage of pesticides in the Netherlands: the GeoPEARL model. *Agronomie* (22): 373-387.
- Van Dokkum, H., E. v.d. Hoek, P. Middeldorp, H. Rijnaarts, F. Roelofsen, N. de Rooij, J. Smits, S. Staps, J. Valstar, 2003. NA Interface: Natural Attenuation of oxidisable organic pollutants at the interface between groundwater and surface water, SKB, Gouda, The Netherlands.
- Van Vliet, M.E., Passier, H.F., 2005. Monitoring 2004 van het grondwaterkwaliteitsmeetnet in de provincie Zuid-Holland, TNO-rapport NITG 05-039-B.

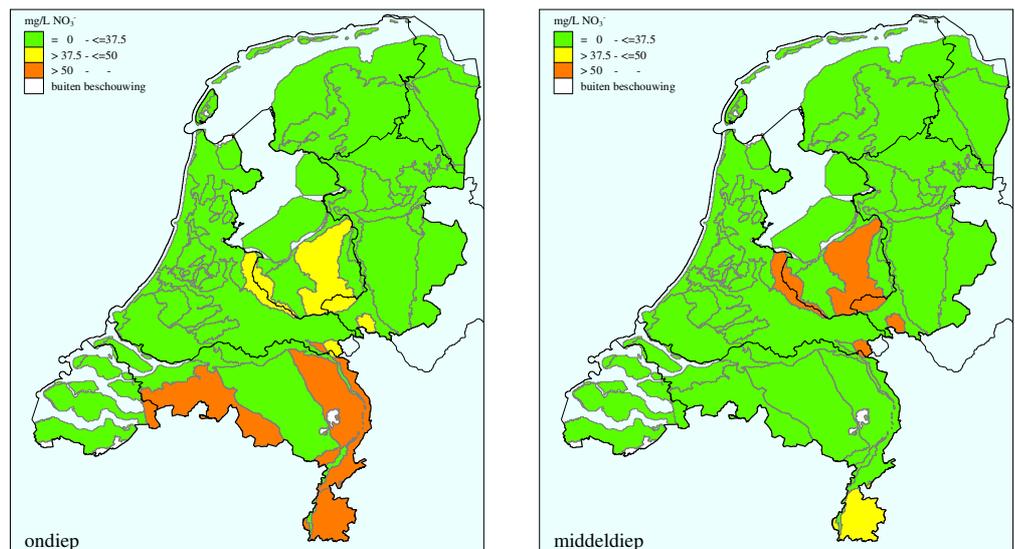
5 Interpretatie en presentatie van geochemische gegevens: een voorbeeld

Bij het in beeld brengen van (chemische) eigenschappen van de ondergrond, zijn de interpretatie en wijze van presentatie van meetgegevens van essentieel belang. Hierbij spelen zaken als dataverwerking, representativiteit, ruimtelijke heterogeniteit en interpolatie een grote rol. Als voorbeeld van verschillende manieren waarop nagenoeg dezelfde data kunnen worden geïnterpreteerd en gepresenteerd wordt hier het nitraatgehalte in grondwater behandeld. Dit voorbeeld maakt duidelijk dat er wezenlijke vraagstukken zijn omtrent hoe ruimtelijke geochemische informatie verwerkt moet worden.

Het nitraatgehalte in grondwater is voor Nederland een belangrijk issue: de Europese Nitraatrichtlijn richt zich erop dat de nitraatconcentratie in grondwater niet hoger is dan de drinkwaternorm van 50 mg/l. Recentelijk zijn meerdere evaluaties gemaakt van het regionale beeld van de nitraatgehalten. De basis voor deze evaluaties zijn telkens de metingen die verricht zijn binnen Provinciale Grondwaterkwaliteitsmeetnetten (PMG) en het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG). In principe zouden deze evaluaties een gelijk regionaal beeld moeten laten zien.

5.1 Regionale beelden van de nitraatconcentratie in ondiep en middeldiep grondwater

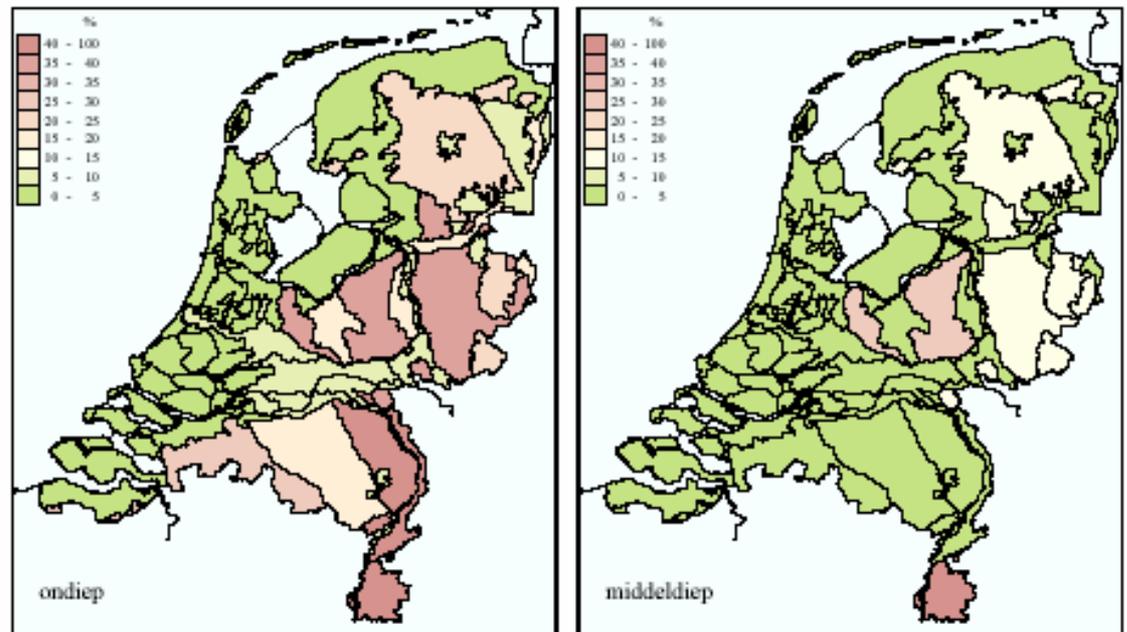
Figuur 5.1 laat een beeld zien van nitraatconcentraties in het ondiepe en het middeldiepe grondwater (RIVM 50000306). Hierin zijn gegevens van het LMG van 1998-2002 gebruikt. Ondiep is hierbij 5-15 m onder de grondwaterstand (circa 10 m-mv), middeldiep is > 15 meter onder de grondwaterstand (op circa 25 m-mv). De 400 putten van het LMG zijn hierbij aan fysisch-geografische gebieden (ecodistrictgroepen) toegekend. Uit de waarden voor de ecodistrictgroepen in een naar oppervlak gewogen gemiddelde voor de KRW grondwaterlichamen afgeleid ten behoeve van de stroomgebiedsrapportage, die voorjaar 2005 was opgesteld.



Figuur 5.1 Nitraat in middeldiep en ondiep grondwater, LMG 1998-2002, gewogen gemiddelde naar aandeel fysisch geografische eenheid per KRW grondwaterlichaam (uit RIVM 50000306).

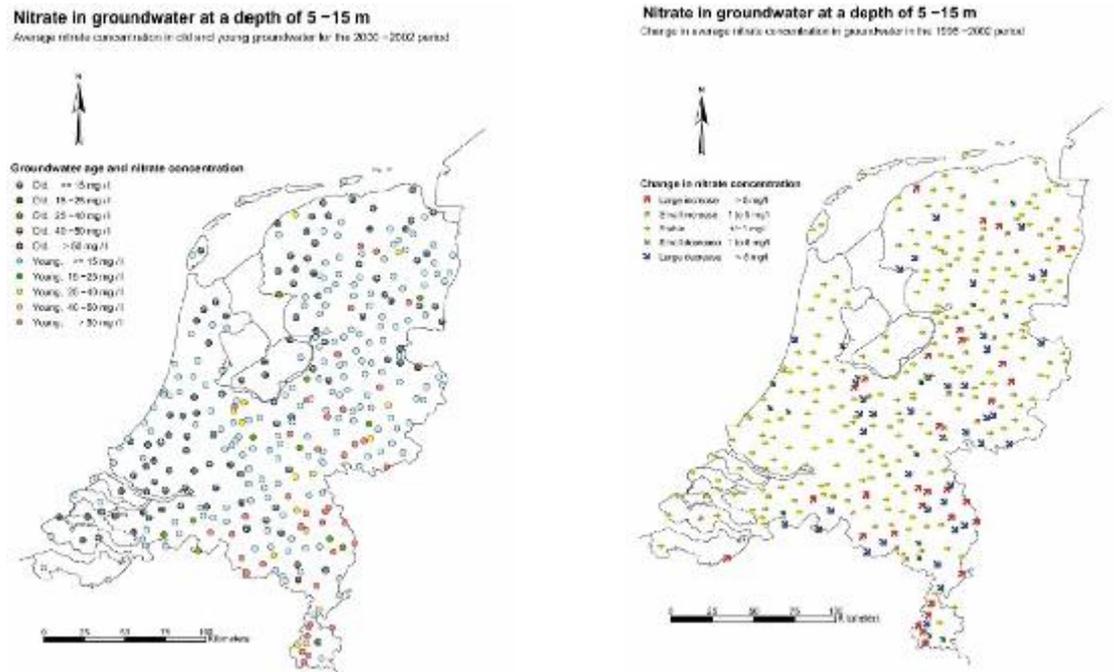
In het rapport RIVM 714801030 wordt ook een regionaal beeld gegeven van nitraatconcentraties in het ondiepe en middeldiepe grondwater (Figuur 5.2). Hierbij zijn meetgegevens van het LMG (400 putten) en van de PMG's (enkele tientallen putten per provincie m.u.v. Friesland en Zeeland) samengevoegd. Hier zijn de data samengevoegd per zogenaamde ecodistrictgroep, en geïnterpreteerd naar het percentage van de oppervlakte van een gebied dat boven de kwaliteitsdoelstelling (%OBS) kwam in 2000.

a: Toestand

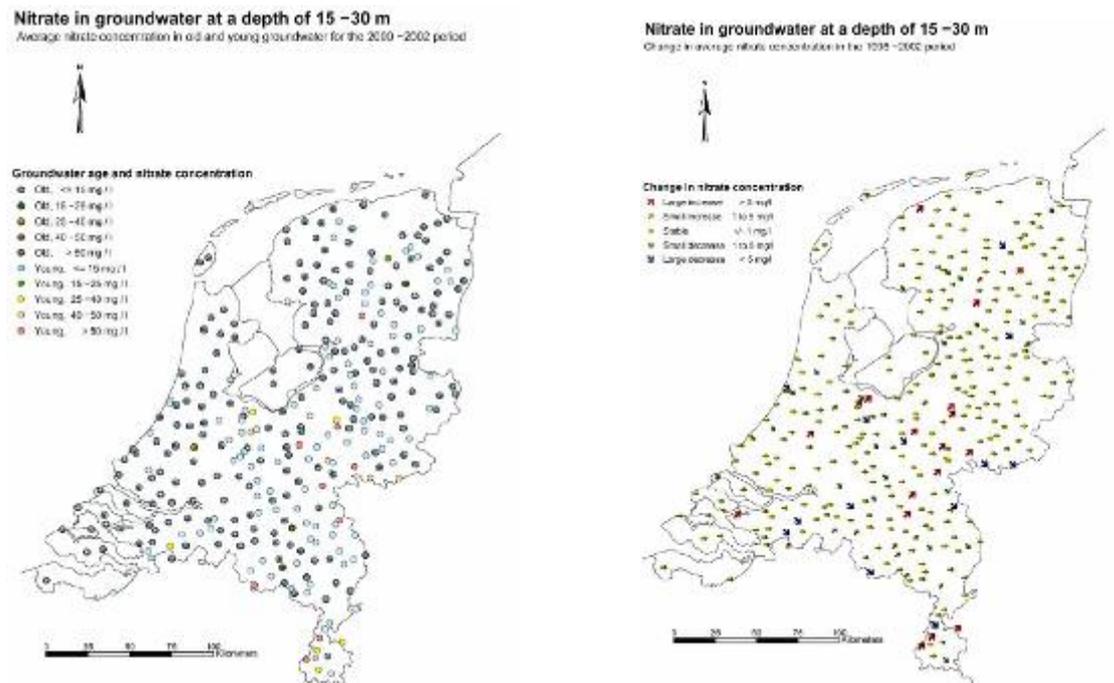


Figuur 5.2. Nitraat in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep; percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS met de streefwaarde = 5,6 mgnitraat-N/l; waarnemingen van LMG en PMG) (Uit RIVM 714801030).

In een achtergronddocument voor de EU Nitraatrichtlijn, rapport RIVM 500003002, worden gegevens van het LMG ondiep en middeldiep grondwater gepresenteerd op de meetlocaties zelf met onderscheid naar oud (>25 jaar) en jong (<25 jaar) grondwater. De bemonsteringsputten in oud grondwater liggen meestal in (gedeeltelijk) afgesloten watervoerende lagen, terwijl de putten in jong grondwater in freatische aquifers liggen (Figuur 5.3 en 5.4).



Figuur 5.3 Gemiddeld nitraat in ondiep grondwater van 2000 – 2002 onderverdeeld in oud (>25 jaar) en jong grondwater (<25 jaar) en verandering in de concentratie van 1996 – 2002 in meetpunten van het LMG (Uit RIVM 500003002).



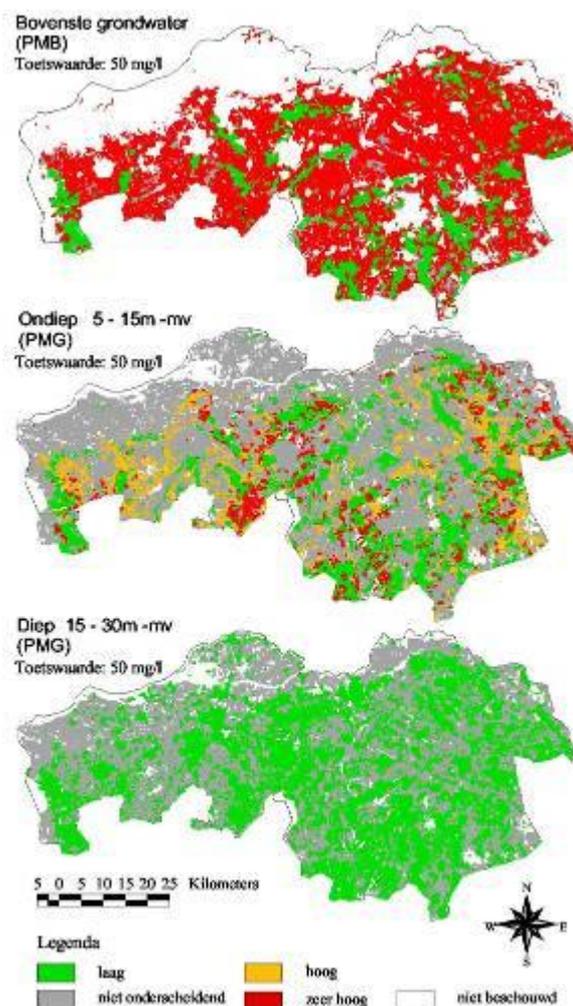
Figuur 5.4 Gemiddeld nitraat in middeldiep grondwater van 2000 – 2002 onderverdeeld in oud (>25 jaar) en jong (<25 jaar) en verandering in de concentratie van 1996 – 2002 in meetpunten van het LMG (Uit RIVM 500003002).

Ook voor het provinciale meetnet van de provincie Noord-Brabant is nitraat in het bovenste, ondiepe en middeldiepe (oftewel diepe) grondwater in kaart gebracht (TNO NITG 04-206-B). Hierbij zijn voor het ondiepe en middeldiepe grondwater alle metingen uit 2003 uit het PMG gebruikt (in totaal 116 locaties met twee filters),

waaronder ook een aantal punten uit het LMG (52 locaties met twee filters). Voor het grondwater bij de grondwaterspiegel zijn de metingen van 2000 t/m 2003 van het Provinciaal Meetnet Bodemkwaliteit gebruikt. Bij de presentatie van de gegevens is gebruik gemaakt van de overkoepelende integrale gebiedstypenindeling in de provincie. Hierbij worden homogene gebieden onderscheiden op basis van hydrologische situatie (infiltratie, intermediair, kwel), bodemtype (droge en natte eerdgronden, droge en natte podzolgronden, klei) en landgebruik (landbouw, natuur, stad).

Voor de kaartbeelden (Figuur 5.5) van de toestand in het grondwater is het percentage normoverschrijding (percentage verontreinigd grondwater) per gebiedstype bepaald voor de hele provincie. Vervolgens is op kaarten in de betreffende gebiedstypen dit percentage weergegeven. Bij de weergave zijn 4 klassen gebruikt:

- zeer hoog: het percentage normoverschrijding en het betrouwbaarheidsinterval hieromheen liggen boven de 20% verontreinigd grondwater (rood);
- hoog: hele interval boven de 10% verontreinigd grondwater (oranje);
- laag: hele interval onder de 30% verontreinigd grondwater (groen);
- niet onderscheidend: het betrouwbaarheids interval is zo breed dat het niet in te delen is in de andere klassen, bijvoorbeeld: percentage tussen 10 en 20 % en het interval gaat over deze grenzen heen (grijs).



Figuur 5.5. Kaartbeelden nitraatconcentratie in grondwater op drie diepteniveaus op basis van het percentage normoverschrijding per gebiedstype op provinciale schaal. (Uit TNO NITG 04-206-B).

5.2 Verschillen provincie Noord-Brabant/ondiep grondwater

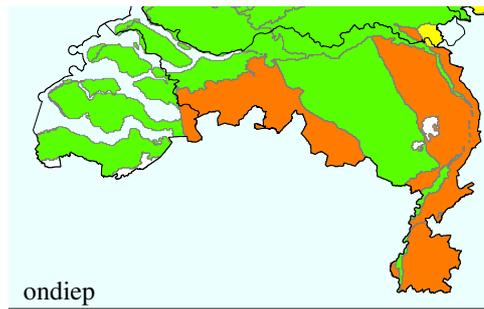
De kaarten in Figuur 5.6 laten verschillende beelden van de nitraattoestand in het ondiepe grondwater zien in de provincie Noord-Brabant. Alle kaarten laten zien dat de toestand in het oosten van de provincie slecht is. Voor het westen en de Centrale Slenk geven de kaarten verschillende beelden. De ecodistrictbenadering (Kaarten A en B) levert een iets betere nitraattoestand op voor de Centrale Slenk. In de gedetailleerde gebiedstypenkaart (Kaart D) wordt duidelijk dat de toestand in de slenk over het algemeen statistisch ondefinieerbaar is. Het westen wordt in de ecodistrictbenadering (Kaarten A en B) getypeerd met een relatief slechte nitraattoestand, terwijl in de gebiedstypenkaart (Kaart D) het uiterste westen relatief schoon is en juist het midden, net ten westen van de slenk, van de provincie als slecht gepresenteerd wordt. De kaart met puntgegevens (Kaart C) laat zien dat hoge waarden zijn aangetroffen in het midden en oosten van de provincie, lage waarden in het westen en de Centrale Slenk. De puntgegevens laten zien hoe divers de ruimtelijke informatie is, die geïntegreerd is.

Bij de middeling en aggregatie volgens ecodistricten zijn de meetgegevens niet in hun hydrologische, geologische en landgebruiks-context beschouwd. Dit is ook besproken in rapport NITG 04-188-A, als reactie op de toestandsbepaling voor de Kaderrichtlijn Water, die ook via de districtbenadering is gebeurd. Bij aggregatie van meetpunten moet rekening gehouden worden met de verschillende leeftijden van grondwater op een bepaald diepteniveau, van belang zijn: (1) de hydrologische positie van de meetpunten (kwel, infiltratie), (2) het landgebruik, en (3) of het meetpunt op de hogere zandgronden ligt of ergens onder het klei/veen dek.

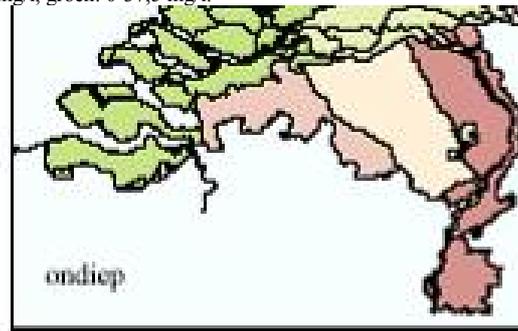
De meetgegevens worden door te middelen over bepaalde gebieden/regio's impliciet opgevat als een willekeurige, aselechte steekproef uit de betreffende gebieden. Maar de gebruikte meetpunten maken deel uit van meetnetten (LMG, PMG) die zo niet zijn opgezet, de gemiddelden zijn daarom niet representatief voor de gehanteerde gebieden.

Bij het aggregeren en middelen van PMG- en LMG-gegevens in Noord-Brabant maakt het bijvoorbeeld veel uit of er onderscheid gemaakt wordt tussen kwel en infiltratie gebieden. In de Centrale Slenk in Noord-Brabant bevinden zich relatief veel meetpunten (PMG, LMG) in beekdalen met kwel. Hier wordt vaak oud grondwater bemonsterd dat nitraatvrij is. Netto levert dit voor deze regio een laag gemiddeld nitraatgehalte, terwijl juist het water dat infiltreert meer nitraat bevat. Het gaat hier immers om een gebied met veel intensieve veehouderij en (in het recente verleden) grote mestoverschotten.

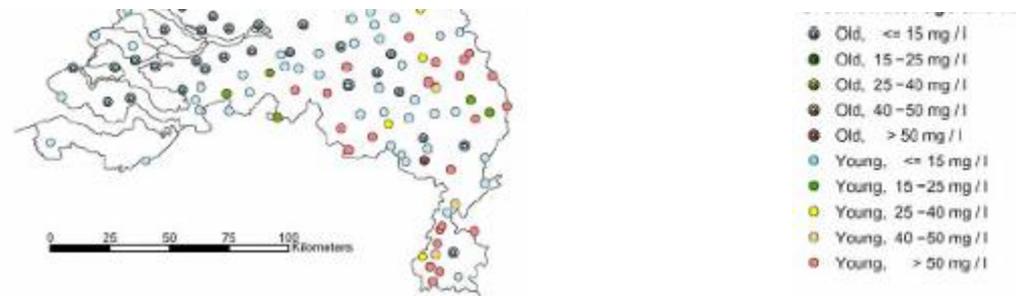
Gegeven de opzet van de landelijke en provinciale meetnetten waarin combinaties van landgebruik, hydrologische situatie en bodemtype als uitgangspunt hebben gediend, zou het aggregeren niet primair op basis van fysisch-geografische regio's moeten gebeuren. Beter verantwoord is de oorspronkelijke uitgangspunten te hanteren, ofwel gebiedstypen met gelijk landgebruik en hydrologische situatie, bij het vlakdekkend weergeven van de toestand voor het gebied van interesse (bijvoorbeeld het grondwaterlichaam van de Maas, dat vrijwel heel Noord-Brabant in zich heeft). Voordeel van die aanpak is ook dat eerst een beeld ontstaat van de gemiddelde concentraties in kwetsbare en minder kwetsbare gebieden, waarna uiteindelijk een naar landgebruik en hydrologie gewogen gemiddelde concentratie voor het gehele gebied kan worden opgesteld.



KAART A: LMG 1998-2002, gewogen gemiddelde van ecodistricten per KRW grondwaterlichaam. Oranje: > 50 mg/l, groen: 0-37,5 mg/l.



KAART B: percentage oppervlakte boven de streefwaarde (%OBS) voor de ecodistrictgroepen, LMG en PMG 2000. In Noord-Brabant variërend van ca. 15 % OBS (lichtroze) tot ca 40 % OBS (donkerroze).



KAART C: Gemiddelde nitraat LMG 5-15 m in oud (>25 jaar) en jong (<25 jaar) grondwater 2000-2002

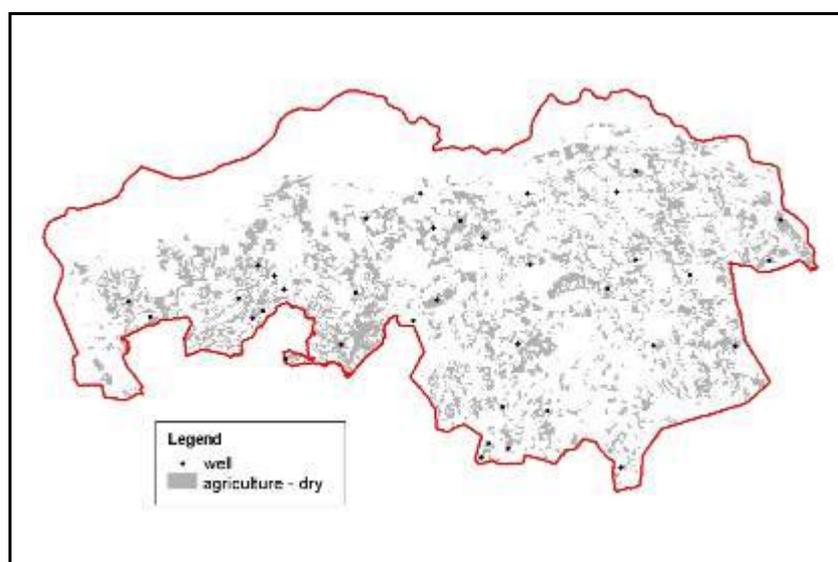


KAART D: PMG (inclusief deel LMG) 2003, geaggregeerd in gebiedstypen, ingedeeld naar percentage normoverschrijding inclusief betrouwbaarheidsinterval

Figuur 5.6. Kaarten A, B, C, D van de nitraattoestand in het ondiepe grondwater zoals eerder besproken, ingezoomd op de provincie Noord-Brabant

5.3 Kwetsbaarheid voor nitraatuitspoeling: reactiviteit van de ondergrond

Voor de provincie Noord-Brabant kan gezegd worden dat de nitraattoestand in het oosten slecht is, verder is ook een smalle strook in het midden van de provincie er slecht aan toe. De spreiding in de nitraatconcentraties is hier overigens erg groot. De infiltratiegebieden en de intermediaire gebieden met landbouw op droge eerd- en podzolgronden kennen relatief hoge nitraatgehalten in het middeldiepe grondwater (NITG 04-206-B). Dit zijn daarmee de meest kwetsbare gebiedstypen voor nitraatuitspoeling naar het ondiepe grondwater, ook door de hoge bemesting en wegzijgingssituatie. Deze gebieden worden samengevat onder “droge zandgronden met landbouw” en worden in Figuur 5.7 gepresenteerd.



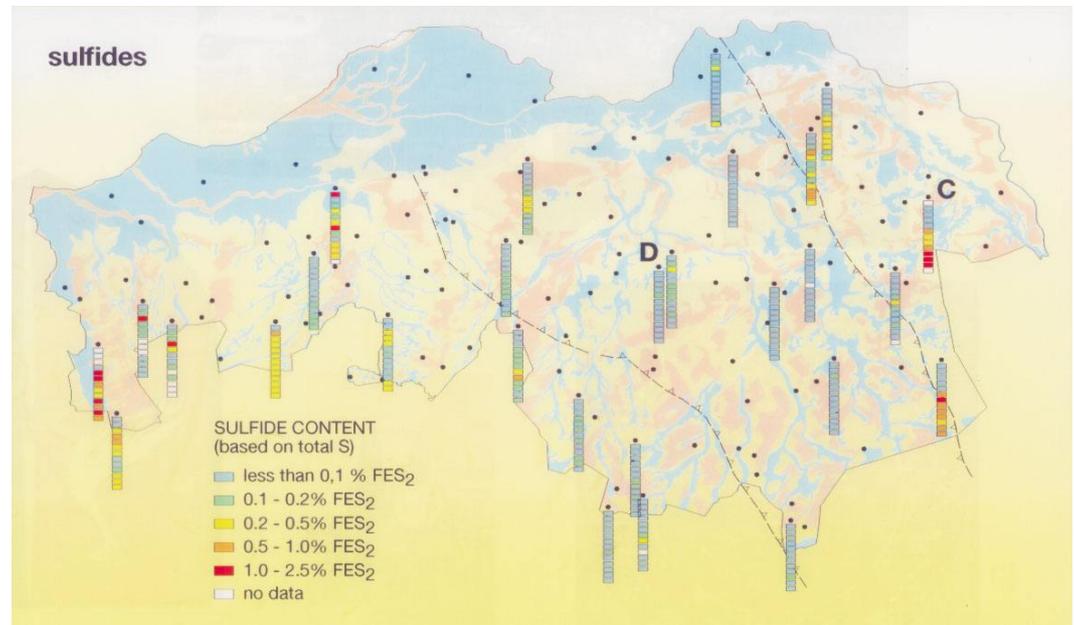
Figuur 5.7. Droge zandgronden met landbouw en de meetpunten hierin.

Bij de gebiedstypenindeling worden homogene gebieden onderscheiden op basis van hydrologische situatie (infiltratie, intermediair, kwel), bodemtype (droge en natte eerdgronden, droge en natte podzolgronden, klei) en landgebruik (landbouw, natuur, stad).

Echter, voor een verbinding als nitraat is de geochemische samenstelling van de ondergrond ook van belang voor het gehalte wat in het grondwater aangetroffen. Dit blijkt uit het feit dat de nitraatconcentraties in het grondwater op ca. 10 m-mv over het algemeen lager zijn dan in het grondwater bemonsterd bij de grondwaterspiegel. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de reductie van nitraat in de ondergrond. Bij denitrificatie wordt nitraat gereduceerd tot stikstofgas terwijl organisch materiaal en/of pyriet (FeS_2) oxideren. Daarnaast speelt de leeftijd van het grondwater op deze diepte een rol. In een aantal van de gebieden is een deel van het ondiepe grondwater voor 1950 geïnfiltrerd. Dit water is oorspronkelijk minder verontreinigd met meststoffen zoals nitraat (NITG 04-206-B).

De geochemische informatie die belangrijk is bij de reductie van nitraat zijn gehalten van afbreekbaar organisch materiaal en pyriet. Een ruimtelijk beeld van deze grondbestanddelen in de bovenste meters van de ondergrond kan cruciale informatie opleveren voor het lot van nitraat in het grondwater. Op dit moment zijn deze gegevens niet of nauwelijks beschikbaar op regionale schaal. Figuur 5.6 geeft een beeld van de pyrietgehalten op 27 meetlocaties van het PMG. Het is duidelijk dat het detail van de informatie voor de ondergrondreactiviteit nogal verschilt van het detailniveau van de homogene gebiedstypen. Voordat geochemische informatie verwerkt kan worden bij de interpretatie van grondwaterkwaliteitsmeetnetten moeten er nog behoorlijke leemtes in

het kaartbeeld van Figuur 5.6 worden opgevuld. Het mag namelijk verwacht worden dat de reactiviteit deels bepaald wordt door de geologische afzetting. Maar andere factoren spelen ook een rol: uitloging van sediment op de geologische tijdschaal, verschillen in historische belasting tussen oude landgronden op esgronden en jong ontgonnen woeste gronden, effect van waterhuishoudkundige ingrepen, etc. Bij de opschaling van metingen aan grondmonsters moet met dit soort effecten rekening worden gehouden.



Figuur 5.6. Het pyrietgehalte op basis van zwavelgehalten per 2 meter diepte interval op 27 meetlocaties van het PMG tot 26 meter diep (TNO-rapport NITG 04-206-B).

5.4 Literatuur

- Broers, H.P., Griffioen, J., Stuurman, R.J., van Geer, F.C., 2004. Evaluatie van de grondwateraspecten van de conceptrapportages voor de Kaderrichtlijn Water - Review op hoofdlijnen. TNO rapport NITG 04-188-A.
- Fraters, B., P.H. Hotsma, V.T. Langenberg, T.C. van Leeuwen, A.P.A. Mol, C.S.M. Olsthoorn, C.G.J. Schotten, W.J. Willems, 2004. Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the 1992-2002 period. Background information for the third EU Nitrates Directive Member States report. RIVM Report no. 500003002/2004.
- Meinardi, C.R., G.J. van den Born, L.J.M. Boumans, B. Fraters, J.P.A. Lijzen, A.M.A. van der Linden, P.F.M. Otte, H.F. Reijnders, C.G.J. Schotten, C.W. Versluijs, 2005. Basisdocument Karakterisering Grondwater voor de Kaderrichtlijn Water. RIVM Rapport 50000306/ 2005.
- Reijnders, H.F.R., G. van Drecht, H.F. Prins, J.J.B. Bronswijk, L.J.M. Boumans, 2004. De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland in het jaar 2000 en verandering daarvan in de periode 1984-2000. RIVM rapport 714801030/2004.
- Van der Grift, B., Rozemeijer, J., Van Vliet, M., Broers, H.P., 2004. De kwaliteit van het grondwater in de provincie Noord-Brabant. Rapportage over de toestand en de trends in de periode 1992 t/m 2003. TNO-rapport NITG 04-206-B.

6 Conclusies: Nut en noodzaak van geochemische informatie

Een aantal conclusies over het nut en de noodzaak van geochemische informatie van de Nederlandse ondergrond kan getrokken worden, refererend aan de doelstelling van deze definitiestudie: de studie moet inzicht verschaffen in welke geochemische informatie additioneel nodig is voor verantwoord beheer van water en bodem. Dit inzicht moet vooral herleid worden uit de betekenis van Europese en Nederlandse regelgeving voor de karakterisatie van het bodemsysteem en het watersysteem, en in geval van het laatste in het bijzonder het compartiment grondwater.

De diverse waarden die gerelateerd zijn aan de kwaliteit van bodem en water zijn kwetsbaar voor verontreinigingen, gelet op de hoge bevolkingsdichtheid en het multifunctionele gebruik van de ondergrond. Ondanks het bodembeschermingsbeleid is het moeilijk om onder de autonome ontwikkelingen (toename industrie, verstedelijking, etc.) de bodem en waterkwaliteit niet te laten verslechteren.

1. Goede informatie over de geochemische reactiviteit van de ondergrond is onontbeerlijk vanuit de implementatie van huidige en spoedig komende regelgeving

Het nieuwe bodemsaneringsbeleid, de Beleidsbrief Bodem, de Beleidsbrief Ondergrondse Ruimtelijke ordening samen met de Europese Nitraatrichtlijn, Kaderrichtlijnwater, de komende Grondwaterrichtlijn, en de komende Europese Bodemstrategie vragen om geochemische kennis van de ondergrond.

2. Geochemische informatie van de ondergrond is benodigd voor good governance

De maatschappelijke erkenning van het probleem van de ontbrekende ondergrond-informatie is nog in een prille fase. Een groot aantal actoren zijn betrokken bij de problematiek, de drie P's (people, planet en profit) zullen allen profijt hebben van het vergaren van geochemische informatie van de ondergrond. Hierdoor zou het besluitvormingsproces volgens het principe van 'good governance' optimaal gestalte kunnen krijgen. Met enkele miljarden Euro's per jaar, wordt er veel geld besteed aan het beleid en beheer van bodem en water, en emissiebeperkingen naar het milieu. Meer kennis van reactiviteit van de ondergrond moet het mogelijk maken dit geld veel gebiedsgericht, specifiek en met meer efficiëntie ingezet kan worden.

3. De regionale milieuhygiënische toestand van bodem en water vereist geochemische informatie van de ondergrond

De milieuhygiënische toestand is verre van goed: nutriënten, zware metalen, zouten, organische verontreinigingen (incl. de bestrijdingsmiddelen) zijn probleemstoffen in Nederland. Veel van de problemen kunnen pas goed ingeschat worden en opgelost worden, als er betere informatie beschikbaar is over de reactiviteit van de ondergrond.

4. Geochemische informatie is maatschappelijk relevant, gelet op de financiële inspanningen en de maatschappelijke baten

Eenzijds vertegenwoordigt goed inzicht in de geochemische karakteristieken van de ondergrond een maatschappelijke waarde omdat het profijtelijk is voor het beheren van ons cultureel erfgoed en omdat men er richting de Europese Unie de Nederlandse invulling van de Europese richtlijnen mee kunnen verantwoorden en

onderbouwen. Anderzijds vertegenwoordigt dergelijke kennis vrijwel zeker ook een grote geldelijke waarde in het waterkwaliteitsbeheer, het bodembeheer en andere vormen van beheer.

5. *Geochemische info over de ondergrond is ook voor andere problemen dan milieuproblemen nuttig*

De conservering van archeologisch erfgoed en aardkundige waarden en de bestendigheid van ondergrondse constructies is afhankelijk van de geochemische reactiviteit van de ondergrond.

6. *Een methodiek is noodzakelijk voor het geochemisch karakteriseren van de (3-dimensionale) ondergrond, hierbij speelt een aantal wezenlijke, fundamentele, wetenschappelijke vraagstukken bij het opzetten van een geochemische karakterisatie van de Nederlandse ondergrond*

Bij het in beeld brengen van (chemische) eigenschappen van de ondergrond, zijn de interpretatie en wijze van presentatie van meetgegevens van essentieel belang. Hierbij spelen zaken als dataverwerking, representativiteit, ruimtelijke heterogeniteit en interpolatie een grote rol.

Er is algemeen behoefte aan geochemische informatie van de ondergrond. Hierbij is informatie die relevant is voor de afbraak, retardatie en mobilisatie van verontreinigingen het belangrijkste, in het gehele systeem van grondwater en oppervlaktewater, inclusief de bodem, het aquifer materiaal en de waterbodem. Hierdoor kunnen de omvang in ruimte en tijd en de effecten van verontreinigingen ingeschat worden, alsmede de bestendigheid van eventuele natuurlijke afbraak als saneringsvariant (monitored natural attenuation). Ook is de informatie over de geochemische reactiviteit van belang bij het plannen van maatregelen om de verontreinigingsproblemen op te lossen.

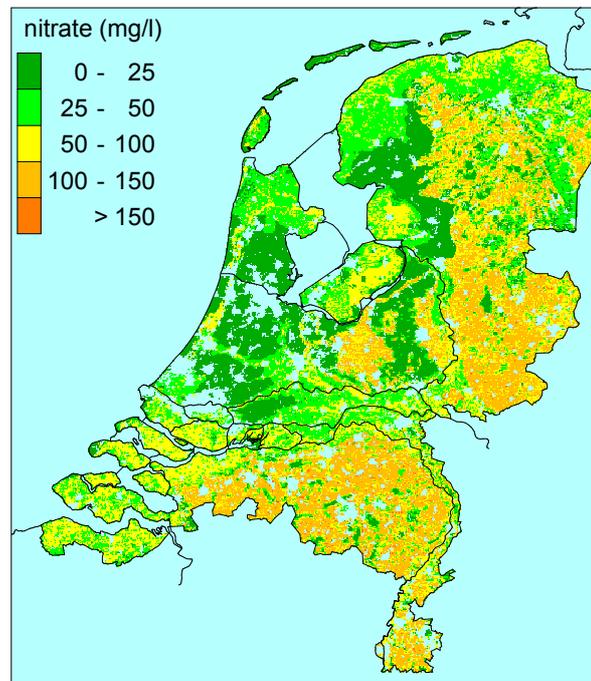
In eerste instantie is de informatiebehoefte gefocust op de bovenste meters van de ondergrond, tot enkele tientallen meters diep, omdat dit de zone is die door antropogene activiteiten aan maaiveld op een tijdschaal van enkele decades wordt beïnvloed. Dit bovenste deel van de ondergrond heet 'het topsysteem'. Echter er zijn ook (toekomstige) ondergrondsgebruikfuncties, die geochemische informatie op grotere diepte behoeven, zoals drinkwaterwinning, ondergronds bouwen, warmte-koude opslag, CO₂-opslag.

A Samenvatting milieuhygiënische toestand van bodem en water in Nederland

A.1 Samenvatting regionale toestand van het grondwater

A.1.1 Nitraat early warning KRW

Nitraat in het bovenste grondwater in het landelijk gebied is beschouwd in het kader van “early warning” binnen de Europese Kaderrichtlijn Water (RIVM 50000306). Hierbij zijn gegevens van het LMM (Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid) en het TMV (Trendmeetnet Verzuring) gebruikt. Het gaat om extrapolaties van 25 ha onder natuurlijke vegetatie en landbouw. Hierbij zijn in zandgebieden de concentraties bepaald in grondwater op minder dan 1 meter onder de grondwaterstand. In het lössgebied zijn concentraties in het bodemvocht in de onverzadigde zone gebruikt. Bij grondwaterlichamen die liggen in de top laag in klei- en veengebieden is met name drain- en slotwater bemonsterd. Hierbij wordt er vanuit gegaan dat al deze verschillende monsters een goede “early warning” geven voor het bovenste grondwater in het betreffende gebied.



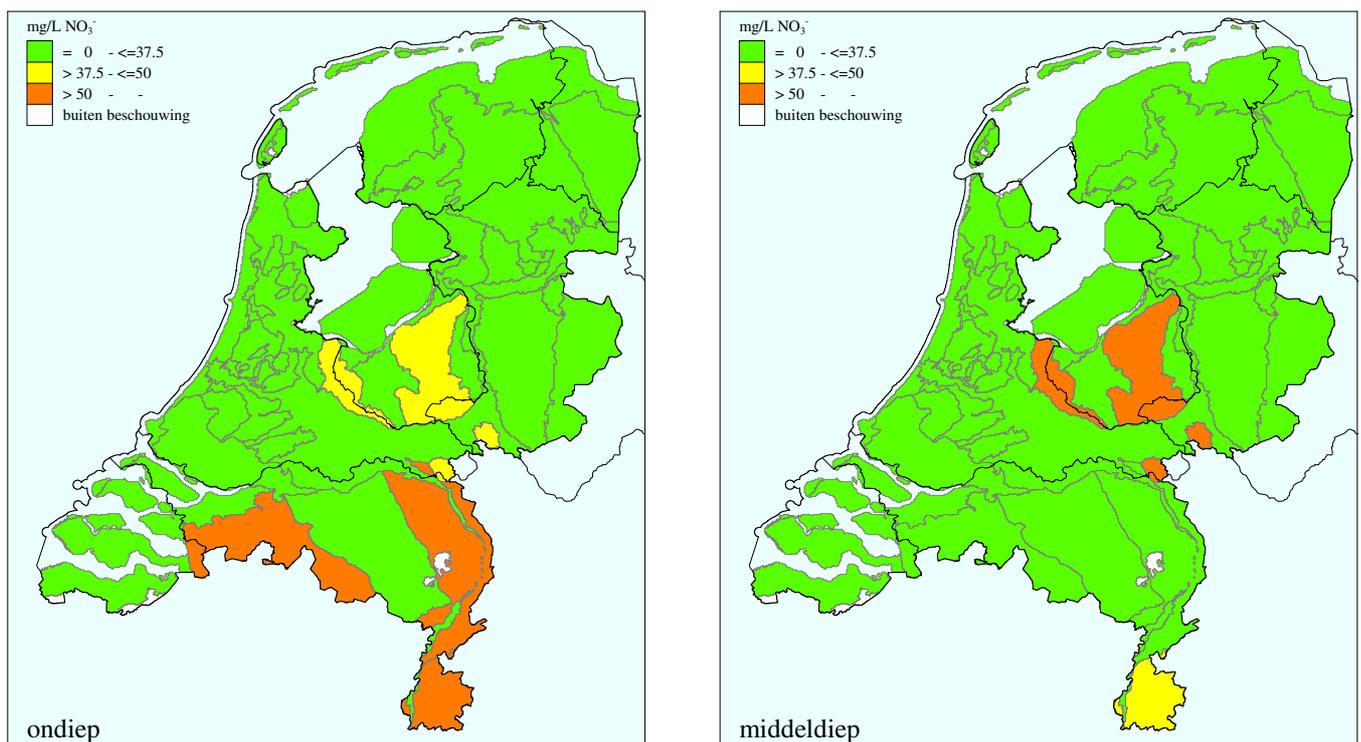
Figuur A.1. Landsdekkend beeld landelijk gebied nitraat concentraties early warning (bovenste grondwater, bodemvocht, drain- en slotwater; uit RIVM 50000306)

In de zandgebieden en de lössgebieden kennen grote delen een nitraatconcentratie op de early warning toetsdiepte boven 100 mg/l. In RIVM 50000306 wordt gesteld dat het aannemelijk is dat de reductie van nitraat tijdens transport naar dieper grondwater sterker is in de zandgronden dan in de lössgebieden. Dit is een beleidskeuze om lössgronden niet als uitspoelingsgevoelig aan te merken. Echter, er is een gebrek aan kennis over het uitspoelingsgedrag van nitraat in lössgronden, en de aanname dat lössgronden minder uitspoelingsgevoelig zouden zijn dan zandgronden kan niet worden onderbouwd.

Ook in recent bedijkte zeekleigebieden is het nitraatgehalte hoog, met name waar het veenaandeel laag is. Veengebieden kennen nitraatgehalten van 0, ammonium is hier echter wel aanwezig, wat maakt dat er voor de aquatische ecologie wel degelijk een stikstofprobleem kan zijn. De lage nitraatgehalten in veengebieden halen wel het gemiddelde nitraatgehalten in het KRW grondwaterlichaam omlaag.

A.1.2 Nitraat in ondiep en middeldiep grondwater

Gegevens van het Landelijk Meetnet Grondwater (LMG) zijn gebruikt voor de eerste karakterisatie van ondiep en middeldiep grondwater wat betreft nitraat. Ondiep is hierbij 5-15 m onder de grondwaterstand (circa 10 m-mv), middeldiep is > 15 meter onder de grondwaterstand, op circa 25 m-mv. De 400 putten van het LMG zijn hierbij aan fysisch-geografische gebieden toegekend (ecodistrictgroepen) die grotendeels met KRW grondwaterlichamen samenvallen. Hieruit is een naar oppervlak gewogen gemiddelde voor de KRW grondwaterlichamen afgeleid.



Figuur A.2. Nitraat in middeldiep en ondiep grondwater (uit RIVM 50000306)

Figuur A.2 maakt duidelijk dat de nitraatproblematiek vooral speelt in de zandgebieden. In delen van het zuidelijk zandgebieden is de concentratie van nitraat hoger dan 50 mg/l. Het stroomgebied Maas is daarmee “at risk”. De zandige aquifers onder de klei- en veen toplaag zijn minder belast met nitraat vanwege de reistijd van het grondwater en de reductie van nitraat in veen. Wel kunnen de totale N- en P-gehalte en de chlorideconcentratie hier voor problemen zorgen. Het gaat hier herhaaldelijk ook om natuurlijk hoge concentraties.

Op de Veluwe en in Zuid-Limburg is het beeld niet representatief. Door de diepe grondwaterstand zijn monitoringsputten hier voornamelijk in de lage delen geplaatst waar relatief veel landbouw is. Door het gebruiken van analyses in sprengen en bronnen blijkt de concentratie in de Veluwe lager te zijn en de concentratie in Zuid-Limburg hoger (tot 50 mg/l).

A.1.3 Grondwaterkwaliteit sporenelementen, N-totaal, P-totaal in het bovenste grondwater

Voor sporenelementen, N-totaal en P-totaal zijn data uit het LMM en TMV van 1998-2004 gebruikt om een landelijk beeld te geven in de grondwaterlichamen binnen de Kaderrichtlijn Water (RIVM 50000306). Het bovenste grondwater is voor de

karacterisatie binnen de KRW aangewezen als early warning level, en in de klei- en veengebieden ook als een compliance checking level (toetsdiepte). De gemiddelde waarden voor grotere gebiedstypen zoals bijvoorbeeld akkerbouw op klei of natuur op zand, zijn naar de grondwaterlichaam-gebieden geëxtrapoleerd. De bevindingen van deze karakterisatie zijn per stroomgebied gerapporteerd ten behoeve van de implementatie Kaderrichtlijn Water. Hieronder (Tabel A.1) is het voorbeeld van het Maasstroomgebied weergegeven (Meinardi et al, 2005). Deze tabel illustreert dat de verschillende regio's in het zuiden van Nederland verschillende kengetallen voor de grondwaterkwaliteit hebben. Regionale verschillen worden in paragraaf A.2.4 nader besproken.

Tabel A.1 Gemiddelde waarden concentraties in het bovenste grondwater van grondwaterlichamen in het Nederlandse stroomgebied van de Maas (Uit: Karakterisering van het grondwater in het stroomgebieddistrict Maas, Meinardi et al. 2005).

Tabel 3.4 Gemiddelde waarden van de concentraties in het bovenste grondwater

GWL	Naam	t-N	Al	As	Ca	Cd	Cl	Cu	EC	Fe	pH
Nr.	gebied	g/ m ³	mg/ m ³	mg/ m ³	g/ m ³	mg/ m ³	g/ m ³	mg/ m ³	mS/ m	g /m ³	
6	Zand	25	-	2,0	64	1,51	79	12	155	2,6	5,1
13	Klei/Veen	15	-	2,9	202	0,29	636	4	388	0,4	6,9
17	Duin	7	0	5,3	172	0,01	244	0,9	174	1,5	7,1
19	Krijt	19	22	1,0	140	0,04	40	2,3	80	0,4	7,1
6a	Peel+Midd.-Lb	24	-	2,1	80	1,41	51	11	184	2,5	5,4
6b	Centr.Slenk	25	-	1,9	54	1,60	47	12	143	2,7	5,0
6c	NWB	26	-	1,9	55	1,52	41	13	134	2,8	5,0

GWL	Naam	Mg	Mn	NH ₄	Ni	NO ₃	Pb	o-P	t-P	SO ₄	Zn
Nr.	gebied	g/ m ³	g/ m ³	g/ m ³	mg/ m ³	g /m ³	mg/ m ³	g/ m ³	g/ m ³	g/ m ³	mg /m ³
6	Zand	17	-	0,7	29	96	2,01	0,07	0,12	86	186
13	Klei/Veen	63	-	1,4	6	57	0,29	0,18	0,25	193	25
17	Duin	30	-	1,3	4	18	0,04	1,50	1,54	142	5
19	Krijt	12	-	0,0	2	84	0,39	0,06	0,06	70	11
6a	Peel+MLim	22	-	0,8	27	92	1,86	0,09	0,14	99	172
6b	Centr.Slenk	14	-	0,6	30	96	2,06	0,07	0,11	78	197
6c	NWB	14	-	0,6	31	103	2,13	0,07	0,11	78	188

A.1.4 Regionale kwaliteit van ondiep (10 m –mv) en middeldiep (25 m-mv) grondwater

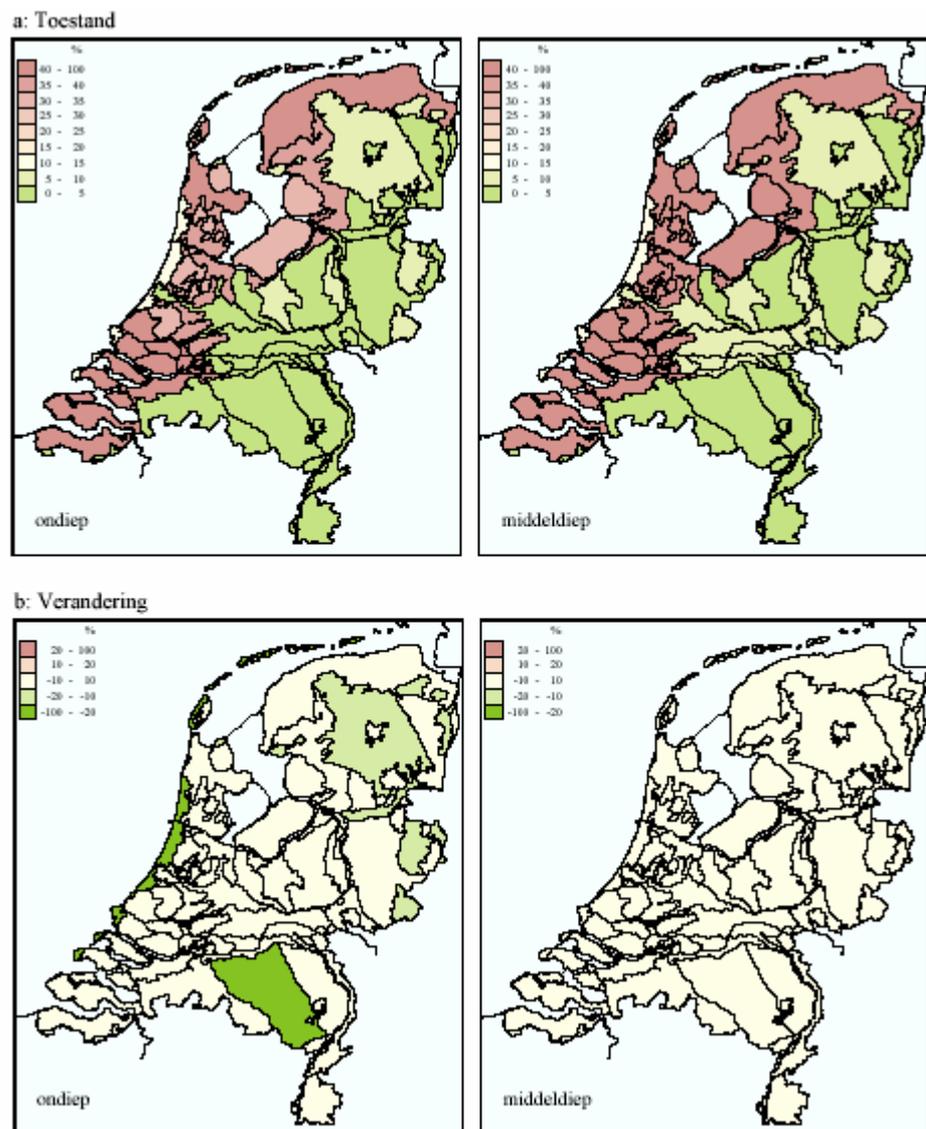
Voor het middeldiepe en het ondiepe grondwater zijn gegevens van het LMG en PMG gebruikt om een regionaal beeld te schetsen. Hierbij is gebruik gemaakt van gemiddelde waarden in relatief homogene fysische-geografische gebieden (ecodistrictgroepen) die grotendeels met KRW grondwaterlichamen samenvallen. Hieruit is dan binnen een grondwaterlichaam een gewogen gemiddelde berekend (RIVM 50000306, 714801030).

RIVM (714801030) beschrijft de ecodistrictgroepen en presenteert gegevens voor de ecodistrictgroepen. De gegevens van het LMG (400 putten) en van de PMG's (enkele tientallen putten per provincie m.u.v. Friesland en Zeeland, zijn hiertoe samengevoegd. De data zijn verwerkt per zogenaamde ecodistrictgroep, en onder andere geïnterpreteerd naar het percentage van de oppervlakte van een gebied dat boven de kwaliteitsdoelstelling (%OBS; % oppervlak boven de streefwaarde) kwam in 2000. Hieruit volgt de volgende diagnose voor de regionale toestand van het grondwater:

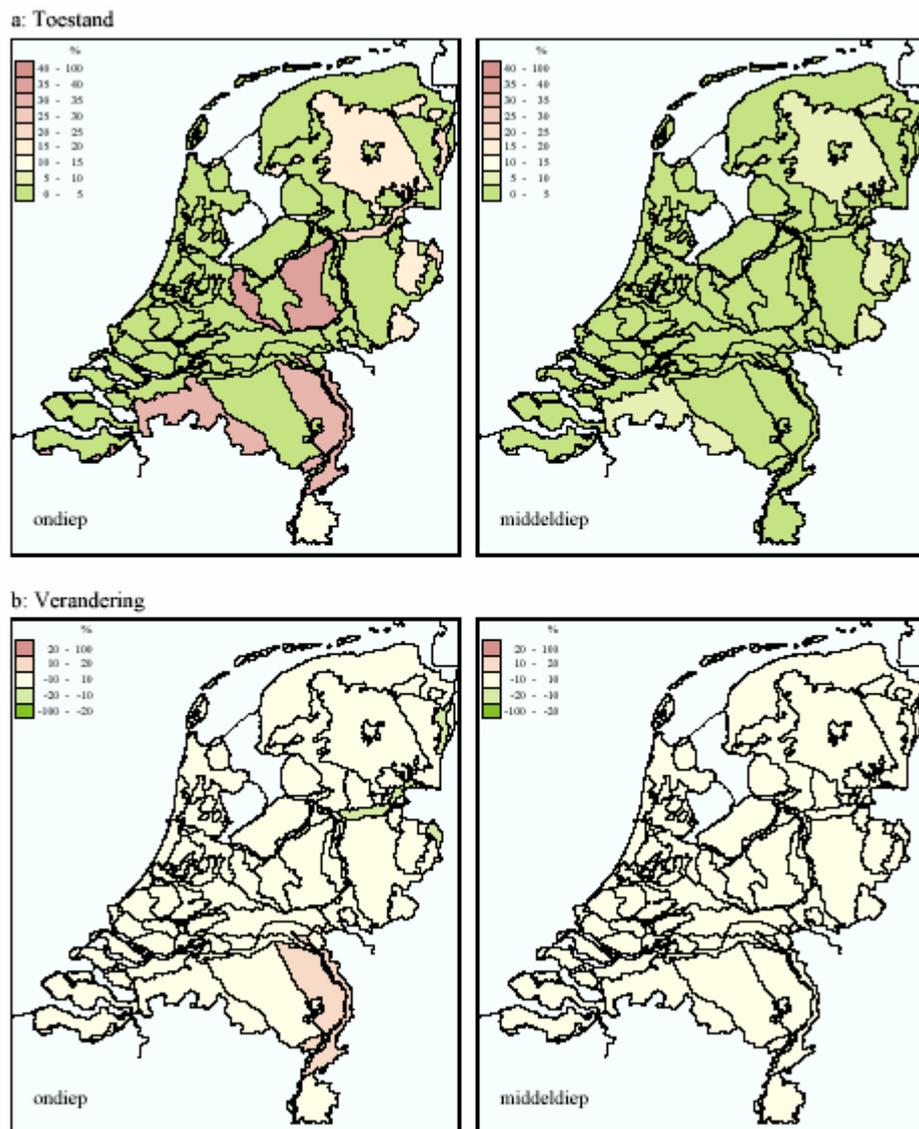
- Het ondiepe grondwater in zand- en lössgebieden kent hoge %OBS (>10) voor nitraat, kalium, aluminium: vermesting, verzuring, verdroging (niet onderscheidbaar); vaak geldt: concentratie ondiep > middeldiep.
- In het Zuid-Nederlands zandgebied zijn Cd, Ni, Zn verhoogd: dit wordt gewijd aan de algemene vermesting, verzuring, verdroging in combinatie met de eigenschappen van de ondergrond (arm, pyriethoudend zand), niet zozeer de directe maaiveldbelasting uit de metaalindustrie en mest
- Zeeklei-/veengebieden kennen hoge %OBS voor Cl, SO₄, NH₄, en PO₄. Kalium is van nature hoog in mariene afzettingen. Vaak geldt dat middeldiep>ondiep
- Rivierengebied alleen As hoog: natuurlijke oorsprong. Overige verbindingen hebben de laagste %OBS.

Ook zijn de trends beschouwd in de periode 1984-2000, de voornaamste bevindingen hier zijn:

- 1984-2000 over het algemeen weinig verandering in grondwaterkwaliteit (belasting ook weinig veranderd afgelopen 25 jaar);
- ondiep grondwater onder gras/maïs op zand: K stijgt;
- Cl daalt, valt samen met een daling van de Cl belasting door landbouwactiviteiten.

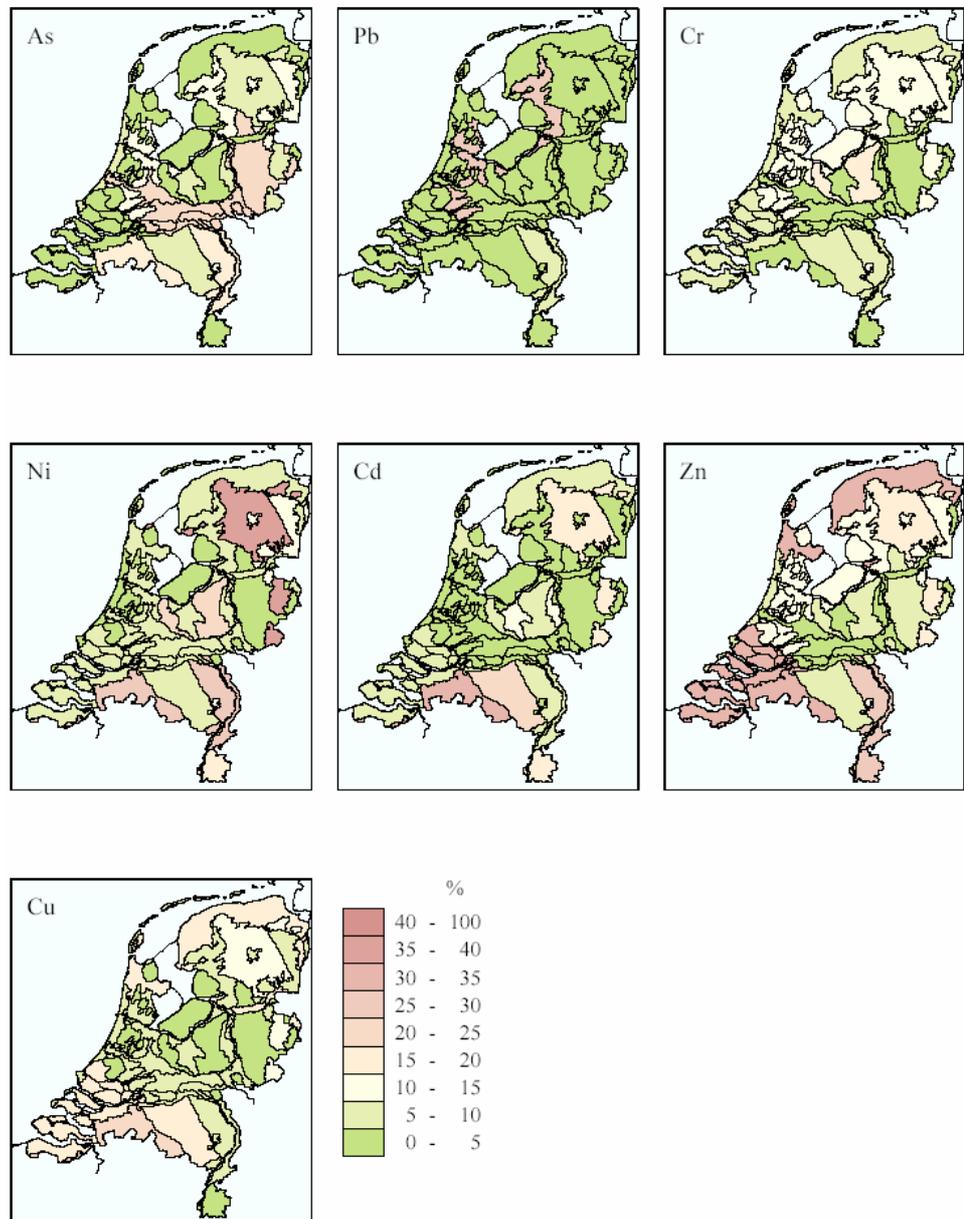


Figuur A.3. Chloride in het ondiepe en middeldiepe grondwater per eco-districtgroep; a: percentage oppervlakte boven de streefwaarde in het jaar 2000 (%OBS; streefwaarde: 100 mg/L, waarnemingen van LMG en PMG), b: verandering van het %OBS voor chloride in grondwater in de periode 1984-2000 (waarnemingen van LMG) (Uit RIVM 71480130)



Figuur A.4. 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) (Uit RIVM 71480130)

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



Figuur A.5. Sporenelementen in middeldiep grondwater in 2000 per eco-districtgroep; percentage oppervlakte boven de streefwaarde uit de Circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering (circulaire SIB). (Uit RIVM 714801030).

A.1.5 MTBE

Aan benzine wordt sinds 1988 vaak methyl-tert-butylether (MTBE) toegevoegd om de klopvastheid te verhogen. Vroeger werd daarvoor het zeer giftige tetraethyllood (TEL) gebruikt (loodhoudende benzine). Ook aan MTBE worden tegenwoordig schadelijke eigenschappen toegerekend en een verbod op gebruik ervan mag wellicht in de toekomst dan ook worden verwacht. Wegens de grondwatervervuilende rol van MTBE is de stof inmiddels in 16 van 52 staten in de Verenigde Staten verboden, waaronder ook de staat Californië. Met name de geur- en smaakaspecten kunnen problemen geven bij de productie van drinkwater uit grondwater. (bron: nl.wikipedia.org). Ook in Nederland wordt de stof op grote schaal toegepast en ook teruggevonden in het grondwater (zie bijvoorbeeld Langenhoff, 2000). MTBE is een voorbeeld van een zogenaamde “emerging substance”, in feite is het inmiddels al overduidelijk dat deze stof een probleemstof is en niet meer ‘emerging’.

A.1.6 Nota bene: Bestrijdingsmiddelen

Voor bestrijdingsmiddelen en organische microverontreinigingen in het grondwater zijn geen landelijke gegevensbestanden, alhoewel het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit wel eenmalig op organische microverontreinigingen is geanalyseerd. Deze parameters maken geen deel uit van de reguliere monitoring. De analysekosten zijn hoog en de metingen geven vaak concentraties beneden de detectielimiet aan. Echter, gegevensbestanden van waterleidingbedrijven en gericht, projectmatig onderzoek, laten zien dat er wel degelijk bestrijdingsmiddelen in het milieu in Nederland voorkomen, ook in het diepere grondwater (bijvoorbeeld Minnema et al., 2000; Van Vliet en Passier, 2005). De bestrijdingsmiddelen zijn niet meegenomen in de rapportage van de karakterisatie van de grondwaterlichamen voor Brussel. De drempelwaarde in het grondwater voor de individuele bestrijdingsmiddelen is 0,1 µg/l. In de context van de EU Kaderrichtlijn Water zal Nederland de inspanningen op het gebied van het meten van bestrijdingsmiddelen in het grondwater moeten vergroten. Gegevens uit onze buurlanden en de aanwezige gegevensbestanden van waterleidingbedrijven en van projectmatig onderzoek kunnen bij de stoffenselectie ondersteuning geven.

De uitspoeling van bestrijdingsmiddelen naar het grondwater is een van de toelatingscriteria voor bestrijdingsmiddelen in Nederland. Hierbij worden modellen van het gedrag van de bestrijdingsmiddelen ingezet en ook gerichte monitoringscampagnes. Ondanks dit toelatingscriterium worden er in verschillende toestandsonderzoeken toch bestrijdingsmiddelen aangetroffen in het grondwater. Het werkelijke uitspoelingsgedrag van bestrijdingsmiddelen wijkt af van het modelgedrag, een model kan alleen een inschatting geven van het stofgedrag. Monitoring is nodig om het werkelijke effect van bestrijdingsmiddelengebruik op de grondwaterkwaliteit te bepalen.

A.2 Samenvatting regionale toestand van de bodem

A.2.1 Zware metalen in de bodem

De kwaliteit voor wat betreft de top laag van 30 centimeter van de bodem, is beschouwd in Alterra rapport 948. Hierbij zijn de essentiële zware metalen Cu, Mo, Cr, en Zn en de niet-essentiële metalen Pb, Cd, Hg en As bekeken (Tabel A.2). Bepalende factoren in de gehalten van zware metalen in de bodem zijn het landgebruik en het bodemtype. Het bodemtype is zowel van belang vanwege het verschil in de natuurlijke gehalten en de verschillen in bindingscapaciteit.

De conclusies van dit onderzoek van Alterra worden als volgt gerapporteerd:

- Ongeveer 100,000 ha landbouwgebied is tamelijk zwaar verontreinigd met zware metalen door een gestage overmatige aanvoer van deze metalen vanuit diffuse bronnen (dierlijke mest, kunstmest, rioolslib, compost, overstroming en atmosferische depositie (verg. Fig. A.6). Dit gebied is 5% van het totale landbouwgebied.
- Het totale metaalgehalte in landbouwbodems stijgt langzaam maar gestaag. Het stand-still principe zal moeilijk gehandhaafd kunnen worden voor veel metalen. Belangrijke bronnen zijn dierlijke mest en kunstmest en (lokaal) slib en compost.
- Geschat wordt dat het Cd-gehalte (en mogelijk Pb) in tarwe die groeit op de zandige bodems van de Kempen en de lössgronden in Limburg, regelmatig de eisen voor menselijke consumptie overschrijdt, deze tarwe wordt echter aan het veevoer toegevoegd waarvoor minder strenge eisen gelden dan voor menselijke consumptie.
- Concentraties van metalen in ondiep grondwater zijn gestegen door uitloging vanuit de topsoil, vooral in zandige bodems met intensieve landbouw.
- Uitloging van zware metalen vanuit de bodem is een belangrijke bron van metalen voor het oppervlaktewater. Vaak wordt de MTR voor het oppervlaktewater niet gehaald (met name voor Cu, Zn en Ni). In sommige gevallen is er een directe link met het landgebruik en de toepassing van dierlijke mest.

Tabel A.2 Overzicht van de samenstelling van de topsoil, de bovenste laag van de bodem van 0-30 cm, in Nederland. Gepresenteerd worden: de resultaten voor pH-KCl, de percentiel gehalten (10, 50 en 90%) voor organische stof, klei en zware metalen values (10, 50 and 90%), voor alle bodems, veen, zand, loam en kleibodems. (Uit Alterra 948, bron daarin: Brus et al., 2002)

All soil types

	Org. Matter	clay	pH-KCl	Cd	Pb	Hg	As	Cu	Zn	Ni	Cr
	%	%		mg kg ⁻¹							
min	0.3	0.0	2.5	0.00	0.5	0.00	0.4	0.0	1.5	0.5	0.6
10%	2.1	1.8	3.9	0.13	10.2	0.04	2.0	4.0	14.7	2.0	5.4
50%	5.9	12.6	5.5	0.31	23.0	0.10	10.0	13.0	46.0	13.1	22.7
90%	25.9	31.4	7.4	0.92	75.0	0.29	19.9	36.9	140.0	31.2	64.5
max	97.6	54.2	8.7	45.10	952.7	13.80	180.0	270.0	1700.0	127.3	410.0
n	3938	3342	3859	3431	4068	1844	1981	3328	3392	1755	2098

Peaty soils (OM > 15%)

	Org. Matter	clay	pH-KCl	Cd	Pb	Hg	As	Cu	Zn	Ni	Cr
	%	%		mg kg ⁻¹							
min	15.0	0.0	2.5	0.09	10.0	0.04	0.5	1.7	7.7	0.8	2.5
10%	16.9	3.2	4.2	0.31	26.0	0.10	3.3	11.0	37.0	3.9	10.0
50%	25.5	19.3	5.0	0.74	61.0	0.18	10.0	27.3	105.0	18.8	30.0
90%	51.0	36.0	6.3	1.49	170.0	0.43	19.0	64.0	202.0	37.1	70.0
max	97.6	54.2	7.5	45.10	952.7	13.80	180.0	270.0	1700.0	75.0	410.0
n	801	760	775	592	799	436	419	751	757	487	541

Sandy soils (clay < 8%)

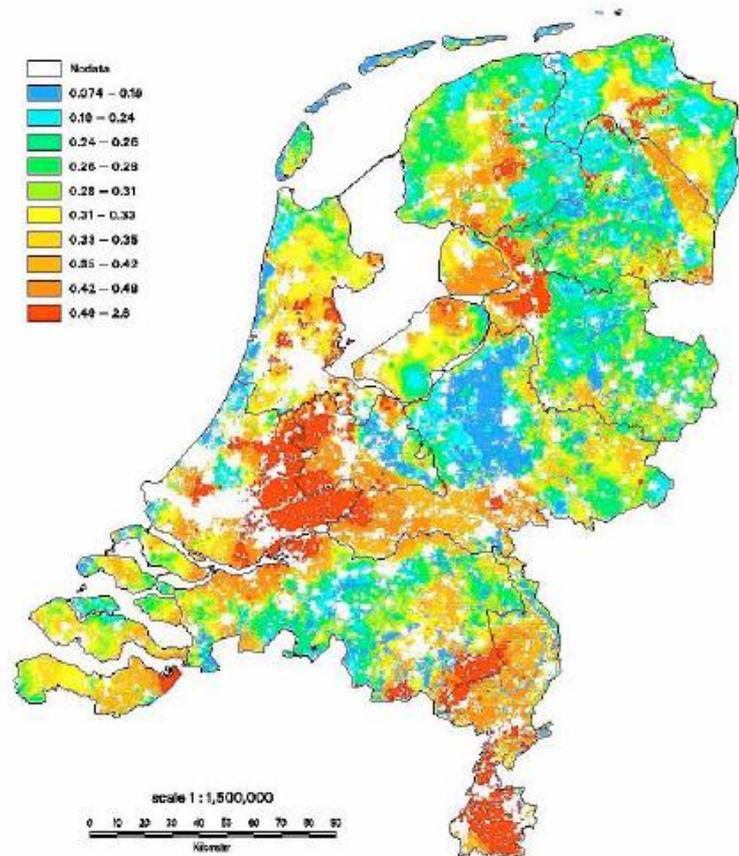
	Org. Matter	clay	pH-KCl	Cd	Pb	Hg	As	Cu	Zn	Ni	Cr
	%	%		mg kg ⁻¹							
min	0.3	0.0	2.8	0.01	0.5	0.00	0.4	0.2	2.0	0.5	1.0
10%	1.8	0.9	3.6	0.10	8.9	0.02	1.3	2.1	10.1	1.1	5.0
50%	5.0	2.6	5.3	0.28	17.0	0.07	3.0	9.4	26.1	4.0	10.5
90%	10.3	6.2	7.4	0.52	38.1	0.18	10.0	18.4	53.0	10.7	26.8
max	14.8	8.0	8.7	17.20	849.7	8.52	109.0	49.6	799.4	127.3	406.7
n	1015	1129	1063	781	1068	628	542	776	826	376	640

vervolg Tabel A.2**Loamy and silty loam soils (8% < clay < 25%)**

	Org. Matter	clay	pH- KCl	Cd	Pb	Hg	As	Cu	Zn	Ni	Cr
	%	%		mg kg ⁻¹							
min	1.1	8.0	3.7	0.04	3.0	0.01	1.4	0.2	10.2	1.0	7.0
10%	1.9	10.2	5.7	0.20	13.0	0.05	6.7	7.0	37.1	8.6	17.0
50%	3.5	16.2	7.2	0.35	23.0	0.10	12.2	14.3	59.0	15.2	35.0
90%	9.7	22.8	7.5	0.74	47.4	0.23	20.0	29.4	112.0	23.2	65.9
max	14.9	25.0	8.5	4.50	250.0	1.50	110.0	165.0	638.6	57.5	175.0
n	1004	1045	929	932	1038	537	692	758	760	470	485

Clay soils (Clay > 25%)

	Org. Matter	clay	pH- KCl	Cd	Pb	Hg	As	Cu	Zn	Ni	Cr
	%	%		mg kg ⁻¹							
min	1.5	25.0	3.7	0.09	5.0	0.01	3.1	6.0	44.0	8.0	17.0
10%	2.8	26.3	5.2	0.20	20.0	0.06	10.0	10.2	61.0	16.0	26.0
50%	5.9	30.8	7.1	0.40	31.0	0.11	15.9	17.0	85.5	25.3	42.0
90%	12.3	40.5	7.4	0.84	59.8	0.31	23.0	32.0	146.8	37.2	96.0
max	15.0	52.0	7.6	2.96	279.5	0.99	58.0	108.0	496.0	60.6	130.0
n	366	366	331	333	366	231	284	272	272	198	197

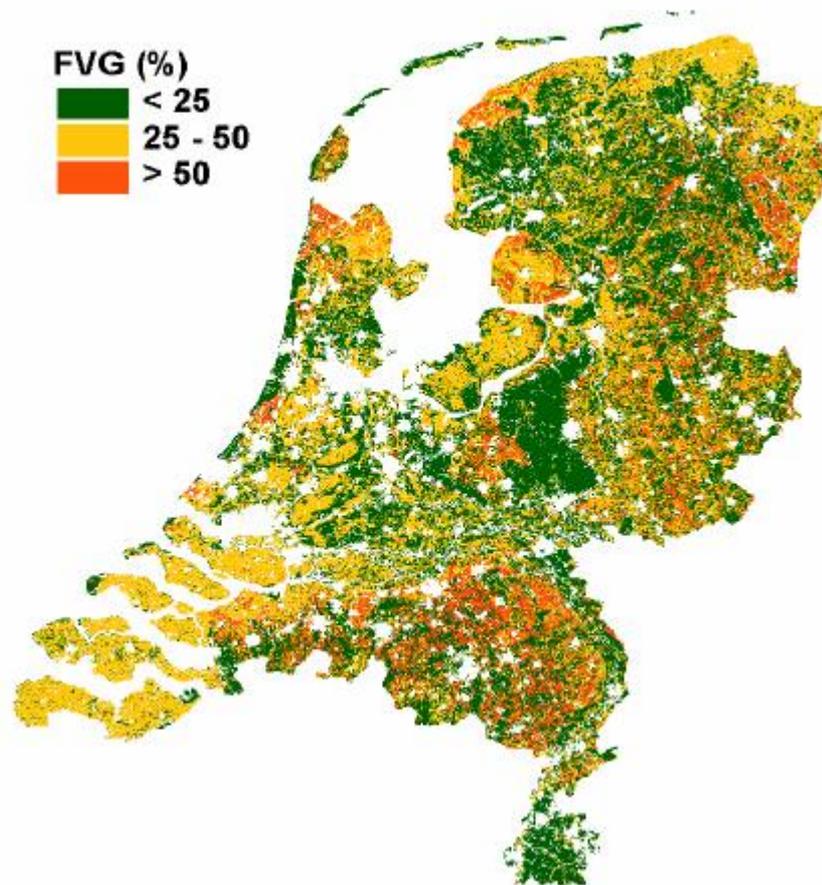


Figuur A.6. Geschat cadmium gehalte (Brus et al., 2002). De kaart toont de ruimtelijke verdeling van het Cd gehalte in bodems. Zwaar belaste plaatsen (rood en oranje) worden aangetroffen in verschillende regio's, met name in veengebieden en in de Kempen. Lage gehalten (blauw en groen) worden aangetroffen in natuurgebieden. (uit Alterra 948).

A.2.2 *Nutriëntgehalten in de bodem*

Ook de nutriëntgehalten van de bodem op regionale schaal zijn onderzocht en beschreven in Alterra rapport 948. Conclusies voor de nutriëntgehalten worden als volgt gerapporteerd:

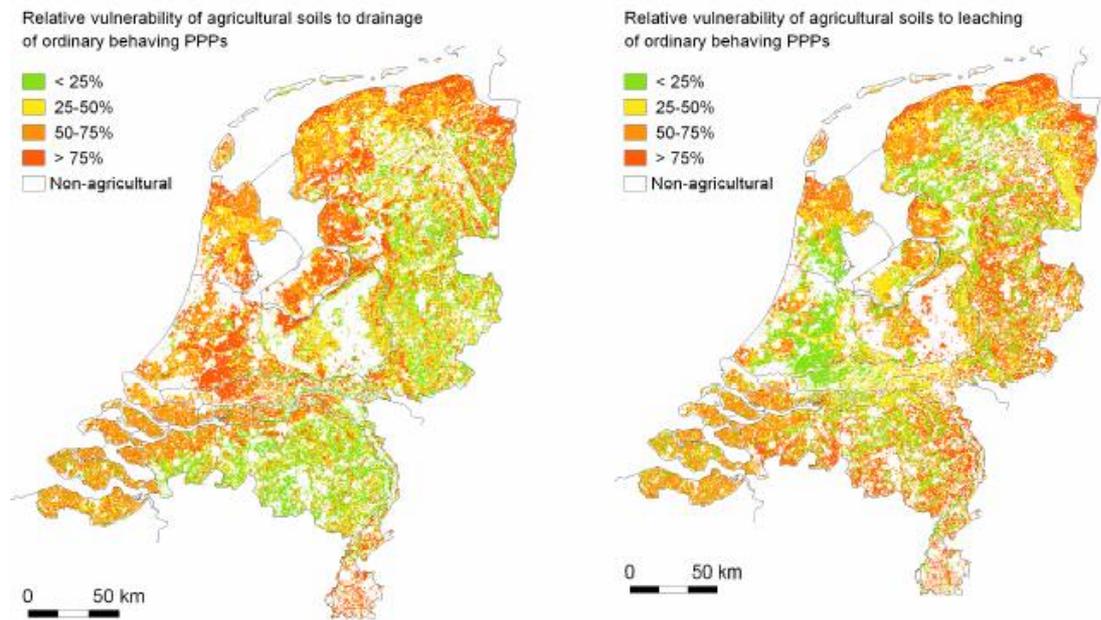
- De meeste bodems in landbouwgebieden hebben een hoge oorspronkelijke bodemvruchtbaarheid.
- In de tweede helft van de 20ste eeuw zijn landbouwbodems verrijkt met gemiddeld 2000 kg P per ha. Sommige bodems hebben twee of driemaal zoveel gekregen.
- Het overschot aan stikstof was in de tweede helft van de 20ste eeuw gemiddeld 20.000 kg per ha. Vrijwel dit gehele overschot is uit de bodem verdwenen en is verspreid in aangrenzende milieucompartimenten.
- Het jaarlijkse N en P overschot is de laatste tien jaar drastische gedaald, maar er is nog steeds een verrijking van P in praktisch alle bodems.
- Effecten van het overschot aan N worden direct zichtbaar op locale schaal en langzamerhand op regionale en continentale schaal (via transport in het grondwater en oppervlaktewater en via de atmosfeer als NH₃ en N₂O).
- De effecten van het P overschot worden gedeeltelijk gemaskeerd door buffering door de bodem. De effecten zullen optreden wanneer blijvende overbelasting van de bodem de buffercapaciteit geheel heeft verbruikt. Dan neemt de uitloging van P toe gedurende tientallen jaren en de ecologische effecten zullen langzaamaan op regionale schaal optreden.
- Fosfaat-verzadigde gronden zijn een milieu-schuld die langzaam groeit, maar vroeg of later zal moeten worden afgelost (vergelijk Fig. A.7). Daarbij is er door de opbouw van P in bodems minder P beschikbaar op andere plaatsen.



Figuur A.7. Ruimtelijk patroon van de berekende fosfaatverzadigingsgraad (FVG) in de bodem. Bodems met een FVG van >25% (geel en oranje) heten fosfaatverzadigde bodems, dit betekent dat P uitloging naar grondwater en oppervlakte ervoor zorgt dat in dit water de milieunormen overschreden (zullen) worden. (Uit Alterra 948).

A.2.3 De kwetsbaarheid van de bodem voor uitloging en drainage van bestrijdingsmiddelen

De kwetsbaarheid voor uitloging en drainage van de Nederlandse bodem is ook samengevat in Alterra rapport 948. De kwetsbaarheid is bepaald met behulp van simulaties in een ruimtelijk model (Tiktak et al., 2002). Niet alle bodems zijn even kwetsbaar. De kwetsbaarheid voor drainage van bestrijdingsmiddelen is over het algemeen hoger in het westen en noorden van het land (Fig. A.8). Dit deel wordt gekarakteriseerd door ondiepe grondwaterstanden en een drainage stelsel met een hoge dichtheid. Aanvullende analyses laten zien dat de afvoer van de bestrijdingsmiddelen wordt gedomineerd door snelle drainage naar het oppervlakte water in buisdrainage en oppervlakte drainage. Hier is dus weinig interactie met de bodemmatrix. Het uitlogingsprobleem is groot in het oosten en het zuiden van het land, waar goed ontwaterende licht zure bodems voorkomen. Uitloging is ook groot in bodems met een laag organisch stofgehalte zoals löss- en duinbodems. Men moet zich realiseren dat het hier gaat om modelberekeningen, niet op meetresultaten.



Figuur A.8. Vergelijking van het ruimtelijke patroon van de relatieve kwetsbaarheid van bodems voor drainage (links) en uitloging (rechts) voor een bepaald voorbeeld bestrijdingsmiddel. De getallen geven de klasse in de geaccumuleerde frequentie verdeling, “50%” wil zeggen dat de helft van de Nederlandse bodem meer kwetsbaar is dan de bodem die is aangeduid met “50%”. (Uit Alterra 948, bron hierin: Tiktak et al., 2002).

A.2.4 Genormeerde stoffen in de Nederlandse bodem: bovengrond (0-0,1 m-mv) en ondergrond (0,5-1,0 m-mv)

In het kader van het onderzoek “Achtergrondwaarden 2000” (TNO NITG 04-242-A) zijn vrijwel alle voor de bodem genormeerde chemische stoffen gemeten in de bovengrond (0-0,1 m-mv) van Nederland. Het gaat hierbij om de stoffen die genormeerd zijn in de Circulaire Streef- en Interventiewaarden, het Bouwstoffenbesluit en de Vrijstellingsregeling Samenstelling en Immissiewaarden. Het betreft ruim 100 stoffen, waaronder metalen, aromatische koolwaterstoffen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's), gechloreerde koolwaterstoffen, bestrijdingsmiddelen en een groep zogenaamde overige stoffen. Het onderzoek is landelijk van opzet, waardoor regionale uitspraken moeilijk te doen zijn. In de gestratificeerde aselechte steekproef zijn de monsternemingslocaties goed verdeeld over de in Nederland voorkomende combinaties van bodemtypen en bodemgebruik. 25% van de stoffen overschrijdt de streefwaarde, of daaraan gelijkwaardige norm.

De constatering met betrekking tot de aangetroffen gehalten zijn als volgt:

- De gehalten in de bovengrond zijn over het algemeen hoger dan in de ondergrond. Het is opvallend dat stoffen met een relatief hoog percentage overschrijdingen van de streefwaarde in de bovengrond, ook relatief hoge overschrijdingspercentages voor de ondergrond laten zien.
- Binnen de categorie van de metalen valt het op dat voor een aantal metalen meer dan 5% van de waarnemingen de huidige streefwaarde overschrijdt. In de bovengrond geldt dit voor barium, kobalt, koper, vanadium en antimoon. Voor de ondergrond geldt dit voor barium, beryllium, kobalt, vanadium en antimoon. Vanadium valt erg op door het hoge percentage overschrijdingen van de streefwaarde: bijna 70% voor de bovengrond en 40% voor de ondergrond.
- Onder de anorganische parameters vallen thiocyanaten en CN-vrij op door het hoge percentage overschrijdingen van de streefwaarde: in de bovengrond overschrijdt voor

beide stoffen meer dan 60% van de waarnemingen de streefwaarde. In de ondergrond bedraagt het overschrijdingspercentage respectievelijk 26 en 15%.

- De grote groep van organische verbindingen wordt gekenmerkt door het grote aantal waarnemingen beneden de aantoonbaarheidsgrens. Voor ca. 50% van alle geanalyseerde organische verbindingen geldt dat minder dan 5% van de waarnemingen boven de aantoonbaarheidsgrens ligt. Dit geldt onafhankelijk van de vraag of een organische stof zelf is genormeerd of onderdeel uitmaakt van een somparameter.
- Binnen de groep van organische verbindingen valt vooral de groep van de bestrijdingsmiddelen op door het aantal stoffen met een relatief hoog percentage overschrijdingen van de streefwaarde. Voor γ -HCH, som heptachloorepoxide, alfaendosulfan, dieldrin, aldrin, endrin, som drins, som DDT/DDD/DDE en organotinverbindingen overschrijdt meer dan 10% van de waarnemingen in de bovengrond de betreffende streefwaarde. Met uitzondering voor α -endosulfan en organotinverbindingen ligt voor deze stoffen het overschrijdingspercentage van de streefwaarde in de ondergrond ook boven de 10%. Verder valt voor de som aan organotinverbindingen op dat in de bovengrond zelfs de tussenwaarde in meer dan 10% van de waarnemingen wordt overschreden.
- Van de overige organische verbindingen overschrijdt voor de volgende stoffen meer dan 10% van de waarnemingen de streefwaarde in de boven- én ondergrond: tetrahydrofuran, 1,1,2-trichloorethaan, MCPA, som chloorfenolen, minerale olie en de som ftalaten.
- Voor een beperkt aantal stoffen wordt in een beperkt aantal monsters de interventiewaarde voor de betreffende stof overschreden. Het gaat om:
 - Bovengrond: som organotin verbindingen (4 locaties), antimoon (2 locaties), som HCH (1 locatie), som DDT/DDE/DDD (1 locatie), formaldehyde (1 locatie) en acrylonitril (1 locatie)
 - Ondergrond: formaldehyde (5 locaties), som organotin verbindingen (2 locaties), som ftalaten (1 locatie) en acrylonitril (1 locatie). Bij de overschrijding van de interventiewaarde voor de ftalaten wordt opgemerkt dat de analyse van deze gehele groep van stoffen onbetrouwbaar is ten gevolge van het optreden van contaminatie van de monsters door contact met materialen die weekmakers bevatten. De overschrijdingen komen niet geclusterd voor. Slechts op één locatie (132-38) wordt voor twee stoffen (som organotin verbindingen en som HCH) worden twee interventiewaarde overschrijdingen aangetroffen. Er bestaat ook geen relatie tussen de overschrijdingen van de interventiewaarde in de bovengrond en de ondergrond.

A.3 Connectie Bodem-grondwater-oppervlaktewater

De diffuse stoffenbelasting van het oppervlaktewater is in Nederland een relatief groot probleem t.o.v. puntbronnen. Voor KRW en ander oppervlaktewaterkwaliteitsbeleid is er een grote informatiebehoefte aangaande de diffuse belasting. De belangrijkste diffuse emissieroute is voor veel stoffen door de geochemisch reactieve ondergrond. In Nederland is de geochemie van de ondergrond zeer bepalend voor de oppervlaktewaterkwaliteit.

A.3.1 Nutriënten emissie vanuit bodem naar oppervlaktewater en grondwater

In het kader van het terugdringen van de negatieve gevolgen van het gebruik van dierlijke mest voor het milieu, zijn diverse varianten opgesteld hoe de ontwikkeling van de verliesnormen van de nutriënten N en P zal zijn (Alterra 552). Met het landsdekkende nutriëntenemissiemodel STONE zijn voor diverse varianten van toekomstige verliesnormen de milieukundige effecten doorgerekend. Hiermee zijn de nitraatconcentratie in het bovenste grondwater, de fosfaatverzadiging van de bodem en de stikstof- en fosforvruchten die naar het oppervlaktewater uitspoelen, gekwantificeerd. Deze landsdekkende berekeningen geven een goed beeld van de regionale verschillen die er optreden in de N en P belasting van het milieu. De centrale varianten zijn A: Referentie 1998; B: Mestwet 2002; D1: Mestwet 2003; H: Vergaand (zie bijvoorbeeld Fig. A.9).

De conclusies uit dit onderzoek met betrekking tot toekomstige veranderingen van de milieuhygiënische toestand van de bodem zijn als volgt:

- De STONE resultaten tonen de grote variatie in nutriëntenbelasting in afhankelijkheid van de landelijke variatie in grondsoort, landgebruik en hydrologie en de consequenties van toepassing van de verschillende verliesnormen voor de nutriëntenbelasting.
- Aanscherping van stikstofverliesnormen leidt tot een verbetering van de kwaliteit van het grondwater. Bij de referentievariant A (niveau 1998) wordt op termijn (jaar 2030) de MTR-waarde voor nitraat in het bovenste grondwater (50 mg NO₃ per liter) in 33% van het landbouwareaal in Nederland overschreden. Bij de scherpste variant H (met laagste stikstofverliesnorm en grootste areaal aan aangewezen droge zandgronden (600 000 ha)) doet deze overschrijding zich voor in 13% van het landbouwareaal. Het zijn met name de droge zandgronden met grondwatertrap VII en VII* en ten dele VI, waar de MTR-waarde nog wordt overschreden.
- Voor de aangewezen droge zandgronden geldt dat bij verliesnormen volgens de Meststoffenwet 2002 (variant B; 140 000 ha droge zandgronden), in 90% van het areaal landbouwgrond de MTR-waarde voor nitraat in het bovenste grondwater op termijn (2030) wordt overschreden. Indien de verliesnormen volgens de Meststoffenwet 2003 worden opgelegd (variant D1 met 140 000 ha droge zandgronden en variant D2 met 360 000 ha droge zandgronden), daalt dit percentage naar resp. 86% en 68%. Ook bij de scherpste variant H (met 600 000 ha droge zandgronden) wordt nog in 43% van de landbouwgronden op deze droge zandgronden de MTR-waarde voor nitraat in het bovenste grondwater overschreden.
- De stikstofbelasting van het oppervlaktewater vanuit landbouwgronden neemt bij variant B met verliesnormen volgens de Meststoffenwet 2002 met 16% af ten opzichte van de referentievariant A. De reductie bedraagt 21-23% voor de varianten met verliesnormen volgens de Meststoffenwet 2003. Bij de scherpste varianten (E, G en H) neemt de stikstofbelasting af met 28 tot 30%.

- De fosfaatverzadigingsgraad van de bodem neemt toe bij alle varianten, behalve bij variant H. De toename is afhankelijk van de fosfaatverliesnorm, de hoogte van de forfaitaire fosfaatafvoer, en het al of niet opnemen van kunstmestfosfaat in MINAS. Voor het jaar 2000 is berekend dat ca. 79% van het landbouwareaal op zandgronden een fosfaatverzadigingsgraad van 25% of meer heeft en ca. 29% een fosfaatverzadigingsgraad van 50% of meer. Voor kleigronden worden deze arealen geschat op resp. 74% en 6% en voor veengronden op respectievelijk 75% en 23%.
- Nota bene: De stikstof- en fosforconcentraties in het oppervlaktewater als gevolg van uitspoeling vanuit landbouwgronden, zijn in deze studie niet vastgesteld. Er kunnen dus op grond van deze studie geen conclusies getrokken worden over de mate van overschrijding van de normen die voor de oppervlaktewaterkwaliteit gelden. De doorvertaling van de resultaten van deze studie richting oppervlaktewater heeft in 2002 plaatsgevonden. De resultaten daarvan zijn terug te vinden in RIVM rapport 718201005. Hieromtrent wordt geconcludeerd dat, ook bij een scherpe bijstelling van de fosfaatverliesnorm, het herstel van de ecologische kwaliteit van de regionale wateren meer dan tientallen jaren zal duren, gezien de in de afgelopen decennia opgebouwde voorraad fosfaat in landbouwgronden en waterbodems. Omtrent nitraat wordt voor de niet-droge gronden geconcludeerd dat reducties van verliesnormen, nog geen zichtbare verbetering van de ecologische kwaliteit van zoete wateren tot gevolg hebben, omdat dit effect wordt gemaskeerd door de hoge concentraties fosfaat.

Aanvullende opmerkingen:

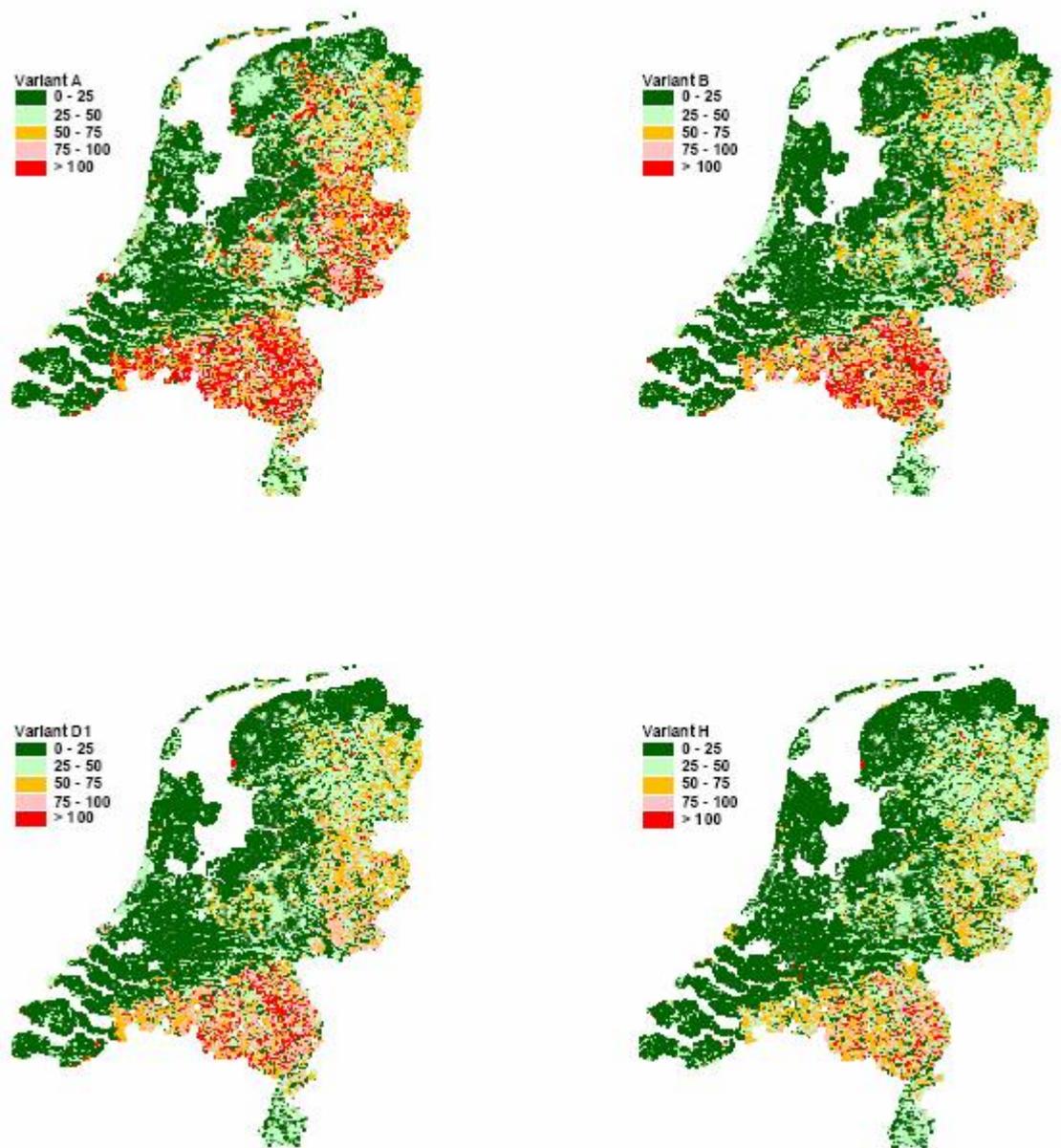
Overigens wordt het Verliesnormenbeleid (MINAS) voor de landbouw in 2006 vervangen door het Gebruiksnormenstelsel. Met name voor fosfaat is dit nieuwe stelsel anders en scherper, de laatste doorrekeningen van dit nieuwe stelsel worden binnenkort gepubliceerd.

De mate van P-verzadiging is 1-op-1 gekoppeld aan de potentiële uitloging. Afgezien van de vraag hoe hoog de P-bindingscapaciteit is, is het nu een belangrijke vraag of er ook daadwerkelijk 'lekkage' plaatsvindt van fosfaat uit de bodem naar het grondwater en het oppervlaktewater. Beleidsmatig is het voorts relevant of hier 'eenvoudig te onderscheiden homogene gebieden' zijn aan te wijzen waarvoor gedifferentieerd mestbeleid gevoerd kan worden.

Ook zonder toename van het fosfaatoverschot, zal fosfaat in toenemende mate uitspoelen en draineren, omdat de aanwezige fosfaat zich verspreid tot buiten het bereik van de wortelzone.

In het kader van het veranderende klimaat (natter en warmer) wordt verwacht dat uitspoeling ook versterkt wordt in de toekomst. Prognoses omtrent het transport van fosfaat zijn onzeker, mede door gebrekkige kennis van de reactiviteit van de ondergrond. Dit geldt ook voor andere stoffen.

Naast P-accumulatie, is er ook sprake van N-accumulatie in de bodem. Organische stikstof is hierbij een belangrijke vorm. Als dit niet verder kan accumuleren of zelfs mineraliseert, zal de nitraat-uitspoeling bij gelijkblijvende mestgiften significant toenemen.



Figuur A.9. Ruimtelijk beeld van de nitraatconcentraties in 2030 in het bovenste grondwater voor resp. variant A, B, D1 en H (uit Alterra 552).

A.3.2 Uitspoeling zware metalen uit bodem naar oppervlaktewater

De uitspoeling van metalen vanuit de bodem naar het grond- en oppervlaktewater is significant. Uitspoeling levert een belangrijke bijdrage aan de belasting van het oppervlaktewater. De regionale verschillen in uitspoeling kunnen groot zijn ten gevolge van verschillen in bodemgehalten, bodemtype en landgebruik. Alterra heeft op regionale schaal modelberekeningen voor de uitspoeling van Cd, Cu, Ni, Pb en Zn. Hiervoor is gebruik gemaakt van de landsdekkende bodemschematisatie (STONE waarbij Nederland is ingedeeld in 6405 en 2439 eenheden met verschil in bodemtype, metaalgehalten en hydrologie).

De conclusies van deze studie zijn (Alterra-rapport 1044):

- Op basis van de modelberekeningen van de uitspoeling van zware metalen Cd, Cu, Ni, en Pb wordt voorspeld dat voor veel gebieden in Nederland de concentraties in het uitspoelende grondwater de MTR-waarde voor oppervlaktewater overschrijden.

De grootste overschrijdingen zijn berekend voor de veengebieden, waarbij concentraties tussen 3 en 30 maal MTR worden berekend. Voor nikkel worden ook in de kleigebieden grote overschrijdingen berekend. Modelberekeningen voor de uitspoeling van zink laten zien dat voor vrijwel geheel Nederland de MTR-waarde wordt overschreden. Voor veen- en kleigebieden worden soms overschrijdingen van meer dan 100 maal MTR berekend.

- Een onzekerheidsanalyse op de modelresultaten toonde aan dat onzekerheid in de grondwaterstand kan leiden tot een grote onzekerheid in de resultaten per STONE-eenheid, op landelijke schaal zorgt dit niet voor een grote systematische fout. Bij opschaling naar een groter schaalniveau kan de onzekerheid in modelresultaten worden verminderd.
- Vergelijking van de modelresultaten met meetwaarden van metaalconcentraties in oppervlaktewater laat zien dat op landelijke schaal de uitspoeling uit zand- en kleigronden voor bijna alle metalen redelijk wordt voorspeld. De gemiddelde relatieve afwijking is kleiner dan twee. Bij kleigronden is voor de meeste metalen de berekende concentratie gemiddeld lager dan de gemeten concentratie. Dit komt mogelijk door de belasting van het oppervlaktewater uit andere bronnen dan uitspoeling. Voor veengronden zijn de berekende concentraties in het lateraal uitspoelende bodemwater echter hoger dan de gemeten concentraties in oppervlaktewater. De grootste afwijkingen worden hier gevonden voor zink en nikkel. Dit wordt mogelijk veroorzaakt door anaërobe vastlegging van de metalen in de bodem, waardoor concentraties in het bodemvocht, en daarmee in het uitspoelende grondwater, sterk afnemen. De gebruikte modellen zijn afgeleid voor aërobe gronden en daarom mogelijk niet toepasbaar voor anaërobe bodems. Zowel eenvoudig toepasbare modellen voor het gedrag van metalen in anaërobe bodems als landsdekkende gegevens over de redox-toestand van bodems in Nederland zijn niet of nauwelijks beschikbaar.

A.4 Bodemsanering en puntverontreinigingen

Het Nederlandse bodemsaneringsbeleid ten aanzien van mobiele verontreinigingen richt zich op kosteneffectieve verwijdering. Dit resulteert vaak in actieve verwijdering van de verontreinigingsbron en behandeling van de -pluim. De laatste jaren vormt natuurlijke afbraak vaak onderdeel van de saneringsvariant: zogenaamde 'monitored natural attenuation'.

Met het praktijkdocument ROSA (Slenders et al., 2004) is het beleid op het gebied van mobiele verontreinigingen in het grondwater als gevolg van puntbronnen "handen en voeten" gegeven. Het document geeft concrete handreikingen voor het maken van keuzes over beheer en sanering.

In de aanpak van verontreinigde locaties wordt het concept van de stabiele eindsituatie gebruikt, deze kan als volgt worden gedefinieerd (Slenders et al., 2004): 'er is sprake van een stabiele eindsituatie als de omvang van de verontreiniging binnen 30 jaar een duidelijk afnemende trend vertoont, die wijst op een terugkeer naar (nagenoeg)de oorspronkelijke omvang. Daarbij mogen zich nu en in de toekomst geen ontoelaatbare risico's voordoen voor mens en milieu'. Bij een stabiele eindsituatie horen geen actieve zorgmaatregelen of nazorg. Aanwezige mobiele verontreinigingen krijgen de tijd om bijvoorbeeld op natuurlijke wijze af te breken, waarmee de 'zelfreinigende eigenschappen' van de bodem worden benut. Hierbij is dus behoefte aan gedegen informatie over de geochemische reactiviteit van de ondergrond.

In veel situaties, met name in laag Nederland, bevindt de verontreinigingsbron zich dicht bij het oppervlaktewaterstelsel en verspreidt de pluim zich in die richting. Er zijn aanwijzingen dat het grensvlak tussen grond- en oppervlaktewater een belangrijke rol kan spelen bij de natuurlijke afbraak van organische verontreinigingen tijdens het uitreden van een pluim in het oppervlaktewatersysteem (NA-grensvlak; Van Dokkum et al., 2003. NA-grensvlak project). Dit is met name het geval voor mobiele verontreinigingen of afbraakproducten die slecht afbreekbaar zijn in anaërobe milieu-omstandigheden, maar die beter kunnen worden afgebroken in geoxideerde milieus (bijvoorbeeld monochloorbenzeen, vinylchloride, MTBE en de lichte fractie van minerale olie). Reactiviteitsparameters van de ondergrond, zoals adsorptie en de redox-toestand en parameters die deze beïnvloeden, zijn van belang bij het inschatten van de potentiële natuurlijke afbraak in de waterbodem op het grensvlak van grond en oppervlaktewater.

A.4.1 Verontreiniging bij megasites

Megasites zijn industriegebieden waar een enorme bundeling is van activiteiten, met name op het gebied van transport en verwerking van bulkgoederen. Het grootste voorbeeld van een megasite in Nederland is het Rotterdamse Havengebied (Ter Meer et al., 2005, het 'Welcome' project). Dit is al decennia lang een enorm logistiek knooppunt waar ook producten zoals olie, chemicaliën, kolen en erts worden verwerkt. Door deze activiteiten is er een grootschalige verontreiniging opgetreden van bodem en water in de regio. Klassieke sanering door bijv. afgraven wordt ongewenst geacht door de hoge kosten, het verstoren van de commerciële bedrijfsprocessen, de grote diffuse verontreiniging naast de vele puntverontreinigingen en verder de afwezigheid van bedreigde objecten zoals drinkwaterwinningen en grondwaterafhankelijk natuur. De verontreinigende stoffen met de grootste prioriteit op mega-site niveau, zijn: BTEX (benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen), Naftaleen, Chloorethenen (PCE, TCE, cis-DCE, VC), Chloorethanen (1,1,1-TCA en 1,2-DCA), Chloormethanen (TriCM en DiCM). Bij de omvangrijke megasite zijn reistijden van contaminanten door de aquifer

tientallen jaren en langer. Afbraak van de verontreinigingen kan daardoor een behoorlijk effect hebben op de belasting in het gebied waar het grondwater uittreedt. Met name de redoxcondities in de ondergrond en de heterogeniteit hiervan, zijn van belang voor het optreden van afbraak. Deze reactiviteitsgegevens en de uitwerking die ze hebben op de werkelijke biologische afbraak, zijn nog maar zodanig bekend, dat er een grote onzekerheid door optreedt in modeluitkomsten van het stoftransport in de regio. Dit bemoeilijkt het toepassen van een risico-benadering in plaats van een preventieve benadering.

Grootschalige bodem- en grondwaterverontreiniging is niet alleen geassocieerd met grote industriegebieden als Rijnmond. Onder diverse steden in Nederland (bijv. Hilversum, Apeldoorn, Hengelo) komt grondwaterverontreiniging op zo'n manier voor dat sprake is van een sterk heterogene en diffuse verontreiniging en de herkomst van de verontreiniging niet of moeilijk gemaakt kan worden.

A.5 Literatuur

- Bonten, L.T.C., Römken, P.F.A.M., Heuvelink, G.B.M., 2004. Uitspoeling van zware metalen in het landelijk gebied. Alterra-rapport 1044. Wageningen.
- Brus, D.J., J.J. de Gruijter, D.J. Walvoort, F. de Vries, P.F.A.M. Römken & W. de Vries, 2002. Landelijke kaarten van de kans op overschrijding van kritieke zware metaalgehalten in de bodem van Nederland. Alterra rapport 124, Wageningen.
- Lamé, F.P.J., D.J. Brus, R.H. Nieuwenhuis, 2004. Achtergrondwaarden 2000- Hoofdrapport AW2000 fase 1 TNO-rapport NITG 04-242-A
- Langenhoff, A.A.M., 2000. The occurrence of methyl tert-butylether (MTBE) in the Netherlands, CUR/SKB, Gouda, The Netherlands.
- Meinardi, C.R., G.J. van den Born, L.J.M. Boumans, B. Fraters, J.P.A. Lijzen, A.M.A. van der Linden, P.F.M. Otte, H.F. Reijnders, C.G.J. Schotten, C.W. Versluijs, 2005. Basisdocument Karakterisering Grondwater voor de Kaderrichtlijn Water. RIVM Rapport 50000306/ 2005.
- Meinardi, K., Van Ek, R., Zaadnoordijk, W.J., 2005. Karakterisering van het grondwater in het stroomgebieddistrict Maas.
- Milieu- en Natuurplanbureau RIVM, 2002. MINAS en MILIEU-Balans en Verkenning. RIVM-rapportnummer 718201005.
- Minnema, B., Vermeulen, P., Venema, P., 2000. Bestrijdingsmiddelenonderzoek grondwater provincie Flevoland. TNO rapportnummer NITG 00-181-B.
- Reijnders, H.F.R, G. van Drecht, H.F. Prins, J.J.B. Bronswijk, L.J.M. Boumans, 2004. De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland in het jaar 2000 en verandering daarvan in de periode 1984-2000. RIVM rapport 714801030/2004.
- Römken, P.F.A.M., O. Oenema (eds.), 2004. Quick Scan Soils in The Netherlands - Overview of the soil status with reference to the forthcoming EU Soil Strategy. Alterra-rapport 948. Alterra, Wageningen.
- Schoumans, O.F., J. Roelsma, H.P. Oosterom, P. Groenendijk, J. Wolf, H. van Zeijts, G.J. van den Born, S. van Tol, A.H.W. Beusen H.F.M. ten Berge, H.G. van de Meer & F.K. van Evert, 2002. Nutriëntenemissie vanuit landbouwgronden naar het grondwater en oppervlaktewater bij varianten van verliesnormen. Modelberekeningen met STONE 2.0. Clusterrapport 4: Deel 1. 148 pp, Alterra-rapport 552. Wageningen
- Slenders, H., A. Haselhoff, H. Leenaers, M. Nijboer, A. Sinke (2004). ROSA – Praktijkdocument voor het maken van keuze bij mobiele verontreinigingen.
- Ter Meer, J., et al., 2005. Integrated Management Strategy for the Rotterdam megasite - Extensive Summary, Port of Rotterdam/Deltalinqs/VROM/DCMR/SKB/TNO.
- Tiktak, A., D.S. de Nie, A.M.A. van der Linden & Roel Kruijne, 2002. Modelling the leaching and drainage of pesticides in the Netherlands: the GeoPEARL model. *Agronomie* (22): 373-387.
- Van Dokkum, H., E. v.d. Hoek, P. Middeldorp, H. Rijnaarts, F. Roelofsen, N. de Rooij, J. Smits, S. Staps, J. Valstar, 2003. NA Interface: Natural Attenuation of oxidisable organic pollutants at the interface between groundwater and surface water, SKB, Gouda, The Netherlands.
- Van Vliet, M.E., Passier, H.F., 2005. Monitoring 2004 van het grondwaterkwaliteitsmeetnet in de provincie Zuid-Holland, TNO-rapport NITG 05-039-B.