

Hydrogeologisch homogene zones ter bepaling van de nitraatkwetsbaarheid van het grondwater

Voor de bepaling van de kwetsbaarheid van het grondwater tegenover nitraatverontreiniging werd Vlaanderen ingedeeld in 33 hydrogeologisch homogene zones. Binnen elke van deze zones wordt op een gelijkaardige manier van nitraattransport en nitraatafbraak in de hier voorkomende eerste watervoerende laag verwacht.

Om deze zones in het kader van de actieprogramma's, die in toepassing van de Europese nitraatrichtlijn zijn opgestart, te kunnen evalueren, werd in 2003 een nieuw freatisch grondwatermeetnet geïmplementeerd. Dit meetnet bestaat uit ca. 2100 putten met verschillende meetniveaus in het ondiepe grondwater onder landbouwgebied voor het opvolgen van diffuse verontreinigingen. Sinds 2004 wordt op dit meetnet op halfjaarlijkse basis gemeten. De eerste meetreeksen tonen overschrijdingen van de nitraatnorm van 50mg/l op 35% tot 40% van de meetlocaties. Het aantal nitraatverontreinigingen in het grondwater varieert nogal van zone tot zone (0% tot 100%). Een duidelijke tijdsevolutie wordt tot op heden (nog) niet vastgesteld.

1. Hydrogeologisch homogene zones ter bepaling van de nitraatkwetsbaarheid van het grondwater

1.1. Inleiding

In toepassing van de Europese nitraatrichtlijn (91/676/EEG) dient de kwetsbaarheid van de watervoerende lagen voor diffuse nitraatverontreiniging, zowel potentieel alsook op basis van daadwerkelijke overschrijdingen van de 50mg/l nitraatnorm (A- en B-criteria van de nitraatrichtlijn), te worden bepaald en te worden opgevolgd. In het kader van deze kwetsbaarheidsbepaling werd het model van de hydrogeologisch homogene zones in opdracht van de toenmalige leefmilieuadministratie (AMINAL-afdeling Water) door het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie van de Universiteit Gent ontwikkeld (Eppinger et al., 2002). Vlaanderen werd op basis van deze studie - na uitvoering van enkele modificaties - ingedeeld in 33 hydrogeologisch homogene zones (HHZ's). Het conceptueel model van de HHZ's is gekoppeld aan de kennis over de fysische en chemische randvoorwaarden, die belangrijk zijn voor nitraatverspreiding en nitraatverwijdering in de watervoerende lagen. In 2002 werd door de Vlaamse regering besloten een compleet nieuw monitoringmeetnet voor grondwater te installeren, dat beter aan de eisen van de nitraatrichtlijn kon voldoen en op basis waarvan een kwetsbaarheidsevaluatie kon worden uitgevoerd. Het nieuwe freatische grondwatermeetnet, bestaande uit ca. 2100 multilevel-putten, werd aan het kwetsbaarheidsmodel van de HHZ's gekoppeld. Er dienden namelijk voldoende putten per HHZ te worden geïnstalleerd, om deze op een betrouwbare manier te kunnen evalueren. Sinds 2004 is dit grondwatermeetnet operationeel en wordt dit op halfjaarlijkse basis bemonsterd.

Het model van de HHZ's is een belangrijk instrument ter controle van de efficiëntie van actieprogramma's die in het kader van het Mestdecreet worden uitgevoerd. Bovendien staat het monitoringmodel in functie van een duurzaam en ver-

antwoord beheer van de grondwaterreserves (bereiken van de goede toestand van de grondwatersystemen – Kaderrichtlijn Water).

In de volgende hoofdstukken worden het model, het monitoringconcept en de eerste meetresultaten nader toegelicht.

1.2. Hydrogeologisch homogene zones

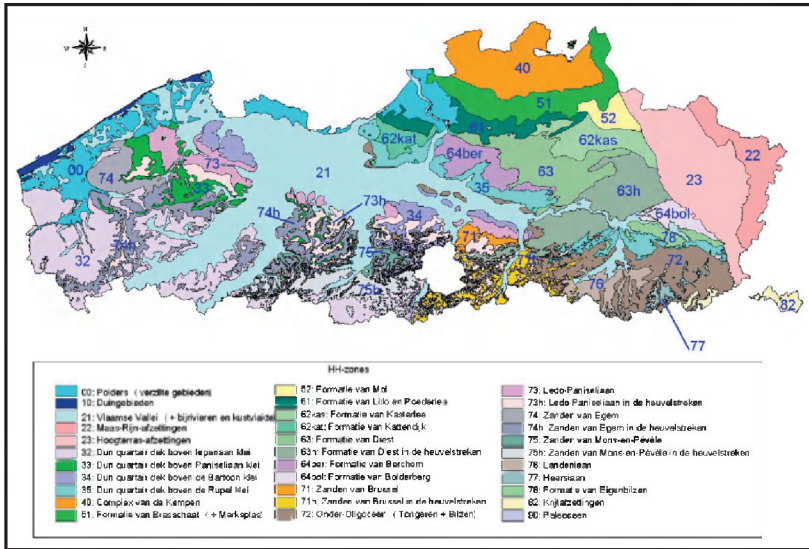
Hydrogeologisch homogene zones zijn zones met vergelijkbare fysische en chemische randvoorwaarden voor de verspreiding en de afbraak van nitraat in het grondwater van de hiermee geassocieerde freatische (meest ondiepe) watervoerende lagen. De tweedimensionale indeling van Vlaanderen is gebaseerd op het toen beschikbare referentiemateriaal zoals de geologische Tertiairkaart, kaartmateriaal over de quartaire afzettingen, de bodemassociatiekaart, verziltingskaarten, boorbeschrijvingen van o.a. de Belgische Geologische Dienst en de Universiteit Gent, mineralogische informatie, peilmetingen en resultaten van projectstudies. Deze informatie werd gebruikt voor de cartografische indeling (fig.1) en de kwetsbaarheidsbepaling van de zones.

Voor de kwetsbaarheidsbepaling werden volgende fysische en chemische voorwaarden op zoneniveau geëvalueerd (Eppinger, 2005):

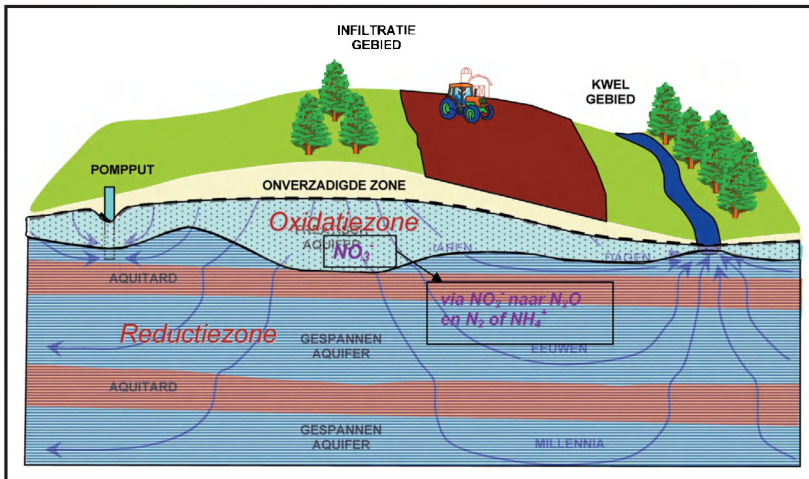
1. hydraulische gradiënt
2. doorlatendheid
3. dikte van de onverzadigde zone
4. verticale en horizontale gelaagdheid van de grondwaterkwaliteit ten gevolge van redoxprocessen
5. reductiecapaciteit: organische stoffen, ijzerverbindingen en sulfiden
6. afzettingshistoriek

De hydraulische gradiënt (1) bepaalt samen met de doorlatendheid (2) de stromingssnelheid en de stromingsrichting binnen een watervoerende laag. Hoe sneller het grondwater wordt getransporteerd, hoe vlugger nitraten kunnen worden aangevoerd. De dikte van de onverzadigde zone

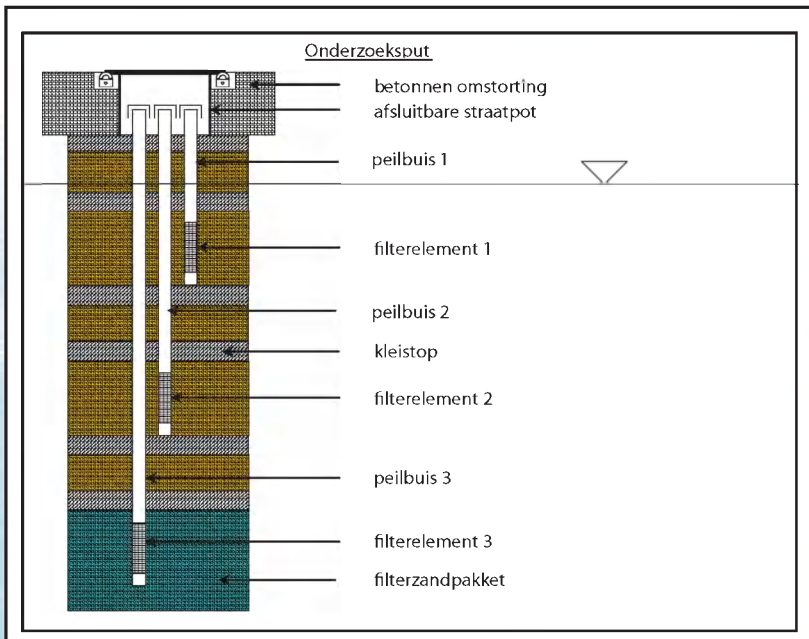
Figuur 1: Hydrogeologisch homogene zones van Vlaanderen



Figuur 2: Nitraat (NO_3^-) is stabiel in de oxidatiezone en wordt in de reductiezone microbiologisch via nitriet (NO_2^-) tot lachgas (N_2O), stikstofgas (N_2) of ammonium (NH_4^+) gereduceerd



Figuur 3: Standaardafwerking van een onderzoeksput van het freatisch grondwatermeetnet



(3) is belangrijk voor de status van de oxidatie van de sedimenten (luchttoevoer) en de totale transportweg voor infiltrerend, al dan niet nitraathoudend, water. De verticale en horizontale gelaagdheid van de grondwaterkwaliteit ten gevolge van redoxprocessen (4) bepaalt mee hoever nitraat in de waterverzadigde zone van een watervoerende laag kan voordringen. Hierbij is vooral de oxidatiezone van belang. In deze zone is nog opgelost zuurstof in het grondwater aanwezig en kan microbiologisch gekatalyseerde anaerobe nitraatreductie niet plaatsvinden. Nitraat blijft dus onder deze omstandigheden stabiel en kan niet worden verwijderd (zie ook fig. 2). Pas in de reductiezone wordt nitraat microbiologisch afgebroken (o.a. Berner, 1981). De reductiecapaciteit (5) hangt onder andere af van de aanwezigheid van reducerende stoffen zoals organisch materiaal, ijzerverbindingen en sulfiden (vooral pyriet). Deze stoffen fungeren als nutriënten voor nitraatreducerende micro-organismen. Bij afwezigheid hiervan kan praktisch geen nitraat-afbraak plaatsvinden. De afzettingshistoriek (6) kenmerkt de oxidatiestatus van de sedimenten in het algemeen. Terrestrische sedimenten zijn dikwijls sterker geoxideerd en hebben een minder grote reductiecapaciteit.

Aan de hier genoemde 6 parameters werden gewichten toegekend. Het puntentotaal leidt tot een gewichtsfactor (3 tot 17), die de potentiële kwetsbaarheid van een zone aangeeft. Hoe groter de gewichtsfactor hoe kwetsbaarder de zone voor nitraatverontreiniging is (zie tabel 1).

1.3. Toepassing – freatisch grondwatermeetnet

Het nieuwe freatische grondwatermeetnet werd binnen het landbouwgebied van de HHZ's geïnstalleerd. De verdeelsleutel van de putten hangt van de kwetsbaarheidsbepaling af. Zeer kwetsbare zones worden wegens het grotere risico tot nitraatverontreiniging met een grotere putdensiteit opgevolgd dan minder kwetsbare zones.

- Minst kwetsbare zones:
 - 1 put per 1100ha landbouwgebied (bv. Polders)
- Uiterst kwetsbare zones:
 - 1 put per 200ha landbouwgebied (bv. Maas-Rijnafzettingen)
- Gemiddelde densiteit:
 - 1 put per 340ha landbouwgebied

In totaal zijn ca. 2100 multilevel-putten met 5200 meefilters geïnstalleerd. Momenteel wordt aan een uitbreiding van het monitoringmeetnet in natuurgebieden gewerkt.

De installatiediepte van de putten is afhankelijk van de oxidatiediepte binnen de watervoerende laag (dikte en spreiding oxidatiezone). Standaard zijn de putten met drie meefilters afgewerkt. De bovenste filter bevindt zich vlak onder de watertafel - 1 tot 3 m eronder - om de meest recente grondwateraanvulling en hieraan gekoppelde

Tabel 1: Bepaling van de kwetsbaarheid op basis van gewichtsfactoren

HHZ- beschrijving	HHZ	Hydraulische doorlatendheid	Hydraulische gradient + dikte onverzadigde zone	Sterk geoxideerd tijdens afzetting	Dikte oxidatiezone (waterverzadigd)	Afwezigheid van effectieve reductiecapaciteit	Totaal punten
00-Polderafzettingen	00	1	1	1	0	0	3
10-Duingebieden	10	3	3	3	1	4	14
21-Vlaamse Vallei	21	2	2	2	2	2	10
22-Maas-Rijnafzettingen	22	4	1	3	3	6	17
23-Hoogterrasafzettingen	23	3	2	3	3	6	17
32-Quartair dek op Ieperse klei	32	2	1	2	0	2	7
33-Quartair dek op Paniseliaan klei	33	2	1	2	0	2	7
34-Quartair dek op Bartoon klei	34	2	1	2	0	2	7
35-Quartair dek op Rupeliaan klei	35	2	1	2	0	2	7
40-Complex van de Kempen	40	2	2	2	2	4	12
51-Formatie van Brasschaat	51	2	1	2	1	2	8
52-Formatie van Mol	52	3	2	3	2	2	12
61-Formatie van Lillo en Poederlee	61	2	1	1	1	2	7
62-Formatie van Kasterlee	62	2	2	3	2	4	13
62-Formatie van Kattendijk	62	2	1	2	1	2	8
63-Formatie van Diest	63	3	1	2	2	4	12
63-Formatie van Diest in heuvelgebieden	63h	3	3	2	3	6	17
64-Formatie van Berchem (en Bolderberg)	64ber	3	1	1	1	2	8
64-Formatie van Bolderberg in heuvelgebieden	64bol	2	3	2	2	2	11
71-Formatie van Brussel	71	2	2		2	2	9
71h-Formatie van Brussel in heuvelgebieden	71h	3	3	1	3	6	16
72-Onder-Oligoceen	72	2	2	2	2	2	10
73-Ledo-Paniseliaan	73	2	1	1	2	4	10
73h-Ledo-Paniseliaan in heuvelgebieden	73h	2	3	1	3	6	15
74-Zanden van Egem (Mont-Panisel)	74	2	1	1	2	4	10
74h-Zanden van Egem in heuvelgebieden	74h	2	3	1	3	6	15
75-Zanden van Mons-en-Pevèle	75	2	1	1	2	4	10
75h-Zanden van Mons-en-Pevèle in heuvelgebieden	75h	2	3	1	3	6	15
76-Landenaan	76	2	3	2	3	4	14
77-Heersiaan	77	2	3	1	3	4	13
78-Formatie van Eigenbilzen	78	2	3	1	2	2	10
82-Krijtafzettingen	82	3	3	1	3	6	16
90-Paleozoicum	90	2	1	1	2	4	10

Evaluatie:
 0 - verwaarloosbaar
 1 - weinig/klein
 2 - matig
 3 - zeer goed/groot/sterk
 4 - uiterst goed (alleen voor hydraulische doorlatendheid)

Een dubbele waardering is toegekend aan de 'afwezigheid van de reductiecapaciteit' gezien het belang van deze factor (x * 2, waarbij x= 0, 1, 2 of 3).

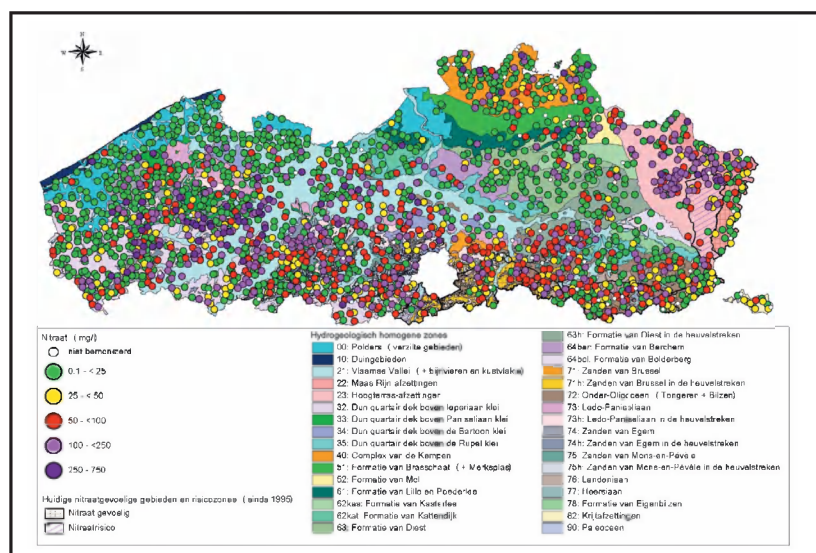
potentiële nitraatinput te kunnen opvolgen. De tweede filter situeert zich aan de basis van de oxidatiezone, waar nitraat nog kan voorkomen. Op deze manier kan de bestaande (verticale) spreiding van nitraat in het grondwater worden geobserveerd. De derde filter bevindt zich in de ondiepe reductiezone om achtergrondconcentraties en reeds aanwezige secundaire effecten op de grondwaterkwaliteit tengevolge van redoxprocessen aan de grens oxidatie-reductiezone in beeld te kunnen brengen. Afwijkend van dit principe zijn op plaatsen met zeer dunne of zeer dikke oxidatiezones ook putten met 1, 2 of 4 filters geïnstalleerd. De putdiepte kan variëren van ca. 2m tot bijna 100m onder het maaiveld. De lengte van de filterelementen – de zone waar het grondwater de buizen binnendringt – bedraagt 0.5m tot 1m. Met behulp van de multilevel-putten kunnen ook verticale hydraulische gradiënten worden bepaald.

2. Monitoring in het kader van de nitraatrichtlijn

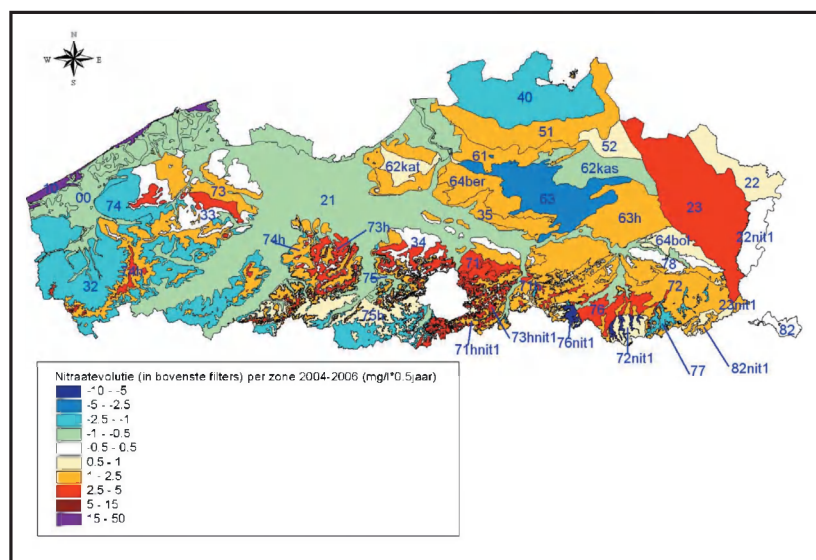
2.1. Meetconcept

Sinds het voorjaar van 2004 worden op alle bemonsterbare putten en filters grondwaterstalen genomen. De metingen gebeuren op halfjaarlijkse basis en maken eveneens deel uit van de (toekomstige) operationele monitoring in het kader van de kaderrichtlijn Water. Tot het voorjaar van 2006 werd voor een drietal prioritair uiterst kwetsbare zones (HHZ's 22, 71h en 82) ook 4 keer per jaar bemonsterd. Om reden van vrij geringe fluctuaties in de meetgegevens leek dit voor deze zones niet meer noodzakelijk. Alle beschikbare metingen zijn consulteerbaar op de website van <http://dov.vlaanderen.be>

Figuur 4: Nitraatoverschrijdingen op putniveau voor het voorjaar 2006



Figuur 5: Nitraatevolutie in de bovenste filters van het freatisch grondwatermeetnet (2004 – 2006)



2.2. Toestand en evolutie van de meetresultaten

In het kader van de toestandsbeschrijving van de HHZ's worden als voorbeeld de nitraatoverschrijdingen op putniveau voor het voorjaar van 2006 weergegeven (zie figuur 4). Zodra op een van de aanwezige filters per put een overschrijding van de nitraatnorm van 50mg/l wordt vastgesteld, wordt de meetlocatie als risicopunt ingeschat. Op de kaart zijn de maximumwaarden per put weergegeven. In totaal ligt het overschrijdingspercentage voor het voorjaar van 2006 bij ca. 38% van de putlocaties.

Er tekenen zich duidelijk variaties af in de verspreiding van de nitraten in het Vlaamse grondwater. Veel overschrijdingen worden telkens in Noord-Limburg (de Hoogterras- en Maas-Rijnafzettingen, HHZ's 22 en 23) en in het zuidelijke gedeelte van Vlaanderen (vooral HHZ's 33, 63h, 71, 71h, 72, 73h, 74h, 76 en 77) gemeten. Weinig tot geen overschrijdingen worden dan weer

vastgesteld voor de zones van de Polders (HHZ 00), de Zanden van Diest in de vlakke gebieden (HHZ 63) en de Formatie van Eigenbilzen (HHZ 78). Bovendien kan ook een positief beeld worden geschetst van de situatie langs de Maaskant, met name het gedeelte van HH-zone 22, dat reeds sinds 1995 als nitraatgevoelig gebied voor grondwater is afgebakend. Hier stelt men nog genoeg geen overschrijdingen van de nitraatnorm vast, terwijl voor de omliggende zones of deelzones de toestand minder gunstig is (zie ook Eppinger, 2005). In nitraatgevoelige gebieden werd door het Vlaamse Mestdecreet een bemestingsnorm van maximaal 170 kg organische stikstof per ha per jaar, afkomstig van dierlijke mest, vastgelegd. Deze bemestingsbeperkingen werden langs de Maaskant ingevoerd om de hier aanwezige grondwaterwinningen voor de openbare drinkwatervoorziening beter tegen nitraatverontreinigingen te kunnen beschermen. Gezien de kortetermijn-analysereeksen van het freatisch grondwatermeetnet (sinds 2004) moet de positieve evolutie ook in de eerste plaats uit de langetermijnanalysegegevens van de openbare drinkwatermaatschappijen worden afgeleid. Voor het merendeel van de meetplaatsen wordt sinds 1995 een daling van de nitraatconcentraties gemeten. Niettemin stelt men in andere zones, die reeds langer beschermd zijn, nog geen verbeteringen vast, zoals in delen van de HH-zones 71h, 73h en 76. Dit is mogelijk te wijten aan de tragere stromings- en transportsnelheden in de hier aanwezige sedimenten. Een duidelijke evolutie is voorlopig niet uit de meetgegevens af te leiden. In de volgende tabel zijn de overschrijdingspercentages per campagne op putniveau weergegeven. Deze statistische benadering geeft de mogelijkheid om de kwalitatieve toestand van het grondwater met betrekking tot nitraten in het kader van een risico-inschatting nader te bepalen. De grootteorde van de normoverschrijdingen wijzigt nauwelijks met een lichte piek in het voorjaar van 2005.

Tabel 2: Overschrijdingspercentages per campagne

Campagnes	Percentage	
	>=50mg NO3-l-1	>=25mg NO3-l-1
2004 – voorjaar	35.7%	47.5%
2004 – najaar	35.7%	45.4%
2005 – voorjaar	39.5%	51.0%
2005 – najaar	37.7%	48.0%
2006- voorjaar	37.9%	48.8%
2006- najaar	37.4%	47.8%

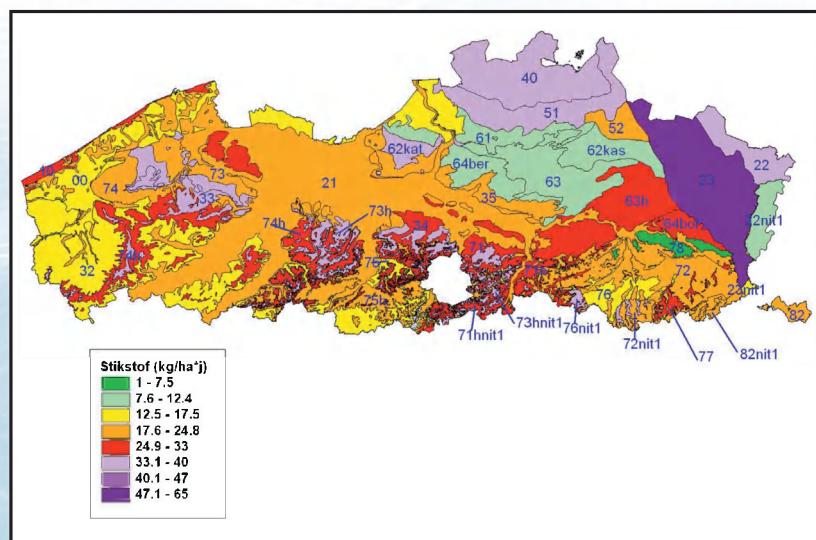
Op figuur 5 is de evolutie van de nitraatconcentraties in het meest ondiepe gedeelte van de watervoerende lagen van de HHZ's voor de meetperiode 2004 - 2006 weergegeven. Per analyse-

campagne werd voor elke HHZ de gemiddelde nitraatconcentratie berekend, die in het grondwater van de bovenste filters werd gemeten. De stijging van de op deze dataset toegepaste lineaire regressie geeft de verandering van de gemiddelde nitraatconcentraties per HHZ per halfjaar weer (frequentie van de meetcampagnes). Dus negatieve waarden in figuur 5 tonen een daling van de gemiddelde nitraatconcentraties, positieve waarden een stijging. De dataset is hier gereduceerd tot de meetpunten, die tijdens elke analysecampagne konden worden bemonsterd. Voor de HH-zones worden duidelijke verschillen opgemerkt. Meest in het oog springend is de sterke verbetering voor HH-zone 76nit (Landeniaan). Een onderverdeling naar subzones, die sinds 1995 nitraatgevoelig gebied zijn (nit) is in het kader van deze evaluatie uitgevoerd. Verslechterd is daarentegen de situatie voor de zone van de duingebieden (HHZ 10). Dit heeft vooral te maken met de beperkte dataset voor deze zone en de constante verslechtering op één locatie. Ook kan er nog steeds een achteruitgang voor de zone van de Hoogterrasafzettingen (HHZ 23) vastgesteld worden.

2.3. Stikstofuitspoeling naar het grondwater

Op basis van de gemiddelde nitraatconcentraties die over de meetperiode 2004-2006 voor de bovenste filters van eenzelfde HHZ werden gemeten, werd met behulp van het WETSPASS-model (Meyus *et al*, 2004) de minimale uitspoeling van nitraatstikstof uit de diepere bodemlaag naar het grondwater berekend. Uit het WETSPASS-model is de gemiddelde jaarlijkse grondwateraanvulling per zone afgeleid. De grondwateraanvulling in Vlaanderen is nogal variabel en hangt van de bodemgesteldheid alsook van regionale effecten af (ca. 40 tot 400mm/jaar). De teruggerekende uitspoelingswaarden zijn minimale concentraties, omdat ervan wordt uitgegaan dat, eens nitraat uitspoelt uit de onderste bodem-

Figuur 6: Gemiddeld uitgespoelde stikstofhoeveelheden uit de bodemlaag die het freatisch grondwater van de HHZ's bereiken



laag, geen nitraatverwijderende processen of dispersie in de onverzadigde zone meer plaatsvinden, wat niet overal het geval is.

Vooral in de zand- en grindlagen van Limburg (bv. HHZ 23), de Noorder-Kempen en enkele zones in de heuvelstreken vindt blijkbaar een grootschalig nitraattransport naar het grondwater plaats. In de Polders (HHZ 00) en het Diestiaan (HHZ 63) daarentegen gebeurt weinig nitraatuitspoeling, of is het nitraat reeds verwijderd bij het bereiken van de grondwaterafsluiting.

De in figuur 6 aangegeven gemiddelde stikstofhoeveelheden (in kg NO₃-N/(ha*jaar)) die het grondwater van een HHZ bereiken zeggen dus niets over daadwerkelijk gemeten nitraatoverschrijdingen, omdat met de zonespecifieke grondwateraanvulling rekening moet worden gehouden. Een grote grondwateraanvulling van 340mm per jaar zoals bv. in de zone van het Complex van de Kempen (HHZ 40) leidt tot sterke verdunningseffecten, zodat - ondanks grote gemiddelde uitspoelingshoeveelheden aan stikstof - relatief weinig overschrijdingen van de nitraatnorm worden vastgesteld. Een kleine grondwateraanvulling (bv. 150mm per jaar) kan dan weer tot hoge nitraatconcentraties in het grondwater leiden, wanneer een vergelijkbaar grote stikstofmassa wordt uitgespoeld (bv. nitraatgevoelig gebied van het Landeniaan (HHZ 76nit)).

3. Conclusies

Het HHZ-model is een belangrijk instrument voor nitraatonderzoek in het grondwater ten behoeve van het voorstellen en opvolgen van beleidsmaatregelen in toepassing van de nitraatrichtlijn en de kaderrichtlijn Water.

De toestand en de evolutie van het ondiepe grondwater met betrekking tot het voorkomen van nitraat zijn uiteenlopend. Weinig tot nagenoeg geen overschrijdingen van de nitraatnorm van 50mg/l worden voor de zones van de Polders (HHZ 00) en het Diestiaan van het zuidelijke Netebekken (HHZ 63) vastgesteld. Een positieve evolutie is ook voor enkele al langer beschermde subzones (bv. Maaskant, HHZ 22nit) waarneembaar. Veel overschrijdingen worden daarentegen in het noordoostelijke en het zuidelijke gedeelte (heuvelstreken) van Vlaanderen gemeten. Verbeteringen en verslechteringen, indien vaststelbaar, moeten op langetermijn worden geëvalueerd, gezien het in vergelijking met oppervlaktewater trage grondwatertransportsysteem. Voor een goed onderbouwde trendbepaling zijn langetermijnreeksen onmisbaar. De aparte evaluatie van HH-zones is noodzakelijk en dient aan de stikstofinput te worden gekoppeld. Ook in potentieel minder kwetsbare zones kunnen namelijk bij grote nitraatinput normoverschrijdingen worden gemeten. De verdere uitbouw van het meetnet ten behoeve van andere sectoren is gaande (natuurgebieden) of wordt aanbevolen (industrie of verstedelijkt gebied).

4. Referenties

Berner, R.A. (1981). A new geochemical classification of sedimentary environments. *J. Sediment. Petrol.* 51, 359 – 365

Eppinger, R. (2005). Het freatisch grondwatermeetnet – Een vernieuwende kijk op de kwaliteits-evolutie van het ondiepe grondwater in Vlaanderen. AMINAL – afdeling Water. In: Nitraatproblematiek, waar staan we nu?. Rapport KVIV-studiedag – Vlaamse Landmaatschappij Brugge, 30 nov. 2005, 45-56.

Eppinger, R.; Van Camp, M.; De Smet, D. & Walraevens, K. (2002). Onderzoek naar de verspreiding van nitraat in het grondwater in Vlaanderen. Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie – Universiteit Gent. in opdracht van AMINAL – afdeling Water. TGO 99/18; 216 p. + bijlagen

Meyus, Y.; Adyns D.; Woldeamlak, S.T.; Batelaan, O. & De Smedt, F. (2004). Vlaams Grondwater Model: Opbouw van een Vlaams Grondwatervoedingsmodel, Eindrapport. Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde, VUB. in opdracht van AMINAL- afdeling Water. 81 p. + bijlagen

R. Eppinger
projectverantwoordelijke
grondwaterkwaliteit, dienst Grondwaterbeheer
VMM, afdeling Water
Koning Albert-II laan 20
1000 Brussel
Telefoon: 02/553.21.37
Fax: 02/553.21.05

P. Thomas
afdelingshoofd
VMM, afdeling Water
Koning Albert-II laan 20
1000 Brussel