

# Problematiek en onderzoeksnoden in het kader van nitraatrijke bronnen

---

## Coördinatie onderzoeks- en voorlichtingsplatform duurzame bemesting

Vlaamse Milieumaatschappij

Vlaamse Landmaatschappij

20/12/2015

D'Haene Karoline (OVPDB), Eppinger Ralf (VMM), Overloop Stijn (VMM), Grauwels Kevin (VLM), Verguts Veerle (VLM), Hofman Georges (OVPDB)

gereviewd door CVBB op 1/12/2015

<b>1.</b>	Achtergrond en proces .....	1
<b>2.</b>	Problematiek van de rode meetpunten in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijke bronnen in het MAP-meetnet oppervlaktewater .....	3
2.1.	Inleiding .....	3
a.	Hydrogeologische homogene zones (HHZ) .....	3
✓	Kwetsbaarheidsscores van de hydrogeologische homogene zones .....	3
✓	Nitraattrend in de hydrogeologische homogene zones .....	6
b.	Methoden voor bepaling van oorsprong, intrekgebied, reistijd en reductiesnelheid van nitraat .....	10
✓	Oorsprong .....	10
✓	Intrekgebied .....	11
✓	Bepaling reistijd .....	12
✓	Reductiecapaciteit .....	14
✓	Halfwaardetijden .....	16
✓	Conclusies onderzoeksmethoden .....	17
c.	Interactie tussen grond en oppervlaktewater .....	17
2.2.	Verzamelde informatie van de rode meetpunten in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijke bronnen in het MAP-meetnet oppervlaktewater .....	19
a.	Terreinobservaties en meetresultaten van de rode meetpunten in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijke bronnen in het MAP-meetnet oppervlaktewater .....	19
b.	Trendanalyse van de geselecteerde MAP meetpunten .....	21
<b>3.</b>	Onderzoeksnoden in het kader van MAP-meetpunten oppervlaktewater in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijke bronnen .....	27
	Referenties .....	29

## Lijst tabellen

Tabel 1: Aantal MAP-meetpunten oppervlaktewater, tussen haakjes maximaal aantal meetpunten rood om beneden de 5% te blijven, percentage MAP-meetpunten oppervlaktewater boven de norm van de Nitraatrichtlijn in het winterjaar 2013-2014 en 2014-2015 en het aantal rode MAP-meetpunten oppervlaktewater in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijk grondwater in winterjaar 2014-2015 per bekken	2
Tabel 2: Bepaling van de kwetsbaarheidsscores op basis van hydrodynamische en hydrogeochemische parameters ( <i>Bron: Eppinger, 2008</i> ).....	4
Tabel 3: Evolutie van gemiddelde nitraatconcentraties op filterniveau 1 per HHZ tijdens MAP4 ( <i>Bron: Anonymus, 2015 en <a href="http://dov.vlaanderen.be">http://dov.vlaanderen.be</a> voor gegevens 2014</i> ) .....	9
Tabel 4: Aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen waarvoor in 2013 bij de VMM een dossier werd ingediend, aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen in meetjaar 2014-2015 en aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen met intensieve aanpak in 2015 per Vlaamse provincie ( <i>Bron: CVBB</i> ) ...	20
Tabel 5: Aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen in meetjaar 2013-2014 en 2014-2015 en kwetsbaarheidsscore per hydrogeologische homogene zone ( <i>Bron: CVBB en Eppinger, 2008</i> ) .....	20
Tabel 6: Evaluatie van de 34 rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen op basis van het gemiddeld aantal overschrijdingen van de 50 mg nitraat per liter norm tijdens de winterjaren 2013-2014 en 2014-2015 ( <i>Bron: VMM - CVBB</i> ).....	21
Tabel 7: Trendanalyse voor 40 MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen (selectie CVBB) door VMM: trend per meetplaats over de periode 2003-2015 en extrapolatie van de trend tot 2018.....	22
Tabel 8: Nitraatstikstofresidu's ( $\text{kg NO}_3\text{-N ha}^{-1}$ ) (0-90 cm) van percelen in het intrekgebied van MAP-meetpunt 99580 (Peer) en 426520 (Bierbeek) oppervlaktewater en in gans Vlaanderen in najaar 2014 ( <i>Bron: CVBB en VLM</i> ) .....	26

## Lijst figuren

Figuur 1: Hydrogeologische homogene zones in Vlaanderen met de case—studies rode MAP-meetpunten $\text{NO}_3\text{-rijke}$ bronnen ( <i>Bron: Eppinger, 2008</i> ) .....	5
Figuur 2 : Normoverschrijdingen voor nitraat op putniveau tijdens het kalenderjaar 2014 .....	8
Figuur 3: Box plots van $\delta^{15}\text{N}$ en $\delta^{18}\text{O}$ gehalten (a en b) in nitraat van verschillende oorsprongen op basis van een literatuurstudie van Xue <i>et al.</i> (2009). De boxen geven de 25, 50 en 75 percentiel, de horizontale lijnen de 10 en 90 percentiel en de cirkels de outliers weer. ....	11
Figuur 4: a) Waterscheidingslijn bepaald door het reliëf - b) Concentrische stromingsbanen bij een homogene aquifer.....	12
Figuur 5: Berekende reistijd van het grondwater met het WEKU-model (Kuhr <i>et al.</i> , 2011) .....	14
Figuur 6 : Geschatte halfwaardetijden van denitrificatie in Vlaanderen .....	16
Figuur 7: Nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ) is stabiel in de onverzadigde of oxidatiezone en wordt in de reductiezone of freatisch aquifer microbiologisch via nitriet ( $\text{NO}_2^-$ ) tot lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ), stikstofgas ( $\text{N}_2$ ) of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) gereduceerd ( <i>Bron: Eppinger en Thomas, 2007</i> ) .....	19
Figuur 8: Evolutie van de nitraatconcentratie ( $\text{mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ ) in de 5 case-studies van de rode MAP-meetpunten $\text{NO}_3\text{-rijke}$ bronnen in oppervlaktewater (rode nummers) en een voorbeeld van een rood MAP-meetpunt $\text{NO}_3\text{-rijke}$ bron met een toenemende nitraatconcentratie ( <i>Bron: VMM en CVBB</i> ).....	24

## 1. Achtergrond en proces

De tot nu toe geleverde inspanningen (zowel in het landbouwonderzoek als in de praktijk) tijdens de voorbije actieprogramma's hebben de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater al gevoelig verbeterd, maar de norm van 50 mg nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ) per liter (l) van de Europese Nitraatrichtlijn (91/676/EEC) wordt in een aantal gebieden nog steeds niet gehaald. Zo toont bijvoorbeeld nog ca. 1/3 van de meer dan 2000 freatische grondwatermeetputten en ca. 1/5 van de circa 760 oppervlaktewatermeetpunten een overschrijding van deze norm.

Voor oppervlaktewater is één van de voornaamste doelstellingen van 5<sup>de</sup> Actieprogramma 2015-2018 of Mest Actieplan (MAP) V dat de waterkwaliteit in die mate verbetert dat maximum 5% van de MAP-meetpunten een overschrijding van de norm van 50 mg  $\text{NO}_3^- \text{ l}^{-1}$  op het einde van de periode zouden vertonen (Anonymus, 2011; Anonymus, 2015a; VMM, 2015). Voor grondwater moet de globale doelstelling vanuit het 5<sup>de</sup> actieprogramma zich vertalen in een daling van de gewogen gemiddelde nitraatconcentratie in de bovenste filter van het grondwatermeetnet tegen 2018 met minimum 4 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$  tot maximum 32 mg  $\text{NO}_3^-/\text{l}$  (Anonymus, 2015a).

In het winterjaar 2013-2014 waren 20% van de MAP-meetpunten oppervlaktewater rood, dus met minstens 1 overschrijding van de drempelwaarde 50 mg nitraat/l. In winterjaar 2014-2015 gaat het om 21% van de meetpunten, wat op een stagnatie wijst (VMM, 2015). Het Coördinatiecentrum Voorlichting en Begeleiding Duurzame Bemesting (CVBB) heeft op basis van metingen van  $\text{NO}_3^-$ -concentraties in het oppervlaktewater en terreinverkenning in de buurt van de rode MAP-meetpunten vermoedens dat een belangrijk percentage van deze rode MAP-meetpunten van het oppervlaktewater in grote mate door  $\text{NO}_3^-$ -rijk grondwater beïnvloed wordt (Tabel 1). De MAP-meetpunten oppervlaktewater in belangrijke mate beïnvloed door  $\text{NO}_3^-$ -rijk grondwater worden verder in deze nota MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen genoemd. Alle oppervlaktewatermeetpunten worden door grondwater gevoed, maar er zijn uiteraard verschillen op kwantitatief en kwalitatief niveau. Deze kunnen bovendien seizoensschommelingen ondergaan en zijn naast inputfactoren afhankelijk van klimatologische, biologische en vooral hydrogeologische randvoorwaarden. De voedingssituatie van het oppervlaktewater door het grondwater bepaalt dus de nitraatconcentratie in het meetpunt oppervlaktewater in positieve of negatieve zin. Bij voeding met gereduceerd grondwater is de bijdrage aan de nitraatconcentratie in het oppervlaktewater praktisch nihil, bij voeding met geoxideerd grondwater is de bijdrage aan de nitraatconcentratie in het oppervlaktewater potentieel belangrijk. De voortschrijdende verbetering van de waterkwaliteit in het MAP-meetnet oppervlaktewater voor nitraat, brengt de relatie tussen oppervlaktewater en grondwater op de voorgrond. Daarmee komt ook de focus op de verbetering van de grondwaterkwaliteit in zicht, als meesturende variabele voor de kwaliteit oppervlaktewater.

**Tabel 1: Aantal MAP-meetpunten oppervlaktewater, tussen haakjes maximaal aantal meetpunten rood om beneden de 5% te blijven, percentage MAP-meetpunten oppervlaktewater boven de norm van de Nitraatrichtlijn in het winterjaar 2013-2014 en 2014-2015 en het aantal rode MAP-meetpunten oppervlaktewater in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijk grondwater in winterjaar 2014-2015 per bekken**

Bekken	Aantal MAP-meetpunten oppervlaktewater in 2013 (maximaal aantal meetpunten rood nl. 5%)	Percentage rode MAP-meetpunten oppervlaktewater (bron: VMM)		Aantal rode MAP-meetpunten oppervlaktewater in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijk grondwater in winterjaar 2014-2015 (bron: CVBB)
		2013-2014	2014-2015	
Beneden-Schelde	83	9%	13%	3
Boven-Schelde	30	16%	17%	4
Brugse polder	64	13%	9%	0
Demer	99	12%	19%	8
Dender	27	0%	0%	0
Dijle-Zenne	63	13%	13%	2
Gentse kanalen	50	10%	8%	0
Ijzer	115	44%	38%	6
Leie	58	34%	41%	3
Maas	98	34%	37%	8
Nete	78	6%	5%	0
Gans Vlaanderen	765 (38)	20%	21%	34

Tabel 1 toont aan dat 34 van de 765 MAP-meetpunten (4,4%) in belangrijke mate beïnvloed worden door nitraatrijke bronnen. Omdat zonder diepgaande kennis van de problematiek van MAP-meetpunten NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-rijke bronnen het zeer moeilijk lijkt om in het winterjaar 2017-2018 met maximaal 5% overschrijdingen in het MAP-meetnet oppervlaktewater te eindigen, werd deze problematiek als onderzoeksnoed op het onderzoeks- en voorlichtingsplatform duurzame bemesting aangebracht en opgenomen. Ook vanuit de landbouworganisaties wordt gevraagd naar een robuuste aanpak van de MAP-meetpunten NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-rijke bronnen. De problematiek van de MAP-meetpunten oppervlaktewater, die gevoed worden door NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-rijke bronnen is omwille van het samenlopen van verschillende stromingsbanen van grondwater van verschillende ouderdom immers complexer dan voor andere MAP-meetpunten oppervlaktewater. Om de problematiek van de MAP-meetpunten NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-rijke bronnen beter te kunnen duiden, werden er door het CVBB, onder terugkoppeling met VMM, 5 case-studies geselecteerd die in meer detail bestudeerd werden. De verzamelde kennis over NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-rijke bronnen door de opgedane terreinmetingen en – verkenningen door CVBB en VMM worden in deze nota als basis meegenomen om de onderzoeksnoeden in het kader van NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-rijke bronnen te formuleren.

## 2. Problematiek van de rode meetpunten in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijke bronnen in het MAP-meetnet oppervlaktewater

### 2.1. Inleiding

#### a. Hydrogeologische homogene zones (HHZ)

##### ✓ Kwetsbaarheidsscores van de hydrogeologische homogene zones

Nitraat in het grondwater vormt een belangrijk probleem voor de waterkwaliteit van ondiepe, freatische watervoerende lagen in Vlaanderen. De potentiële verspreiding van  $\text{NO}_3^-$  in het grondwater hangt af van 6 belangrijke fysische en chemische voorwaarden (Eppinger, 2008):

- De hydraulische gradiënt (1) bepaalt samen met de hydraulische doorlatendheid (2) de stromingssnelheid en -richting binnen een watervoerende laag.
- Hoe dikker de onverzadigde zone (3), hoe kwetsbaarder het watervoerende systeem is. Naarmate de dikte van de onverzadigde zone toeneemt, wordt ook de oxidatiezone van het aquifersysteem groter. De onverzadigde zone is dikwijls sterk geoxideerd, omdat atmosferische zuurstof de bodem binnendringt en het goed doorlatende sediment via aërobe processen oxideert. Hier kunnen nauwelijks  $\text{NO}_3^-$ -reductieprocessen plaatsvinden, zodat het  $\text{NO}_3^-$ -houdend water de waterverzadigde zone bereikt. Bij voortdurende aanvoer van zuurstof neemt het gehalte aan opgelost zuurstof in het insijpelende water, dat de grondwatertafel aanvult, toe waardoor meer sediment in de waterverzadigde zone geoxideerd wordt met een uitbreiding van de oxidatiezone tot gevolg.
- De verticale en horizontale gelaagdheid van de grondwaterkwaliteit ten gevolge van redox-processen (4) bepaalt mee hoever  $\text{NO}_3^-$  in de waterverzadigde zone van een watervoerende laag kan doordringen. Hierbij is vooral de oxidatiezone van belang omdat in deze zone  $\text{NO}_3^-$  stabiel blijft en dus niet verwijderd wordt.
- De reductiecapaciteit (5) hangt af van de aanwezigheid van gereduceerde stoffen in de sedimenten, zoals organisch materiaal (OM), ijzerverbindingen en sulfiden (in hoofdzaak pyriet). De aanvoer van OM met het grondwater is ook mogelijk, maar blijkt verhoudingsgewijs beperkt.
- De afzettingshistoriek (6) kenmerkt de oxidatie- en reductiestatus van de sedimenten en dus de mogelijkheid om  $\text{NO}_3^-$  te reduceren. Naast het sedimentatiemechanisme en de toenmalige klimatologische omstandigheden speelt ook de ouderdom van de sedimenten een belangrijke rol. De ouderdom bepaalt hoe lang bepaalde afzettingen dagzomen en reeds oxidatie hebben ondergaan. Oude heuvelruggen met een lange terrestrische geschiedenis zijn veel kwetsbaarder voor  $\text{NO}_3^-$ -verontreiniging dan jonge mariene afzettingen.

Er werden hydrogeologisch homogene zones (HHZ) in Vlaanderen afgebakend waarbinnen  $\text{NO}_3^-$ -verspreiding en -afbraak in de hiermee geassocieerde watervoerende lagen op een vergelijkbare manier gebeuren. Dit betekent niet dat meetputten in eenzelfde HHZ een gelijk nitraatgehalte vertonen, of dat de evolutie gelijkaardig zou zijn. Het HHZ-model deelt Vlaanderen in 33 zones in. Op basis van het belang van de hierboven vermelde 6 parameters werd een kwetsbaarheidsscore per HHZ bepaald (Tabel 2 en Figuur 1). Hoe hoger de kwetsbaarheidsscore

(tussen minimum 0 en maximum 19 mogelijk), hoe kwetsbaarder de HHZ en de hiermee geassocieerde watervoerende laag is. Algemeen worden kwetsbaarheidsscores tussen minimum 3 en maximum 17 gehaald (zie tabel 2). Zones met een hoge score zijn HHZ 22 (Maas-Rijnafzettingen), HHZ 23 (Hoogterrasafzettingen), HHZ 63 (Formatie van Diest), HHZ 71h (Formatie van Brussel in heuvelgebieden), HHZ 73h (Ledo-Paniseliaan in heuvelgebieden), HHZ 74h (Zanden van Egem in heuvelgebieden), HHZ 75h (Zanden van Mons-en-Pévèle in heuvelgebieden) en HHZ 82 (Krijtafzettingen) (Eppinger, 2008).

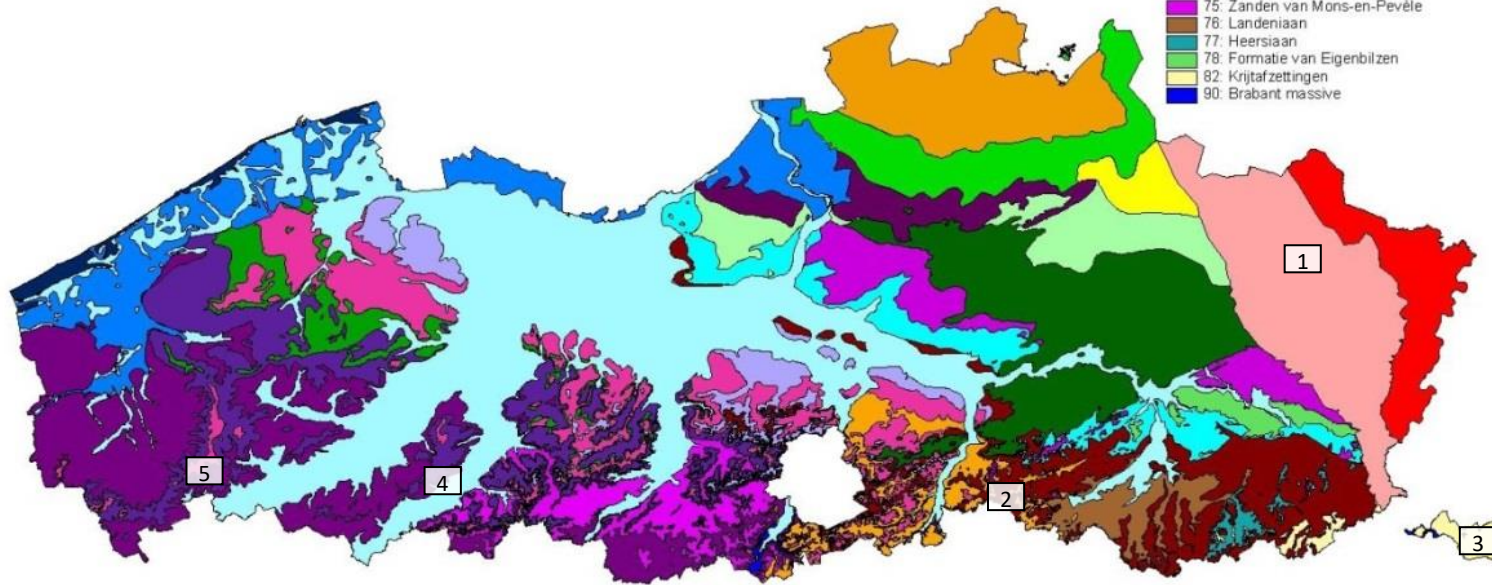
**Tabel 2: Bepaling van de kwetsbaarheidsscores op basis van hydrodynamische en hydrogeochemische parameters (Bron: Eppinger, 2008)**

HHZ- beschrijving	HHZ	Kwetsbaarheidsscore
00-Polderafzettingen	00	3
10-Duingebieden	10	14
21-Vlaamse Vallei	21	10
22-Maas-Rijnafzettingen	22	17
23-Hoogterrasafzettingen	23	17
32-Quartair dek op Ieperse klei	32	7
33-Quartair dek op Paniseliaan klei	33	7
34-Quartair dek op Bartoon klei	34	7
35-Quartair dek op Rupeliaan klei	35	7
40-Complex van de Kempen	40	12
51-Formatie van Brasschaat	51	8
52-Formatie van Mol	52	12
61-Formatie van Lillo en Poederlee	61	7
62-Formatie van Kasterlee	62kas	13
62-Formatie van Kattendijk	62kat	8
63-Formatie van Diest	63	12
63-Formatie van Diest in heuvelgebieden	63h	17
64-Formatie van Berchem (en Bolderberg)	64ber	8
64-Formatie van Bolderberg in heuvelgebieden	64bol	11
71-Formatie van Brussel	71	9
71-Formatie van Brussel in heuvelgebieden	71h	16
72-Onder-Oligoceen	72	10
73-Ledo-Paniseliaan	73	10
73-Ledo-Paniseliaan in heuvelgebieden	73h	15
74-Zanden van Egem (Mont-Panisel)	74	10
74-Zanden van Egem in heuvelgebieden	74h	15
75-Zanden van Mons-en-Pévèle	75	10
75-Zanden van Mons-en-Pévèle in heuvelgebieden	75h	15
76-Landeniaan	76	14
77-Heersiaan	77	13
78-Formatie van Eigenbilzen	78	10
82-Krijtafzettingen	82	16
90-Paleozoicum	90	10

# Hydrogeologisch homogene zones in Vlaanderen



- Hydrogeologisch homogene gebieden
- 00: Polders (verzakte gebieden)
  - 10: Duingebieden
  - 21: Vlaamse Vallei (+ bijrivieren en kustvlakte)
  - 22: Maas-Rijn-afzettingen
  - 23: Hoogterras-afzettingen
  - 32: Dun quartair dek boven Ieperse klei
  - 33: Dun quartair dek boven Paniselaan klei
  - 34: Dun quartair dek boven de Bartoonse Klei
  - 35: Dun quartair dek boven de Rupelse klei
  - 40: Complex van de Kempen
  - 51: Formatie van Brasschaat (+ Merksplas)
  - 52: Formatie van Mol
  - 61: Formatie van Lillo en Poederlee
  - 62: Formatie van Kasterlee en Kattendijk
  - 63: Formatie van Diest
  - 64: Formatie van Berchem en Bolderberg
  - 71: Brusselaan
  - 72: Onder-Oligoceen (Tongeren + Bilzen)
  - 73: Ledo-Paniselaan
  - 74: Zanden van Egem
  - 75: Zanden van Mons-en-Pevèle
  - 76: Landenaan
  - 77: Heersiaan
  - 78: Formatie van Eigenbilzen
  - 82: Krijtafzettingen
  - 90: Brabant massive



2

3 **Figuur 1: Hydrogeologische homogene zones in Vlaanderen met de case—studies rode MAP-meetpunten NO<sub>3</sub>-rijke bronnen (Bron: Eppinger, 2008)**

Verder werd bij de bepaling van de parameterscores met de beschikbare informatie over de grondwaterkwaliteit rekening gehouden. Hierbij speelde niet de graad van nitraatverontreiniging een rol, maar wel de laterale en verticale afmetingen tot waar het grondwater potentieel kan worden gecontamineerd. De grondwaterkwaliteit is in dit geval een indicator voor de dikte van de oxidatiezone en ook voor de reductiecapaciteit. Men mag hierbij niet vergeten, dat de kwetsbaarheid bijkomend in relatie tot het volume staat. Hoe groter het aquifergedeelte is dat potentieel kan worden gecontamineerd, hoe groter de kwetsbaarheid van een zone.

Het HHZ-model biedt een goede vertrekbasis voor de interpretatie van de gemeten  $\text{NO}_3^-$ -concentraties, maar “fine tuning” op basis van de inputgegevens van stikstof (N) en de potentiële grondwateraanvulling blijkt aangeraden. De freatische watervoerende laag van een uiterst kwetsbare zone is niet noodzakelijk  $\text{NO}_3^-$ -gecontamineerd indien de bemesting met de natuurlijke randvoorwaarden rekening houdt. Andersom bestaat het risico dat ook in minder kwetsbare zones veel  $\text{NO}_3^-$ -overschrijdingen worden gemeten, als bv. overmatig bemest wordt (Eppinger, 2008).

#### ✓ *Nitraattrend in de hydrogeologische homogene zones*

Omdat de recente N-input hoofdzakelijk impact heeft op de zone van de bovenste filter van het grondwatermeetpunt, wordt de  $\text{NO}_3^-$ -concentratie in de bovenste filter geëvalueerd. Algemeen wordt er een daling van het aantal overschrijdingen van de  $\text{NO}_3^-$ -norm in de bovenste filter vastgesteld. Echter het gros van de locaties verandert eerder traag omwille van de sterke buffering van het  $\text{NO}_3^-$ -transport. Dit is onder andere te wijten aan de beperkte doorlatendheid, de algemeen trage transportsnelheden en lange reistijden, de laterale aanvoer van grote oppervlakken, de dikte van de onverzadigde zones en/of de uiterst beperkte reductiecapaciteit in het ondiepe gedeelte van de grondwatersystemen. De ouderdom van het uitgespoelde  $\text{NO}_3^-$  in het grondwater is variabel per gebied, hetgeen ook van toepassing is op bronnen. In de vlakke gebieden is een snelle aanvoer naar de grondwatertafel mogelijk, variërend van een aantal weken of maanden tot meer dan een jaar. Voor de zuidelijke heuvelstreken kan, bij aanwezigheid van dikke onverzadigde zones, de ouderdom meerdere jaren en plaatselijk meer dan tien jaar bedragen. De aanvoersnelheden naar het grondwater zijn seizoensgebonden met maximale transportsnelheden tijdens de winterperiode. Verder dient met een zekere vertraging in de tijd rekening te worden gehouden. Bij dikkere onverzadigde zones is de reistijd van het water langer en kan de aanvulling ter hoogte van de grondwatertafel op een duidelijk later tijdstip gebeuren dan volgens de seizoenswijzigingen te verwachten is (Anonymus, 2015b). Om deze processen van nitraattransport te kwantificeren is een gebiedsgericht onderzoek nodig.

Zoals voorgaand vermeld werd Vlaanderen oorspronkelijk in 33 HHZ's opgesplitst. Deze indeling is ondertussen licht gewijzigd. Kleinere delen van een aantal zones worden namelijk afgesplitst. Deze kleinere delen bevinden zich in de oorspronkelijke nitraatgevoelige gebieden die reeds sinds 1995 stringenter bemestingsmaatregelen ondergaan ter bescherming van de hier aanwezige drinkwaterwingebieden. Deze worden als HHZ-nit zones aangeduid (Anonymus,

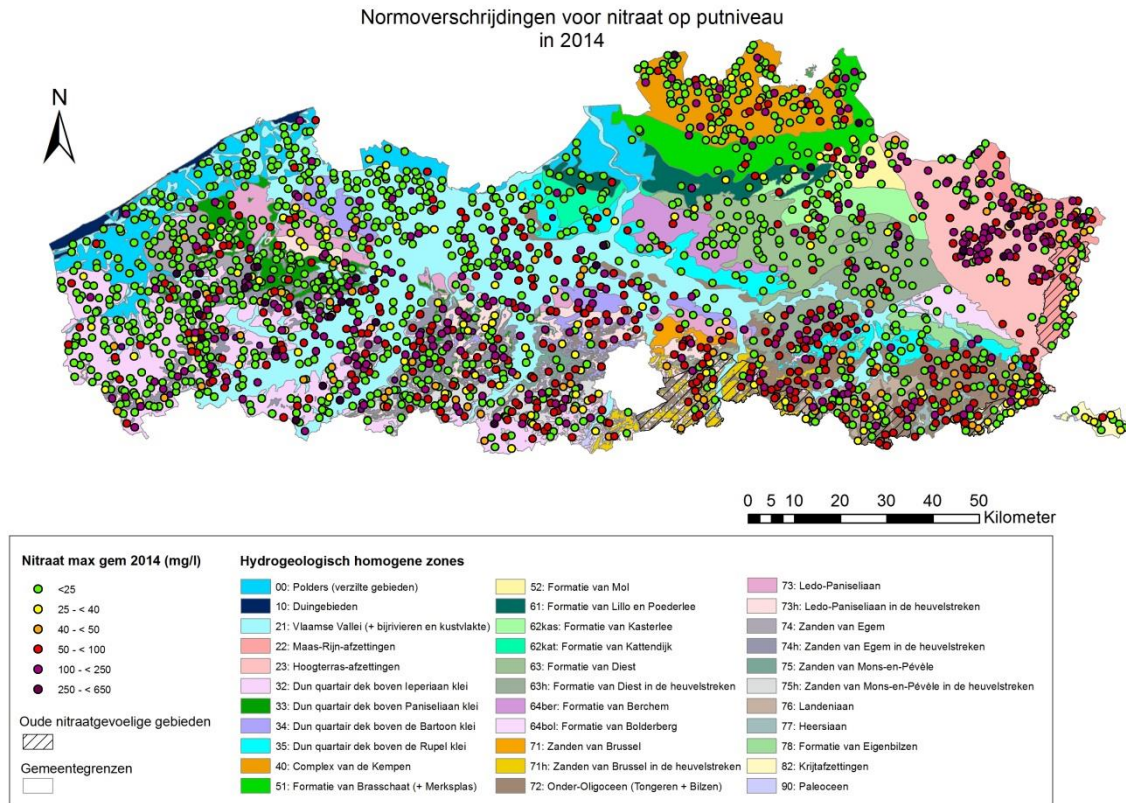


1995). Ondanks het feit dat de fysico-chemische randvoorwaarden voor de hele HHZ hetzelfde zijn, kunnen deze zogenaamde HHZ-nit zones statistisch apart worden geëvalueerd zodat met een verschillende inputsituatie op lange termijn rekening kan worden gehouden. Om pragmatische redenen zijn een aantal zones gehergroepeerd. In totaal wordt nu gebruik gemaakt van 38 HHZ's.

Eerder als problematisch gerapporteerde zones met veel overschrijdingen (Hoogterras-afzettingen, zuidelijke heuvelstreken) tonen weinig verbeteringen (Figuur 2). Een lichte agglomeratie van risicoputten situeert zich in Noord-Limburg (HHZ 22 en HHZ 23) en in het Hageland en ten zuiden ervan. Het overschrijdingspercentage voor HHZ 23 op het niveau van de bovenste filter blijft ook in 2014 met 65% relatief hoog, ondanks de lichte daling tegenover 2013 toen het nog bij ongeveer 70 % lag. Zoals tijdens de voorgaande rapporten bestaat in de zones van zuidelijk Oost- en West-Vlaanderen nog steeds een zeer heterogene situatie met meetpunten die afwisselend een goede en een slechte kwalitatieve toestand vertonen.

Hogere  $\text{NO}_3^-$ -overschrijdingspercentages worden in het grondwater in het voorjaar gedetecteerd aangezien het infiltrerend  $\text{NO}_3^-$ -houdend water tijdens de natte winterperiode vlug in de richting van de grondwatertafel getransporteerd wordt wanneer goed doorlatende bodem- en sedimentlagen en dunne onverzadigde zones (0-2 m) aanwezig zijn. Tijdens het najaar komt het opnieuw tot een daling van de  $\text{NO}_3^-$ -concentraties door een snellere afvoer van  $\text{NO}_3^-$ -houdend water via de grondwaterstroming, verdunningseffecten of plaatselijke  $\text{NO}_3^-$ -reductie in de ondiepe watervoerende laag (Anonymus, 2015b).

Voor het overgrote deel van de HHZ's daalt de gemiddelde  $\text{NO}_3^-$ -concentratie in het grondwater. Positief in deze context is de verdere verbetering in bijna alle grote zones. Ook in HHZ's gekenmerkt door dikkere onverzadigde zones en daarmee gepaard gaande diepere grondwatertafels, worden verbeteringen vastgesteld. De langere reistijden van het grondwater (bijvoorbeeld meerdere jaren) kunnen verklaren dat effecten van strengere N-bemestingsnormen in deze gebieden pas nu in het grondwater zichtbaar worden. Daartegenover treedt in een beperkt aantal (kleinere) zones, met name HHZ 10, HHZ 71, HHZ 71h en HHZ 82-nit nog altijd een verslechtering op of blijft de (slechte) toestand stabiel (HHZ 72-nit). Opvallend is dat de putten, die niet voldoen, redelijk goed gespreid zijn over heel Vlaanderen. Dit geeft aan dat overschrijdingen niet enkel bepaald worden door de kwetsbaarheid van de ondergrond, maar ook door andere factoren, zoals de inputsituatie.



**Figuur 2 : Normoverschrijdingen voor nitraat op putniveau tijdens het kalenderjaar 2014**

Tabel 3 toont de evolutie van de gemiddelde nitraatconcentraties op filterniveau 1 per HHZ<sup>1</sup> voor de volledige MAP4 periode. Voor het merendeel van de zones is een duidelijke afname van de nitraatconcentraties tijdens deze periode vast te stellen. Een beperkt aantal zones is echter gekenmerkt door een onvoldoende daling of zelfs een toename van de nitraatconcentraties en is daarmee niet conform de MAP4-doelstellingen voor grondwater. In acht zones wordt in 2014 de drempelwaarde van 50 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/l op gemiddelde basis nog steeds overschreden.

<sup>1</sup> Er is verdere onderverdeling van de HHZ's uitgevoerd door met de oude nitraatgevoelige gebieden (sinds 1995 afgebakend) rekening te houden. Deelstukken van een aantal zones zijn als nit-zones afgesplitst omwille van de gewijzigde inputsituatie, andere zijn als verwaarloosbaar beoordeeld en samengevoegd met andere zones. Het totaal aantal HHZ-evaluatie-eenheden bedraagt dus 38 in plaats van 33.

Tabel 3: Evolutie van gemiddelde nitraatconcentraties op filterniveau 1 per HHZ tijdens MAP4 (Bron: Anonymus, 2015 en <http://dov.vlaanderen.be> voor gegevens 2014)

HHZ	Gemiddelde nitraatconcentratie 2010 (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l)	Gemiddelde nitraatconcentratie 2014 (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l)	Vershil 2010-2014 (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l)	Aandeel landbouwareaal (%)
00	3,66	4,33	0,67	6,86
10	37,50	105,55	68,05	0,11
21	35,10	28,11	-6,99	20,2
22	65,66	61,80	-3,86	1,72
22-nit	24,53	15,43	-9,10	0,74
23	88,32	84,70	-3,62	3,76
23-nit	31,52	28,42	-3,10	0,12
32	32,03	27,35	-4,68	13,52
33	55,37	41,68	-13,69	2,85
34	58,96	47,85	-11,11	2,34
35	24,64	17,82	-6,82	2,68
40	33,97	28,40	-5,57	5,28
51	38,95	40,21	1,26	2,02
52	61,56	46,07	-15,49	0,68
61	23,48	22,04	-1,44	1,15
62kas	24,88	26,57	1,69	0,78
62kat	31,03	26,51	-4,52	1,31
63	22,82	12,96	-9,86	2,3
63h	46,61	44,92	-1,69	2,69
64ber	13,65	12,06	-1,59	1,04
64bol	49,21	42,97	-6,24	0,34
71	51,33	86,67	35,34	0,27
71h	40,29	44,38	4,09	0,29
71h-nit	63,38	59,51	-3,87	0,58
72	51,42	46,48	-4,94	4,69
72-nit	51,40	51,32	-0,08	1,44
73	35,87	25,57	-10,30	2,1
73h	61,78	48,69	-13,09	3,45
74	38,71	30,35	-8,36	2,22
74h	46,60	41,31	-5,29	6,34
75	24,85	13,91	-10,94	0,33
75h	43,43	37,34	-6,09	2,64
76	47,35	40,69	-6,66	1,24
76-nit	106,25	69,74	-36,51	0,36
77	61,18	53,09	-8,09	0,39
78	60,45	33,65	-26,80	0,42
82	34,64	28,39	-6,25	0,44
82-nit	33,39	38,55	5,16	0,3

Naamgeving HHZ: zie legende Figuur 2.

Legende

	Voldoet in 2010 en 2014 aan MAP4 – doelstellingen
	Boven 50mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l in 2010 en daalt met meer dan 5mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l tot 2014 - ok
	Boven 50mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l in 2010 en daalt met minder dan 5mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l tot 2014 – niet ok
	Boven 50mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l in 2010 en verdere toename tot 2014 – niet ok
	Stijgt tot boven 50mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /l in 2014 – niet ok

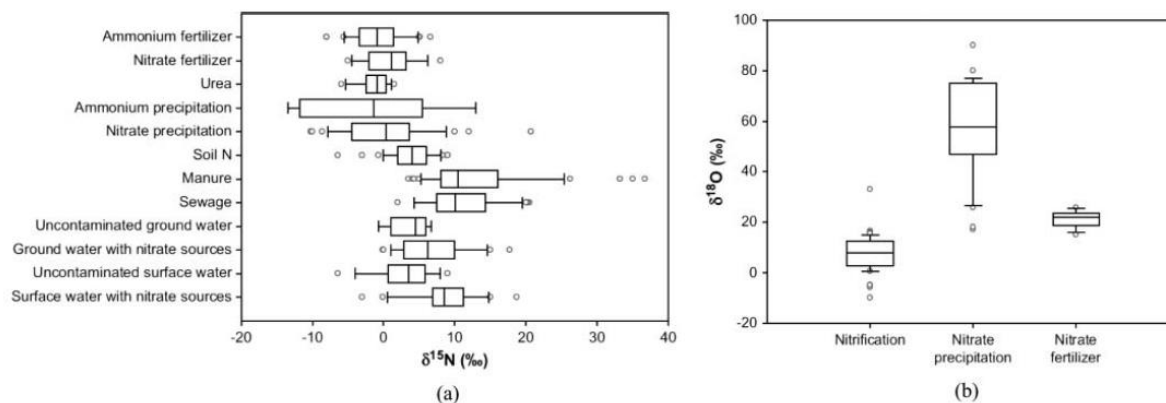
### *b. Methoden voor bepaling van oorsprong, intrekgebied, reistijd en reductiesnelheid van nitraat*

Onder deze titel wordt een ophijsting gegeven van onderzoeksmethoden om relevante aspecten van nitraatrijke bronnen en dus grondwater te bepalen. Volgens de milieuverstoringsketen wordt achtereenvolgens besproken: oorsprong van de nitraatinput, intrekgebied van waterbronnen, reistijd van het grondwater naar de bron toe en de reductiesnelheid van nitraat (denitrificatieproces).

#### *✓ Oorsprong*

Er zijn twee natuurlijk voorkomende stabiele isotopen van stikstof ( $^{14}\text{N}$  (99,63%) en  $^{15}\text{N}$  (0,37%). Zuurstof (O) bestaat uit drie stabiele isotopen  $^{16}\text{O}$  (99,76%),  $^{17}\text{O}$  (0,04%) en  $^{18}\text{O}$  (0,20%). Isotopenverhoudingen worden meestal uitgedrukt in delta ( $\delta$ ) eenheden ten opzichte van een internationale standaard (in ‰). Het meten van de isotopensamenstelling van  $\text{NO}_3^-$  in water is een mogelijke maar dure methode om de belangrijkste oorsprongen van  $\text{NO}_3^-$ -verontreiniging te kunnen identificeren. Informatie over  $^{15}\text{N}$  en  $^{18}\text{O}$  gehalten in  $\text{NO}_3^-$ , bij voorkeur in combinatie met de bemestingsdata, maakt het mogelijk om verschillende  $\text{NO}_3^-$ -oorsprongen zoals atmosferische N, microbiologisch geproduceerd  $\text{NO}_3^-$  (mineralisatie en nitrificatie), minerale meststoffen en organische N (dierlijke mest en afvalwater) te onderscheiden aangezien deze verschillende  $\text{NO}_3^-$  bronnen een specifiek  $\delta^{15}\text{N}$  en  $\delta^{18}\text{O}$  gehalte hebben (Katz *et al.*, 1999; Panno *et al.*, 2001; Accoe *et al.*, 2008; Xue *et al.*, 2009; Bronders *et al.*, 2012). Typische  $\delta^{15}\text{N}$  en  $\delta^{18}\text{O}$  waarden met hun variatie van verschillende oorsprongen worden in Figuur 3 getoond (Xue *et al.*, 2009; Bronders *et al.*, 2012). Xue (2011) heeft op basis van een paar tientallen meetpunten oppervlaktewater in Vlaanderen aangetoond dat isotopenverhoudingen van N en O in  $\text{NO}_3^-$  in staat zijn om de voornaamste bron(nen) van  $\text{NO}_3^-$  in het oppervlaktewater van een meetpunt te achterhalen. Maar de relatief grote variatie van de  $\delta^{15}\text{N}$  en  $\delta^{18}\text{O}$  gehalten in  $\text{NO}_3^-$ , afkomstig van verschillende bronnen, bemoeilijkt toch wel het kwantificeren van de verschillende bronnen.

Het koppelen van deze methodiek met  $\delta^{11}\text{B}$  (boor-isotoop) metingen laat een verdere discriminatie toe om  $\text{NO}_3^-$  afkomstig van dierlijke mest ten opzichte van afvalwater te onderscheiden (Xue, 2011), maar maakt het uiteraard nog complexer en duurder.

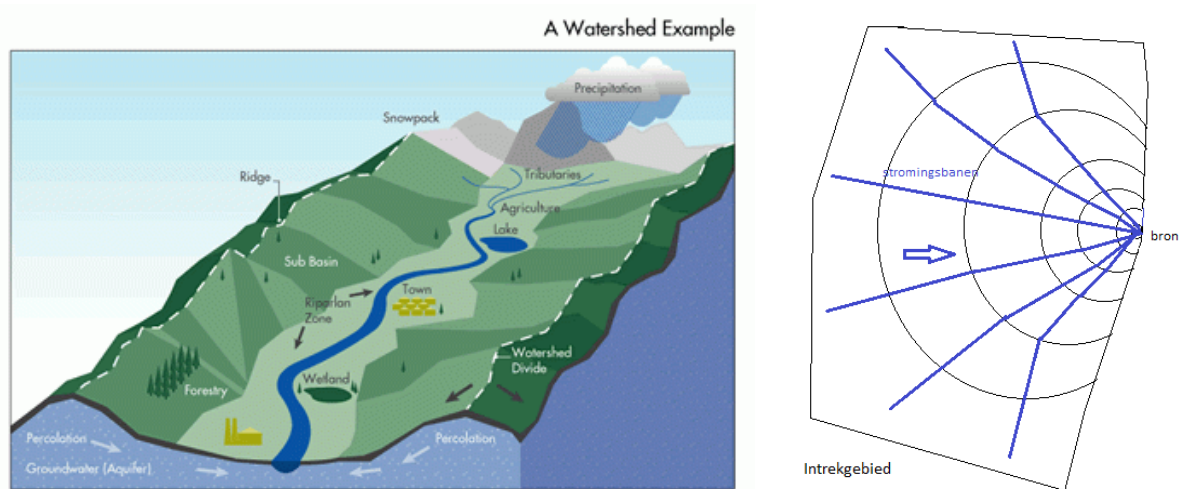


**Figuur 3:** Box plots van  $\delta^{15}\text{N}$  en  $\delta^{18}\text{O}$  gehalten (a en b) in nitraat van verschillende oorsprongen op basis van een literatuurstudie van Xue *et al.* (2009). De boxen geven de 25, 50 en 75 percentiel, de horizontale lijnen de 10 en 90 percentiel en de cirkels de outliers weer.

### ✓ Intrekgebied

De opbouw van intrekgebieden van waterbronnen hangt van een aantal natuurlijke elementen af, met name de geologie, het reliëf, de neerslag, de waterafvoer (bvb bronniveaus + debiet), erosieprocessen en de bodembedekking. Het laatste kan wel sterk antropogeen beïnvloed zijn. Grotere impermeabiliteit van bodemlagen, bijvoorbeeld door gesloten bebouwing of een wegdek kan lokaal tot een veranderd stromingspatroon leiden. Ook zal de infiltratiehoeveelheid van water op land met groenbedekking / bos verschillen van deze op geploegde akkers (verschillende wateropname, evapotranspiratie, interceptie...).

Algemeen bepaalt de geologie de stromingsrichting. Bij horizontale gelaagdheid van de sedimentlagen stroomt het infiltrerende water hoofdzakelijk boven slechter doorlatende lagen richting kwelhorizonten af. In het overgrote deel van Vlaanderen is de hellingsgraad van de quartaire en tertiaire deklagen, die de bovenste (freatische) watervoerende lagen vormen, zeer beperkt, zodat we hier bij benadering van een horizontale gelaagdheid kunnen spreken. De waterscheidingslijn, of de rand van het intrekgebied, wordt dan ook mede door het reliëf bepaald. De hoogste punten vormen de rand van het intrekgebied voor de freatische watervoerende laag (zie ook onderstaande figuur).



**Figuur 4: a) Waterscheidingslijn bepaald door het reliëf - b) Concentrische stromingsbanen bij een homogene aquifer**

Het grondwater stroomt dus vanuit het infiltratiegebied via stromingsbanen +/- concentrisch (bij homogene aquifer) naar de bron (zie figuur).

De stromingssnelheid is dan weer afhankelijk van de hydraulische doorlatendheid van het sediment (of de steenlagen) en de hydraulische gradiënt. Deze beïnvloeden elkaar onderling in sterke mate.

Afhankelijk van de afstand tussen infiltratiepunt van het water en de bron (in Vlaanderen loopt dit dikwijls op tot enkele honderden meters) volgt het grondwater verschillende stromingsbanen doorheen de watervoerende laag(en) (zie ook figuur 6). Omdat de infiltratie over grotere oppervlakten gebeurt, varieert dus de lengte van de stromingsbanen en daarmee de af te leggen reistijden. Door het samenlopen van de stromingsbanen aan de bron ontstaat een mengwater van een gemiddelde leeftijd. Hoge nitraatconcentraties in het bronwater duiden echter op de dominantie van vrij oppervlakkig afstromend, relatief jong grondwater doorheen het ondiepe geoxideerde gedeelte van de watervoerende laag.

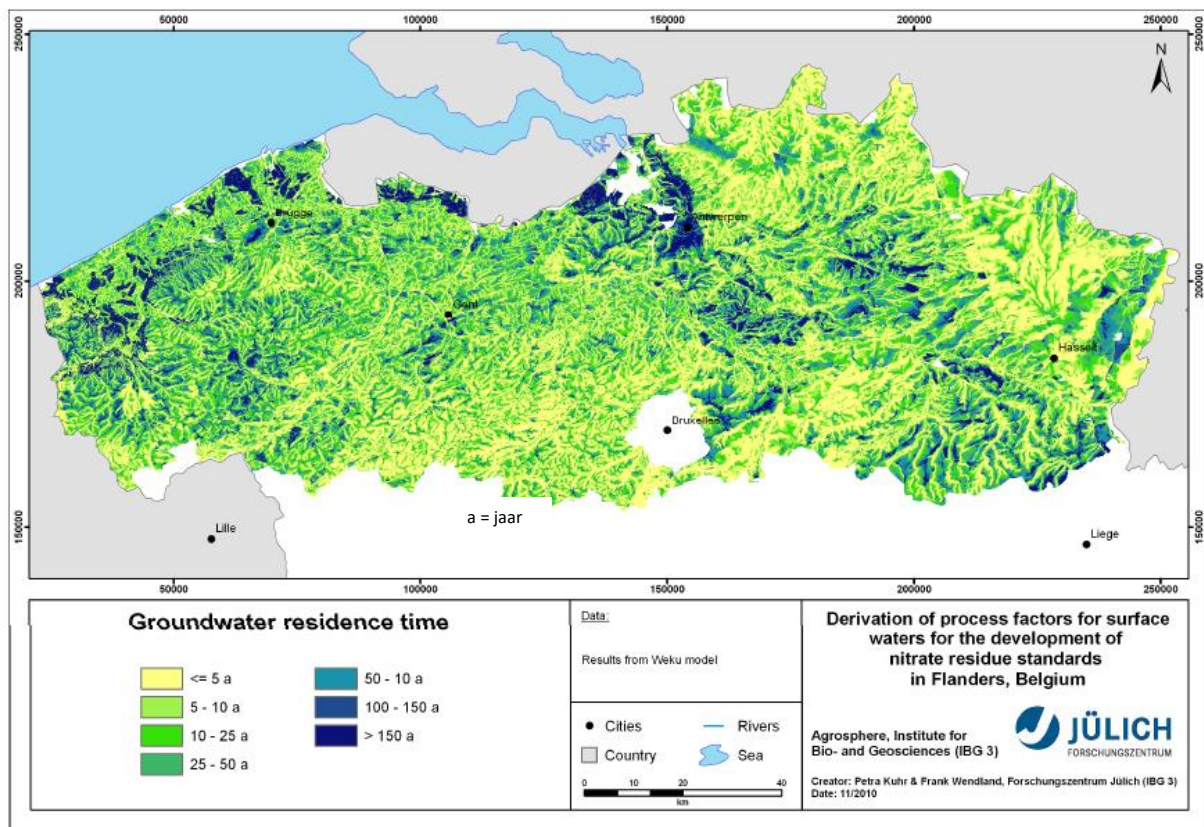
Let op: verschillende naburige bronnen (kwelhorizonten) kunnen de onderlinge intrekgebieden beïnvloeden. De correcte afbakening van intrekgebieden is belangrijk voor het bepalen van invloedzones.

### ✓ *Bepaling reistijd*

Menselijke activiteiten, zoals industriële activiteiten, hebben chloorfluorkoolstofwaterstoffen (CFK) en tritium ( $^3\text{H}$ ) in zeer lage maar meetbare concentraties in de atmosfeer vrijgegeven. Neerslag met CFK en  $^3\text{H}$  uit de atmosfeer infiltreert in de bodem met een specifieke chemische en isotopensignatuur gerelateerd aan de atmosferische omstandigheden. Aangezien een specifieke combinatie van CFK en  $^3\text{H}$  representatief is voor hun concentratie in de lucht en het regenwater op een specifiek moment kunnen deze in het grondwater gemeten worden om de

*ouderdom* van het grondwater te bepalen (Katz *et al.*, 1999). Kennis van de reistijd is van belang om te weten hoe snel beheersmaatregelen een effect hebben op de  $\text{NO}_3^-$ -concentratie in het grondwater (Panno *et al.*, 2001). Probleem hierbij is dat de bepaling van transport doorheen de onverzadigde zone met deze methodes niet mogelijk.

Een goedkoper alternatief voor het (zeer) dure traceronderzoek voor het bepalen van de reistijd is het gebruik van piëzometers die de waterdruk of stijghoogte meten in combinatie met meteorologische informatie (neerslag + evaporatie) en het modelleren van bodemwaterbalansen en grondwatertafelschommelingen (Eppinger *et al.*, 2011). Onderzoek in opdracht van de VLM met als titel “Bepalen van procesfactoren voor oppervlaktewater en grondwater ter evaluatie van de nitraatstikstofresidu-norm” hebben de verblijftijd van het grondwater binnen het intrekgebied van een grondwatermeetpunt berekend (Van Overtveld *et al.*, 2011). Deze data zijn nochtans niet bruikbaar voor de hier geschetste problematiek daar het intrekgebied van de nitraatrijke bronnen meestal veel groter zal zijn dan deze rond grondwatermeetpunten. Het WEKU-model (Kuhr *et al.*, 2011) komt grotendeels aan dit bezwaar tegemoet door de reistijden op (sub)bekken niveau in te schatten. Kuhr *et al.* (2011) geven aan dat de performantie van het WEKU-model kan verbeterd worden door o.a. een compilatie van een consistent digitaal hoogtemodel van de grondwatertafel, nauwkeuriger informatie omtrent hydrogeologische factoren op regionaal vlak, het beter inschatten van de verblijftijd van het grondwater door regionale studies, etc. Deze benadering is zeer grootschalig en er bestaat het risico dat te weinig belangstelling wordt besteed aan lokale factoren van intrekgebieden van bronnen. Verder is vast te stellen dat het WEKU-model een tweedimensionaal model is en met transportprocessen in de derde dimensie, zoals voor grondwater toepasselijk, onvoldoende rekening werd gehouden. Aan de andere kant geeft Figuur 4 een eerste indicatie over mogelijke lokale variaties van reistijden van nitraat in het grondwater.



**Figuur 5: Berekende reistijd van het grondwater met het WEKU-model (Kuhr et al., 2011)**

Een andere theoretische mogelijkheid is een tracertest (bijvoorbeeld injectie van een kleurstof zoals eosine), maar in de praktijk waarschijnlijk moeilijk haalbaar.

### ✓ *Reductiecapaciteit*

#### Indicatieve isotopen

De isotopensamenstelling en de algemene trend tijdens het jaar in de  $\delta^{15}\text{N}$  en  $\delta^{18}\text{O}$  -gehalten van  $\text{NO}_3^-$  - in het grondwater kan theoretisch ook aangeven of er reductie van de opgeloste  $\text{NO}_3^-$  optreedt. Hogere  $\delta$ -waarden voor N en O in de isotopische samenstelling van het grondwater na uitloging van bemesting in de zomer in combinatie met lagere  $\delta$ -waarden in de lente duiden op de aanwezigheid van denitrificatie aangezien dierlijke meststoffen hogere  $\delta^{15}\text{N}$  -gehalten en minerale meststoffen hogere  $\delta^{18}\text{O}$  -gehalten dan niet-verontreinigd grondwater hebben (Figuur 3) (Katz et al., 1999; Panno et al., 2001; Accoe et al., 2008; Xue et al., 2009). Het extra meten van  $\delta^{11}\text{B}$  (boor-isotoop) kan de al dan niet aanwezigheid van denitrificatie ondersteunen daar B niet onderhevig is aan transformatieprocessen zoals denitrificatie.



## Sedimentmetingen

Een alternatief is het gebruik van de kaliumdichromaat-oxidatiemethode zoals toegepast door Eppinger (2008). Om nitraat efficiënt te kunnen afbreken, hebben de anaërobe micro-organismen voedingsstoffen in de vorm van gereduceerd reactief materiaal nodig. De aanwezigheid van dit reactief materiaal in de sedimenten van watervoerende lagen, kan met behulp van een kaliumdichromaat-oxidatiemethode als totale reductiecapaciteit (TRC) kwantitatief bepaald worden. De meetresultaten van een onderzoek met verschillende sedimentkernen (Eppinger, 2008) tonen dat de reductiecapaciteit in de oxidatiezone vrij beperkt is, terwijl in de reductiezone – praktisch onmiddellijk na het passeren van het oxidatie-reductiefront – hoge waarden worden bereikt. De gemeten totale reductiecapaciteit is dus een uiterst belangrijke indicator voor het al dan niet plaatsvinden van nitraatreductieprocessen. Niettemin is tijdens dit onderzoek vastgesteld, dat niet al het gereduceerde sedimentmateriaal voor de micro-organismen fysisch ter beschikking staat, laag reactief of inert is, en men een onderscheid moet maken tussen de totale reductiecapaciteit en de effectieve reductiecapaciteit. Dit verklaart ook waarom soms beduidende restreactiviteiten in de oxidatiezone worden gemeten, die blijkbaar niet in functie van nitraatreductie staan.

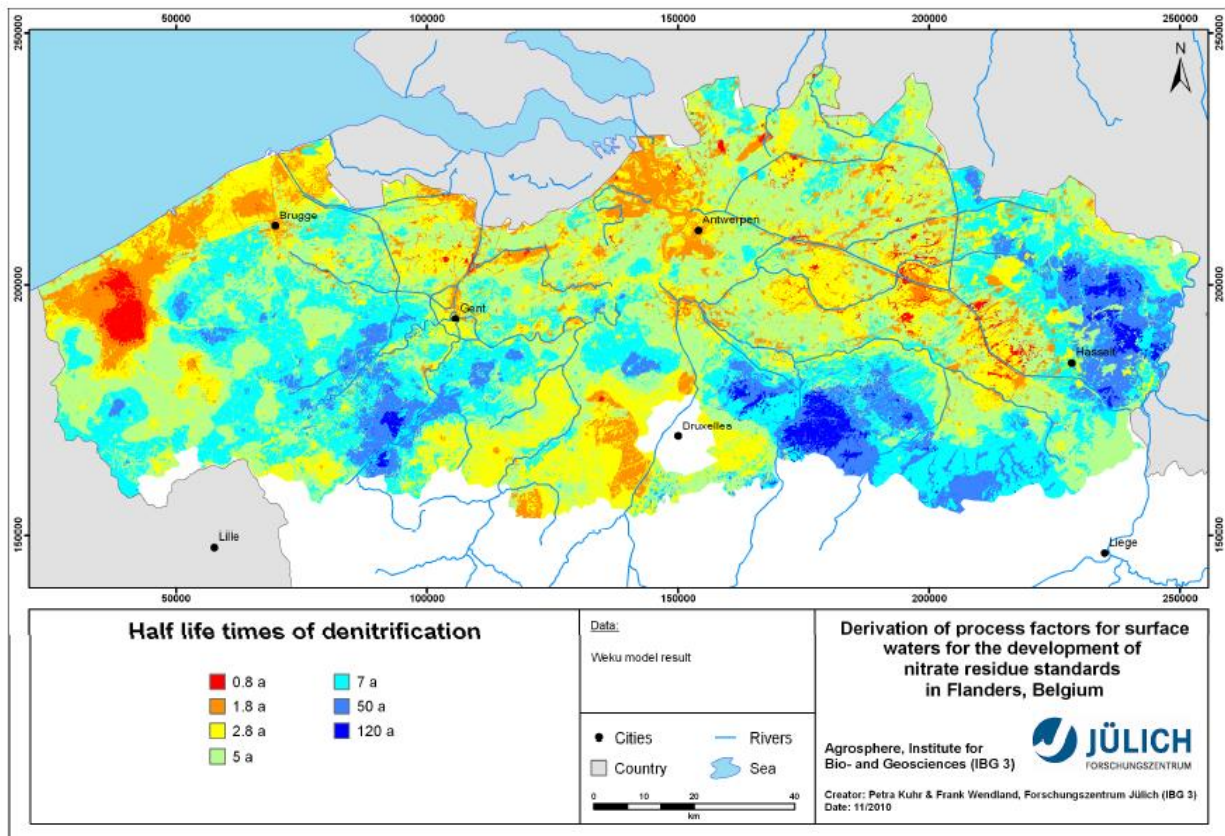
Uit de sedimentanalyses van Eppinger (2008) blijkt verder, dat het overgrote deel van de gereduceerde stoffen uit organisch materiaal en pyriet bestaat. Andere gereduceerde stoffen, zoals tweewaardige ijzerverbindingen, exclusief sulfidenmineralen, waren van ondergeschikt belang. Vervolgens moet men concluderen dat nitraatreductie met organisch materiaal of met pyrietoxidatie in de onderzochte Vlaamse watervoerende lagen domineert. Het voorkomen van deze stoffen is nogal variabel en hangt enorm van het type cenozoïsch sediment af (jong Quartair of ouder Tertiair – marien of terrestrisch). In het kader van dit onderzoek werd getracht de uitbreidingssnelheid van de oxidatiezone door plaatsvindende nitraatreductieprocessen te bepalen. De afloop van reductieprocessen aan de grens oxidatie/reductiezone leidt tot een vermindering van de afbraakcapaciteit, zodat de constante aanvoer van oxiderende stoffen zoals nitraat de uitspoeling van nitraat over de tijd heen zal bevorderen. Dit kan onder andere belangrijk zijn voor de doorslag van nitraat naar de kwelzone.

## Watermetingen

Andere methodes voor het vaststellen van nitraatreductie bevorderende redoxcondities zijn metingen van de redox-potentiaal en zuurstofconcentraties in het grondwater bijvoorbeeld met behulp van multilevel-putten. Ook de toename van sulfaatconcentraties (en bicarbonaatconcentraties) met de diepte bij gelijktijdige afname van nitraat kan een belangrijke indicator voor nitraatreductieprocessen zijn. Met behulp van de kaliumdichromaat-methode kan ook de reductiecapaciteit van het grondwater zelf worden bepaald (oxidatie van afbreekbare stoffen, vooral DOC, maar ook  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ...).

## ✓ *Halfwaardetijden*

In het reeds vermelde onderzoek van Van Overtveld et al., 2011 werden naast de verblijftijd van het grondwater ook de procesfactoren voor grond- en oppervlaktewater als de halfwaardetijd voor denitrificatie (Kuhr et al., 2011) berekend of ingeschat aan de hand van het WEKU-model. Van Overtveld et al. (2011) geven aan dat de procesfactor voor grondwater niet kan gedifferentieerd worden op basis van de data die op dit ogenblik beschikbaar zijn maar geven wel een differentiatie van de procesfactor voor oppervlaktewater aan. De halfwaardetijden voor denitrificatie volgens het WEKU-model daarentegen zijn uitsluitend gebaseerd op een literatuurstudie. Figuur 6 geeft een indicatie van halfwaardetijden voor denitrificatie in Vlaanderen. Kuhr et al. (2011) geven aan dat de performantie van het WEKU-model kan verbeterd worden door o.a. het verifiëren van de reactiekinetiek van denitrificatie in veldomstandigheden.



**Figuur 6 : Geschatte halfwaardetijden van denitrificatie in Vlaanderen**

Hiervoor werden reeds de kwetsbaarheidsscores van de hydrogeologische homogene zones besproken zoals gedefinieerd door Eppinger (2008). Het is opvallend dat de indeling, gegeven in Tabel 2, grotendeels overeenstemmen met Figuur 5 en de procesfactoren gegeven door Van Overtveld et al. (2011).

## ✓ *Conclusies onderzoeksmethoden*

Het achterhalen van de oorsprong van het  $\text{NO}_3^-$  met betrekking tot nitraatrijke bronnen is niet de eerste prioriteit in het kader van de problematiek geschetst in de inleiding. Bovendien zijn isotopenstudies duur in verhouding tot de schaal waarop het onderzoek kan gevoerd worden. Wel is de reistijd van groot belang. Isotopenstudies met tritium en CFK beperken zich tot het waterverzadigd gedeelte van de bodem en geven dus geen indicatie van reistijden in de onverzadigde zone, die een belangrijk onderdeel is van de transportzone. **Daartegenover zijn het afleiden van zo correct mogelijke intrekgebieden, gemiddelde reistijden en kwetsbaarheden van relevante freatische watervoerende lagen cruciaal in de problematiek van nitraatrijke bronnen.** Er moet zo veel mogelijk gestreefd worden naar een pragmatische aanpak met zo eenvoudig mogelijke methoden om de hiervoor vermelde parameters te begroten. Een inventaris van de geologie rond de bronnen van nitraatrijk grondwater, samen met een aantal hydrogeologische parameters, zal meestal een inzicht geven over de omvang van het intrekgebied en de te verwachten reistijden. Samen met een aantal indicatieve hydrochemische parameters (zoals zuurstofgehalte, redoxpotentialen, Fe(II)-gehalten, etc. kan ook de kwetsbaarheid ingeschat worden en mogelijk naar grotere eenheden, zoals HHZ's worden geëxtrapoleerd, ter bevestiging of desnoods verfijning van reeds bepaalde scores en aflijning van grotere gebieden.

### *c. Interactie tussen grond en oppervlaktewater*

De meeste oppervlaktewaters (grachten, beken,..), of ten minste over het grootste deel van hun loop, treden in het watersysteem drainerend op: ze worden gevoed door grondwater. Deze drainage vanuit het grondwater kan zeer diffuus zijn en kan via diverse kanalen in het oppervlaktewater terecht komen zoals:

- vanuit de beekbodem of –berm;
- via kunstmatige drainage van landbouw- en andere percelen;
- via preferentieel gevormde kanalen in de ondergrond (soms zichtbaar waar deze een bron of bron- of kwelgebied vormen).

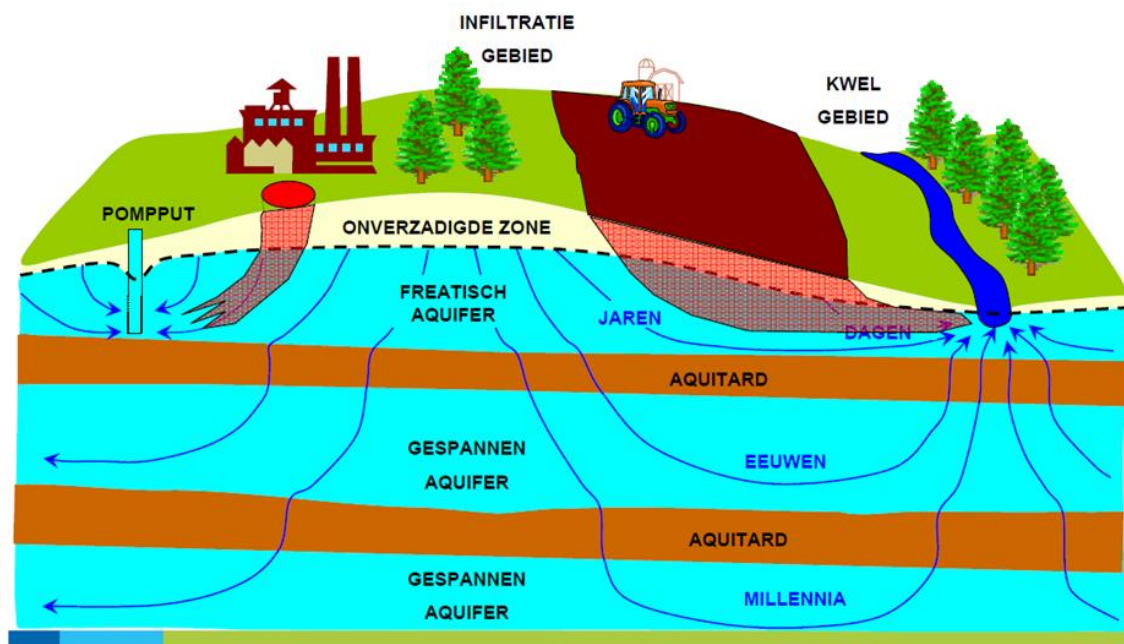
Het aandeel van grondwater in het oppervlaktewater kan ook seizoenaal sterk variëren.

Op basis van een wetenschappelijke definitie komt het grondwater in een bron- of kwelgebied in een andere fysische omgeving en wordt dus oppervlaktewater. Valleien zijn klassiek de gebieden waar grondwater uittreedt en waar kwelgebieden zich bevinden. Het uittredend water infiltreerde eerder op de hoger gelegen plaatsen. De neerslag zoekt omwille van de zwaartekracht neerwaarts zijn weg doorheen de ondergrond en vult uiteindelijk het grondwaterreservoir aan.

De ondergrond in Vlaanderen is niet uniform, maar opgebouwd uit een opeenvolging van verschillende relatief horizontale liggende geologische lagen. Vanuit hydrologisch oogpunt kan hierbij ruwweg een onderscheid gemaakt worden tussen zand- en kleilagen. Zandlagen hebben grotere poriën tussen de bodemdeeltjes en dus een goede doorlatendheid: ze vervoeren het water zeer goed en worden beschouwd als watervoerende lagen. Kleilagen daarentegen, met

talrijke maar kleine poriën, transporteren het water heel traag en worden soms ook als (water)scheidende laag beschouwd. Wanneer geïnfiltreerd water op haar weg naar de ondergrond (in een zandige laag) botst op een moeilijk doorlatende kleilaag, verkrijgt het grondwater door de blijvende druk van het toestromende water van bovenaf een eerder horizontale stroming. Over de subhorizontale scheidende laag ontwikkelen zich zo in alle richtingen grondwaterstromingen. Wanneer deze elkaar ontmoeten, is hoofdzakelijk de weg naar boven vrij en ontstaat kwel (Vercoetere, 2007). Figuur 7 illustreert dat de wateraanvoer in kwelgebieden zeer complex is. De afbakening van een intrekgebied van bronnen is veel complexer dan de afbakening van een afstroomgebied oppervlaktewater (en van de filters van het grondwater).

Nitraatrijke bronnen tonen de zonale/lokale grote kwetsbaarheid van zowel het grond- alsook het oppervlaktewater. De relatie tussen de  $\text{NO}_3^-$ -concentratie in het grondwater en de N-bemesting dat in het grondwater terechtkomt dat een bron voedt, wordt gecontroleerd door een complexe interactie tussen hydrogeologie, landgebruik en klimaat. Het bronwater is een menging van verschillende stromingsbanen van grondwater van verschillende ouderdom (Katz *et al.*, 1999). In Vlaanderen is nitraatrijk bronwater in de meeste gevallen afkomstig uit de naburige oxidatiezone van de freatische watervoerende laag, de zone dus waar  $\text{NO}_3^-$  stabiel blijft en niet door natuurlijke processen wordt afgebroken (Figuur 7). Door de langere transportweg doorheen het ondiepe gedeelte van de freatische watervoerende laag komt het tot een vertragingseffect bij het afstromen naar het oppervlaktewater. Niettemin zijn doorstroomtijden voor  $\text{NO}_3^-$ -rijk grondwater naar de bronnen eerder beperkt (tot enkele jaren). Er gebeurt namelijk geen transport van nitraatrijk grondwater doorheen de aquitards naar diepere gedeelten van de watervoerende lagen (enkele jaren tot decennia) omdat het grondwater in die zone reeds gereduceerd en  $\text{NO}_3^-$ -vrij zal zijn. De reistijd van nitraatarm grondwater doorheen de aquitards naar de oppervlakte loopt van eeuwen tot millenia op en is in volume eerder beperkt in verhouding tot het transport binnen de freatische aquifer naar de oppervlakte.



Figuur 7: Nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ) is stabiel in de onverzadigde of oxidatiezone en wordt in de reductiezone of freatisch aquifer microbiologisch via nitriet ( $\text{NO}_2^-$ ) tot lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ), stikstofgas ( $\text{N}_2$ ) of ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) gereduceerd (Bron: Eppinger en Thomas, 2007)

## 2.2. Verzamelde informatie van de rode meetpunten in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijke bronnen in het MAP-meetnet oppervlaktewater

### a. *Terreinobservaties en meetresultaten van de rode meetpunten in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijke bronnen in het MAP-meetnet oppervlaktewater*

Het CVBB heeft voor alle rode MAP-meetpunten oppervlaktewater de hoofdoorzaak van de vervuiling proberen te achterhalen nl. lozing, tuinbouw, akkerbouw, ... Voor 42 MAP-meetpunten werd vastgesteld dat de  $\text{NO}_3^-$ -concentraties constant hoog waren of hoger in de zomer dan winterperiode. Bij zomeroverschrijdingen tijdens een laag debiet van de beek is de invloed van  $\text{NO}_3^-$ -rijk grondwater doorslaggevend. Zoals hierboven vermeld, is dit dezelfde trend als het grondwater, terwijl in het oppervlaktewater normaal de omgekeerde trend in  $\text{NO}_3^-$ -concentraties gedurende het jaar gemeten wordt. In de omgeving van deze rode MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen werden er bronnen met een hoge  $\text{NO}_3^-$ -concentratie gevonden, vergelijkbaar met de  $\text{NO}_3^-$ -concentraties in het nabijgelegen MAP meetpunt. Na verder onderzoek en overleg met de VMM werden 2 rode MAP-meetpunten als MAP-meetpunten geschrapt. In het winterjaar 2014-2015 bleven ook 6 van de MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen onder de norm van  $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$ . Door het CVBB is er op dit ogenblik in de omgeving van de helft van de rode MAP meetpunten een intensieve aanpak waarbij op relatief grote schaal  $\text{NO}_3^-$ -N residu's bepaald worden op percelen die in het vermoedelijk intrekgebied liggen van een bepaalde bron. In Tabel 4 en

Tabel 5 worden respectievelijk de spreiding van de MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen over de provincies en de hydrogeologische homogene zones weergegeven evenals de regio's met intensieve aanpak en de kwetsbaarheidsscores van de HHZ's.

**Tabel 4: Aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen waarvoor in 2013 bij de VMM een dossier werd ingediend, aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen in meetjaar 2014-2015 en aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen met intensieve aanpak in 2015 per Vlaamse provincie (Bron: CVBB)**

Provincie	Aantal dossiers rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen ingediend in 2013	Aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen meetjaar 2014-2015	Aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen met intensieve aanpak 2015
Antwerpen	-	-	-
Limburg	17	12	7
Vlaams-Brabant	8	7	5
Oost-Vlaanderen	8	6	6
West-Vlaanderen	9	9	0
<b>Totaal</b>	<b>42</b>	<b>34</b>	<b>18</b>

**Tabel 5: Aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen in meetjaar 2013-2014 en 2014-2015 en kwetsbaarheidsscore per hydrogeologische homogene zone (Bron: CVBB en Eppinger, 2008)**

Hydrogeologische homogene zone	Aantal dossiers rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen ingediend in 2013*	Aantal rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen meetjaar 2014-2015	Kwetsbaarheidsscore
Vlaamse vallei	21	1	10
Maas-Rijnafzettingen	22	2	17
Hoogterrasafzettingen	23	7	17
Quartair dek op Ieperse klei	32	10	7
Quartair dek op Paniseliaan klei	33	1	7
Quartair dek op Rupeliaan klei	35	1	7
Formatie van Brussel in heuvelgebieden	71h	1	16
Onder-Oligoceen	72	4	10
Ledo-Paniseliaan in heuvelgebieden	73h	1	15
Zanden van Egem in heuvelgebieden	74h	3	15
Zanden van Mons-en-Pévèle	75	2	10
Zanden van Mons-en-Pévèle in heuvelgebieden	75h	2	15
Landeniaan	76	2	14
Krijtafzettingen	82	3	16
		40	34

\* Na verder onderzoek en overleg met de VMM werden 2 rode MAP-meetpunten als MAP-meetpunten geschrapt.

De gemeten hoge  $\text{NO}_3^-$ -concentraties in de rode MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen zijn wellicht in meer of mindere mate aan bemestingsactiviteiten gekoppeld aangezien ze zich bevinden in landbouwgebied of stroomafwaarts van een gebied dat door landbouwactiviteiten wordt gedomineerd. De trend in rode MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen kan zowel stijgend, dalend als constant zijn (Tabel 7 en Figuur 8). In de meeste rode MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen wordt reeds een lichte verbetering van de waterkwaliteit vastgesteld. De langere reistijden naar het oppervlaktewater toe zorgen ervoor dat de inspanningen van de landbouwers trager zichtbaar worden dan in andere MAP-meetpunten oppervlaktewater. Tabel 6 geeft aan dat het aantal overschrijdingen in de rode MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen per jaar hoog is.

**Tabel 6: Evaluatie van de 34 rode MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen op basis van het gemiddeld aantal overschrijdingen van de 50 mg nitraat per liter norm tijdens de winterjaren 2013-2014 en 2014-2015 (Bron: VMM - CVBB)**

Provincie	Meer dan 5 overschrijdingen/jaar	>2 en <5 overschrijdingen/jaar	Maximum 2 overschrijdingen/jaar *
Limburg	8	4	1
Vlaams-Brabant	3	1	3
Oost-Vlaanderen	3	2	1
West-Vlaanderen	4	2	2
<b>Totaal</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>7</b>

\* Bij 3 van de 7 meetpunten is er een overschrijding tijdens de zomerperiode tijdens een periode van laag debiet, waarbij de invloed van een nitraatrijke bron doorslaggevend is.

### *b. Trendanalyse van de geselecteerde MAP meetpunten*

VMM voerde een trendanalyse uit voor de MAP-meetpunten geselecteerd door CVBB. In deze analyse wordt per meetplaats nagegaan of de nitraatconcentraties een trend vertonen. Daarvoor wordt gebruikgemaakt van de software Trendanalist. Trendanalist analyseert of een meetreeks een monotone trend vertoont, met andere woorden doorgaans dezelfde richting opgaat. Dit impliceert dat mogelijke trendbreuken niet gedetecteerd worden. Afhankelijk van de kenmerken van de meetreeks (bv. normaliteit, seizoentaliteit) wordt de meest geschikte statistische test geselecteerd.

De analyse gaat over de periode winterjaar 2003-2004 tot en met winterjaar 2014-2015. De uitspraken gelden dus enkel voor deze periode. Telkens werd de hele meetreeks in beschouwing genomen. De uitspraken gelden dus enkel voor het geheel van de meetresultaten en niet voor bv. de maxima of de minima. Omdat hier telkens alle meetresultaten in beschouwing genomen worden, zijn deze resultaten minder geschikt om uitspraken te doen over het al dan niet halen van de richtwaarde in de toekomst. Wel kunnen deze resultaten gebruikt worden om een indruk te krijgen over de algemene trend per meetplaats.

Er wordt steeds getest met een betrouwbaarheid van 95 %. In de meetreeks worden waarden onder de hoogste bepaalbaarheidsgrens (in de tijd veranderlijke detectielimiet bij labo-analyse) op de helft van die hoogste bepaalbaarheidsgrens gezet. Als er meerdere meetresultaten voor eenzelfde meetpunt op dezelfde dag zijn, wordt het laatste resultaat weerhouden.

Als er sprake is van een statistisch significante trend wordt ook aangegeven of die klein, matig of groot is. Voor nitraat zijn de grenzen 1 en 2 mg nitraat/l/jaar.

Van de 40 meetpunten vertonen 15 meetpunten geen trend, 20 meetpunten vertonen een dalende trend en 5 meetpunten vertonen een stijgende trend.

Tabel 7: Trendanalyse voor 40 MAP-meetpunten nitraatrijke bronnen (selectie CVBB) door VMM: trend per meetplaats over de periode 2003-2015 en extrapolatie van de trend tot 2018

	meetpunt	provincie	maximum '03-'04 (mg nitraat/l)	maximum '14-'15 (mg nitraat/l)	trend 2003-2015	Wordt norm gehaald in 2017-2018?
1	107750	Limburg	107,1	86,7	grote daling	zeer waarschijnlijk niet
2	149100	Limburg	49,1	53,1	geen trend	mogelijk niet
3	153400	Limburg	66,8	67,7	geen trend	zeer waarschijnlijk niet
4	436940	Limburg	63,3	69,5	kleine stijging	zeer waarschijnlijk niet
5	450950	Limburg	NB	70,8	geen trend	zeer waarschijnlijk niet
6	451945	Limburg	41,2	40,3	geen trend	zeer waarschijnlijk wel
7	466300	Limburg	NB	57,5	geen trend	waarschijnlijk niet
8	94600	Limburg	76,5	79,6	geen trend	zeer waarschijnlijk niet
9	99550	Limburg	62,8	146	grote stijging	zeer waarschijnlijk niet
10	99580	Limburg	82,3	79,6	kleine daling	zeer waarschijnlijk niet
11	99700	Limburg	47,3	55,8	geen trend	waarschijnlijk niet
12	103300	Limburg	64,6	48,7	kleine daling	mogelijk wel
13	112900	Limburg	115,0	128,3	matige stijging	zeer waarschijnlijk niet
14	420530	Limburg	137,6	154,9	geen trend	waarschijnlijk niet
15	133100	Limburg	150,4	101,8	geen trend	waarschijnlijk niet
16	232900	Vlaams-Brabant	66,4	57,1	kleine daling	mogelijk wel
17	408725	Vlaams-Brabant	74,3	53,5	geen trend	waarschijnlijk niet
18	408760	Vlaams-Brabant	69,0	63,7	geen trend	mogelijk niet
19	426520	Vlaams-Brabant	53,1	66,4	kleine stijging	zeer waarschijnlijk niet
20	426605	Vlaams-Brabant	84,1	76,1	kleine daling	zeer waarschijnlijk niet
21	442420	Vlaams-Brabant	60,2	48,7	geen trend	mogelijk wel
22	489400	Vlaams-Brabant	90,7	65,5	kleine daling	mogelijk niet
23	489600	Vlaams-Brabant	72,6	84,5	geen trend	waarschijnlijk niet
24	544800	Oost-Vlaanderen	99,7	67,3	grote daling	waarschijnlijk niet
25	558700	Oost-Vlaanderen	79,6	73	matige daling	waarschijnlijk niet
26	710450	Oost-Vlaanderen	70,8	55,3	kleine daling	mogelijk wel
27	710800	Oost-Vlaanderen	119,5	86,7	matige daling	waarschijnlijk niet
28	716830	Oost-Vlaanderen	88,5	96	kleine stijging	zeer waarschijnlijk niet
29	721800	Oost-Vlaanderen	79,6	71,7	kleine daling	zeer waarschijnlijk niet
30	734400	Oost-Vlaanderen	70,8	41,6	kleine daling	mogelijk wel
31	735910	Oost-Vlaanderen	80,5	43,8	grote daling	waarschijnlijk wel
32	624515	West-Vlaanderen	177,0	75,2	grote daling	mogelijk wel
33	608015	West-Vlaanderen	84,1	63,7	matige daling	mogelijk niet
34	636500	West-Vlaanderen	66,4	39,8	kleine daling	zeer waarschijnlijk wel
35	652830	West-Vlaanderen	150,4	77	grote daling	mogelijk wel
36	667220	West-Vlaanderen	115,0	79,2	grote daling	waarschijnlijk niet
37	670515	West-Vlaanderen	123,9	58	grote daling	mogelijk wel
38	913092	West-Vlaanderen	57,5	64,2	geen trend	waarschijnlijk niet
39	937036	West-Vlaanderen	110,6	72,6	grote daling	waarschijnlijk niet
40	967020	West-Vlaanderen	97,3	88,5	geen trend	mogelijk niet



## Case-studies van de rode meetpunten in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijke bronnen in het MAP-meetnet oppervlaktewater

Het CVBB heeft samen met de VMM 5 case-studies verspreid over Vlaanderen geselecteerd. Van deze 5 rode MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen werd info over geologie en hydrologie, intrekgebied en eventueel reistijd verzameld. Er vond ook een plaatsbezoek door CVBB, VMM en het Onderzoeks- en voorlichtingsplatform duurzame bemesting van deze rode MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen plaats. De 5 case-studies bevinden zich in regio's die volgens de HHZ-indeling kwetsbaar tot zeer kwetsbaar zijn (Figuur 1):

### 1. Noord Limburg: meetpunt 99580 (HHZ 23)

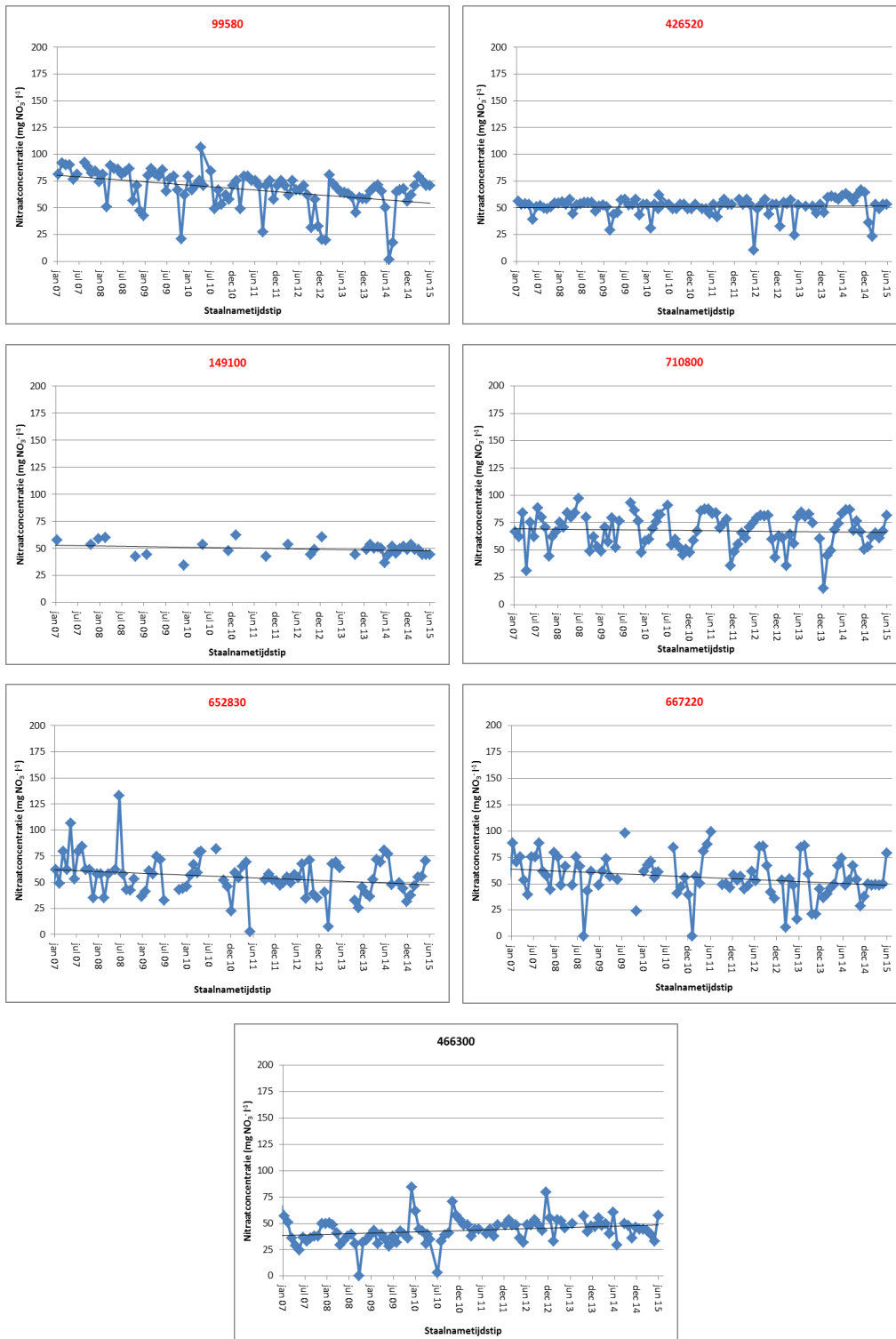
Het rode MAP-meetpunt  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen in Peer toont vooral hoge  $\text{NO}_3^-$ -concentraties in het voorjaar en er wordt een zeer trage gemiddelde daling van de  $\text{NO}_3^-$ -concentratie vastgesteld (Figuur 8). De zandgronden van de Hoogterrasafzettingen en onderliggende tertiaire zanden zijn goed tot zeer goed doorlatend wat de rode meetpunten van het freatisch grondwatermeetnet in Peer met nitraatconcentraties tot meer dan 250 mg  $\text{NO}_3^-$ -l<sup>-1</sup> verklaart. Het volledige plateau is zeer kwetsbaar voor  $\text{NO}_3^-$  door een ontbrekende bufferwerking (afwezigheid van reductiecapaciteit). Er is vooral ondiepe "subsurface" afstroming aanwezig zodat er veel nitraatrijk jong grondwater in de bronnen en beken terecht komt. De aanwezigheid van een fractie 'ouder' nitraatvervuild grondwater is eveneens niet uit te sluiten omwille van de contaminatie tot grotere dieptes en de gepaard gaande laterale afvoer onder het plateau.

### 2. Het Hageland – Vlaams-Brabant: meetpunt 426520 (HHZ 71h)

Het rode MAP-meetpunt  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen in Bierbeek vertoont geen duidelijke trend (Figuur 8) (cfr. grondwatermetingen). In Bierbeek zijn er verschillende rode MAP-meetpunten grondwater omwille van de erg kwetsbare geologie, nl. Brusseliaan zand dat sterk geoxideerd en goed doorlatend is zodat de bufferwerking beperkt is. Het  $\text{NO}_3^-$  in het rode MAP-meetpunt  $\text{NO}_3^-$ -rijke bron is wellicht afkomstig van de stroomopwaarts gelegen heuvelrug uit de plateauzone (Rommelenveld - Perre - Culot).

### 3. Zuid Limburg: meetpunt 149100 (HHZ 82)

Het rode MAP-meetpunt  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen in Voeren vertoont geen duidelijke trend (Figuur 8) (cfr. grondwatermetingen). Deze regio heeft een zeer specifieke geologie omwille van de vele breuken en de aanwezigheid van rotsgesteenten. De kaasachtige structuur kan voor bronnen zorgen. Het water is vermoedelijk afkomstig uit een goed doorlatende krijt/silexlaag zodat een snelle interactie met het oppervlaktewater mogelijk is. Het is aan te nemen dat de vastgestelde nitraatconcentraties uit de directe omgeving afkomstig zijn, maar de exacte inputlocatie is moeilijk aan te duiden. Het vertrekpunt van het bronwater is eveneens niet goed gekend, want de bron is ingebuisd. Het grote debiet van de bron zorgt bovendien voor de afvoer van grote hoeveelheden nitraat (gemiddeld ca. 50mg  $\text{NO}_3^-$ /l) in absolute getallen.



Figuur 8: Evolutie van de nitraatconcentratie (mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> l<sup>-1</sup>) in de 5 case-studies van de rode MAP-meetpunten NO<sub>3</sub>-rijke bronnen in oppervlaktewater (rode nummers) en een voorbeeld van een rood MAP-meetpunt NO<sub>3</sub>-rijke bron met een toenemende nitraatconcentratie (*Bron: VMM en CVBB*)

4. Zuid Oost-Vlaanderen: meetpunt 710800 (HHZ 74h)

Het rode MAP-meetpunt  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen 710800 toont vooral hoge  $\text{NO}_3^-$ -concentraties in het voorjaar. In Wortegem-Petegem zijn afhankelijk van de geologische structuren sommige watervoerende lagen zeer kwetsbaar. Deze situeren zich vooral op de hoger gelegen plateaus. Er is preferentiële stroming in de Zanden van Egem (74h). Vlak onder de grondwatertafel worden in de meetputten van het freatisch grondwatermeetnet zeer hoge  $\text{NO}_3^-$ -concentraties nl.  $160 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$  (recentelijk locatie 452/74/2) gemeten, maar in diepere delen zijn de  $\text{NO}_3^-$ -concentraties lager. Het intrekgebied en daarmee de afkomst van het nitraat is nochtans vrij goed gekend en bevindt zich tussen de waterscheidingskam op het plateau en het bronniveau op de helling.

5. De Westhoek: meetpunten 667220 (5a) en 652830 (5b) (HHZ 73h-74)

In Zonnebeke is er een goed doorlatende geulvulling (HHZ 73h+74h) die zeer kwetsbaar is. Laterale afstroming vindt boven de kleiige tussenlagen plaats en dieper zijn er geen problemen met de kwaliteit van het grondwater. Ook voor deze twee meetplaatsen is het nitraatrijk water afkomstig van het intrekgebied tussen de waterscheidingskam op het plateau/heuveltop en het bronniveau.

In het najaar 2014 werden  $\text{NO}_3^-$ -N-residu's van verschillende percelen in het intrekgebied van MAP-meetpunten 99580 (Peer) en 426520 (Bierbeek) oppervlaktewater gemeten (Tabel 8). Een vergelijking met de mediaan en gemiddelde waarde van de metingen van de Vlaamse Landmaatschappij (VLM) over gans Vlaanderen geven aan dat de  $\text{NO}_3^-$ -N-residu's per teelt in het intrekgebied van beide rode MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen vergelijkbaar zijn. Het verschil tussen de laagste en hoogste waarde per teelt is echter groot.

**Tabel 8: Nitraatstikstofresidu's (kg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N ha<sup>-1</sup>) (0-90 cm) van percelen in het intrekgebied van MAP-meetpunt 99580 (Peer) en 426520 (Bierbeek) oppervlaktewater en in gans Vlaanderen in najaar 2014 (Bron: CVBB en VLM)**

Meetpunt	Teelt	Aantal percelen	Gemiddelde	Mediaan	Minimum	Maximum
426520 (Bierbeek)	Aardappelen	2	111	111	91	131
	Bonen	5	58	30	17	121
	Chicorei	3	153	170	99	191
	Eenjarige bomen	1	113	113		
	Haver	1	51	51		
	Maïs	8	73	63	39	141
	Suikerbieten	1	83	83		
	Tijdelijk grasland	2	15	15	10	19
	Weiland	1	16	16		
	Wintergerst	2	34	34	10	58
	Wintertarwe	4	47	49	23	68
99580 (Peer)	Begraasd gras	2	53	53	25	80
	Gemaaid gras	2	44	44	20	68
	Maïs	20	66	48	29	207
Gans Vlaanderen	Aardappelen	178	96	84		
	Gras	2259	41	28		
	Maïs	1290	69	57		
	Wintertarwe	256	65	61		

Op basis van de verzamelde informatie o.a. intrekgebied van de case-studies werd in 2015 bij 17 rode MAP-meetpunten NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-rijke bronnen met intensieve begeleiding gestart (Tabel 4). De focus ligt op de bemesting van de bedrijven met het grootste grondgebruik in het intrekgebied en op de teelten met een hoog risico op een hoog NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-residu. De opvolging wordt volledig vanuit het CVBB gestuurd met bodemanalyses en bemestingsadviezen voor en tijdens de teelt en een NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-residubepaling na de teelt of in de sperperiode. Deze begeleiding van de landbouwers is dezelfde aanpak als het CVBB voor de andere rode MAP-meetpunten oppervlakte- en grondwater toepast. Dit kan als een aanzet beschouwd worden voor het nodige onderzoek.

### 3. Onderzoeksnoden in het kader van MAP-meetpunten oppervlaktewater in belangrijke mate beïnvloed door nitraatrijke bronnen

Volgende onderzoeksnoden werden in het kader van nitraatrijke bronnen vastgesteld, waarbij de eerste drie prioritair zijn in de eerste fase van deze onderzoekspiste:

- Een beter inzicht krijgen in de interactie tussen grond- en oppervlaktewater met betrekking tot stikstoftransport;
- Een gebruiksvriendelijke methode, zo accuraat, gedetailleerd en betrouwbaar mogelijk, selecteren waarmee de intrekgebieden afgebakend kunnen worden, rekening houdend met hydrogeologie, reliëf en andere relevante parameters;
- Wat zijn de plausibele reistijden van nitraatrijk en ander grondwater naar oppervlaktewater? Wat zijn de gebiedsgerichte denitrificatiesnelheden? De benaderende bepaling van de reistijd is een belangrijke stap om een inschatting te maken van hoe snel de  $\text{NO}_3^-$ -concentratie onder de norm gebracht kan worden.
- Welke maatregelen zijn nodig om gebiedsgericht de nitraatconcentratie in grondwater te reduceren binnen een periode van één tot drie jaar, alsook bepaling van de termijn waarop inputgerichte maatregelen leiden tot verlaagde nitraatconcentraties?
- Gegeven het effect van maatregelen op termijn van 1 tot 3 jaar, zijn er bijkomende maatregelen nodig en zo ja, welke bijkomende maatregelen op langere termijn zijn nodig om de nitraatconcentratie tot aanvaardbaar niveau te krijgen?
- Is er extra monitoring nodig die kan bijdragen tot de kennis en inzicht om de nodige acties te ondernemen voor de verbetering van de waterkwaliteit?
- Zal met het huidige beleid en zullen de geldende  $\text{NO}_3^-$ -N-residunormen in het najaar voldoende zijn om voor de kwetsbare HHZ's met een lage reductiecapaciteit aan de norm van  $50 \text{ mg NO}_3^- \text{ l}^{-1}$  te kunnen voldoen? Houdt het huidige beleid voldoende rekening met de verschillende graden van kwetsbaarheden van het fysisch-chemisch milieu?

Aandachtspunten bij het onderzoek zijn:

- Het is aangewezen dat te ontwikkelen methodiek (intrekgebieden en reistijden) breed inzetbaar is en niet alleen beperkt wordt tot de tot nu toe door CVBB opgelijste MAP-meetpunten en gerelateerde percelen. Conclusies van onderzoek kunnen doorgetrokken worden naar alle 'potentiële' doelgebieden, met andere woorden maatregelen koppelen aan een kwetsbaarheidsanalyse die verder gaat dan alleen naar de (deel-)intrekgebieden van MAP-meetpunten.
- Het onderzoek dient een vergelijkende analyse van probleemlocaties met niet-probleemlocaties te omvatten, door de keuze van een aantal scenario's waarbij grondwater juist voor de goede kwaliteit zorgt.
- Scenarioanalyse over welke periode doelstellingen voor waterkwaliteit voor de parameter nutriënten haalbaar zijn bij gekende inputsituatie.

Afgeleide producten van onderzoek, nodig om beleidsondersteunende toepassingen te creëren zijn:

- Het is belangrijk dat er een handleiding opgemaakt wordt hoe een situatieschets van het MAP-meetpunt te maken: welke informatie is hiervoor belangrijk, waar zijn de noodzakelijke informatiebronnen beschikbaar en welke informatie moet via een locatiebezoek verzameld worden. Aangezien er grote verschillen in hydrogeologische omstandigheden zijn, vb. watervoerende lagen, snelheid en richting van het watertransport, redox omstandigheden, ... die de kwetsbaarheid en risicograad van verontreiniging van het water beïnvloeden, wordt dit aan de hand van de vaak voorkomende situaties in Vlaanderen vb. heuvelachtige gebieden in de Vlaamse Ardennen geïllustreerd;
- Opleiding van de CVBB-medewerkers over de opgestelde methodieken en resultaten;
- Rapport met beleidsaanbevelingen omtrent nodige monitoring en maatregelen, op basis van de conclusies van het onderzoek.

Concreet wordt voorgesteld om eerst een plan van aanpak te ontwikkelen om de hiervoor vermelde onderzoeksnoden in te vullen. Hierbij zal gewerkt worden met case-studies. Bij de selectie van de case-studies wordt verder gebouwd op de informatie reeds verzameld door het CVBB en de VMM zodat de opgedane (terrein)kennis optimaal gebruikt kan worden. Voor de case-studie is het belangrijk dat de uitgekozen gebieden qua hydrogeologische omstandigheden (o.a. hydrodynamiek en hydrogeochemie) representatief zijn voor de vaak voorkomende situaties van de MAP-meetpunten  $\text{NO}_3^-$ -rijke bronnen. Voor de hydrogeologische omstandigheden geldt de set eigenschappen die gebruikt werden voor de bepaling van de kwetsbaarheidsscores van HHZ's. Het is tevens aangewezen om een paar gebieden met een bron zonder  $\text{NO}_3^-$ -overschrijding in de studie te betrekken. Deze combinatie zal ons verder inzicht geven in de kwetsbaarheid van de verschillende gebieden.

## Referenties

- Accoe, F., Berglund, M., Duta, S., Hennessy, C., Taylor, P., Van Hoof, K., De Smedt, S., 2008. Source apportionment of nitrate pollution in surface water using stable isotopes of N and O in nitrate and B: a case study in Flanders (Belgium). JRC Scientific and Technical Reports EUR 23425 EN, 25 p.
- Anonymus, 1995. Besluit van de Vlaamse regering van 20 december 1995 tot aanduiding van de nitraatgevoelige gebieden in het kader van het Decreet van 24 januari 1984
- Anonymus, 2011. Decreet houdende wijziging van het Mestdecreet van 22 december van 2006. Belgisch Staatsblad, 27876-27894
- Anonymus, 2015a. Actieprogramma ter uitvoering van de Nitraatrichtlijn - 2015-2018. Vlaamse Landmaatschappij (VLM). Brussel, 56 p.
- Anonymus, 2015b. Voortgangsrapport mestbank 2014 over de mestproblematiek in Vlaanderen. Vlaamse Landmaatschappij (VLM). Brussel, 172 p.
- Bronders, J., Tirez, K., Desmet, N., Widory, D., Petelet-Giraud, E., Bregnot, A., Boeckx, P., 2012. Use of compound-specific nitrogen ( $\delta^{15}\text{N}$ ), oxygen ( $\delta^{18}\text{O}$ ), and bulk boron ( $\delta^{11}\text{B}$ ) isotope ratios to identify sources of nitrate-contaminated waters: a guideline to identify polluters. Environmental Forensics 13, 32-38.
- Eppinger, R., 2008. Mobiliteit en afbraak van nitraat in cenozoïsche watervoerende lagen in Vlaanderen en hun toepassing voor de bepaling van de kwetsbaarheid van ondiepe watervoerende systemen. Doctoraat UGent, 406 p.
- Eppinger, R., Thomas, P., 2007. Hydrogeologisch homogene zones ter bepaling van de nitraatkwetsbaarheid van het grondwater. Congres Watersysteemkennis 2006 – 2007, Grondwateronderzoek, 1-6.
- Eppinger, R., Van Hoof, K., Ducheyne, S., 2011. Developments in monitoring the effectiveness of the EU Nitrates Directive Action Programmes on the environment: Flemish Region (Belgium). In 'Developments in monitoring the effectiveness of the EU Nitrates Directive Action Programmes'. RIVM Report 680717019/2011, 91-118.
- Katz, B.G., Hornsby, H.D., Bohlke, J.F., Mokray, M.F., 1999. Sources and chronology of nitrate contamination in spring waters, Suwannee River Basin, Florida. Water-Resources Investigations Report 99-4252, 54p.
- Kuhr, P., Vanderborght, J., Wendland, F., 2011. Assessment of reactive nitrate transport from soil to river based on the WEKU model. In: Van Overtveld *et al.*, 2011. Bepalen van procesfactoren voor oppervlaktewater en grondwater ter evaluatie van de nitraatstikstofresidu-norm. Eindrapport fase 2 en fase 3. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij door het Departement Aard- en Omgevingswetenschappen (K.U.Leuven), de Bodemkundige Dienst van België en het Agrosphere Institute, Forschungszentrum Jülich, p. 171-216.
- Panno, S.V., Hackley, K.C., Hwang, H.H., Kelly, W.R., 2001. Determination of the sources of nitrate contamination in karst springs using isotopic and chemical indicators. Chemical Geology 179, 13–128.
- Peeters, B., 2015. Nitraat in oppervlaktewater in landbouwgebied. <http://www.milieurapport.be/nl/feitencijfers/milieuthemas/vermesting/nutrienten-in-water/nitraat-in-oppervlaktewater-in-landbouwgebied/>
- Van Overtveld, K., Tits, M., Van De Vreken, P., Vandervelpen, D., Peeters, L., Bataalaan, O., Van Orshoven, J., Vanderborght, J., Elsen, A., Bries, J., Vandendriessche, H., Kuhr, P., Wendland, F., Diels, J., 2011. Bepalen van procesfactoren voor oppervlaktewater en grondwater ter evaluatie van de nitraatstikstofresidu-norm. Eindrapport fase 2 en fase 3. Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Landmaatschappij door het Departement Aard- en Omgevingswetenschappen (K.U.Leuven), de Bodemkundige Dienst van België en het Agrosphere Institute, Forschungszentrum Jülich, 216 p.
- Vercoutere, B., 2007. Kwel, kennen we het wel? Natuur.focus 6(3): 96-102.
- Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), 2015. MAP - Nutriënten in landbouwgebied. <https://www.vmm.be/water/kwaliteit-waterlopen/chemie/map>
- Vlaamse Milieumaatschappij (VMM), 2015. MAP - Nutriënten in oppervlaktewater in landbouwgebied 2014, <https://www.vmm.be/publicaties/nutrienten-in-oppervlaktewater-in-landbouwgebied-2014>
- Xue, 2011. Nitrate source classification in surface water via isotopic fingerprinting. Phd, UGent, 173 p.
- Xue, D., Botte, J., De Baets, B., Accoe, F., Nestler, A., Taylor, P., Van Cleemput, O., Berglund, M., Boeckx, P., 2009. Present limitations and future prospects of stable isotope methods for nitrate source identification in surface- and groundwater. Water Research, 1159-1170.