

Nitraatdieptemetnet van Nederland

Onderzoeksstrategie en –methoden voor vaststellen
van locaties van monitoringsputten

Eindrapport 18/2/2010



RIVM

18/2/2010

Eindrapport

Projectnummer N20090344

Documenttitel	Nitraatdieptemeetnet van Nederland
Status	Eindrapport
Datum	18/02/2010
Projectnaam	
Projectnummer	N20090344
Opdrachtgever	RIVM
Referentie	

Auteur(s)	Koos Groen
-----------	------------

Collegiale toets	Jouke Velstra, John Paul van den Ham
Datum / Paraaf

Vrijgegeven door	Arjen de Vries
Datum / Paraaf

INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding	1
1.1 Achtergrond van het NDM.....	1
1.2 Uitgangspunten en eisen aan het Nitraat Diepte Meetnet (NDM).....	1
1.3 Vraagstelling en doelstelling van het onderzoek.....	2
1.4 Onderzoeksaanpak	2
2 A priori onderzoeksmethoden	4
2.1 Algemeen	4
2.2 Vooronderzoek.....	4
2.2.1 Doel vooronderzoek	4
2.2.2 Inventarisatie bestaande gegevens	4
2.2.3 Classificatie van hydrologische situaties van de percelen.....	5
2.2.4 Vaststellen potentiële locaties voor monitoringputten	5
2.2.5 Conclusies van de workshop.....	5
2.3 Veldonderzoek	6
2.3.1 Veldverkenning.....	6
2.3.2 Gradiëntmeting	6
2.3.3 Geofysische oppervlaktmetingen	6
2.3.4 Sonderingen.....	9
2.3.5 Doorlatendheidsmetingen	9
2.3.6 Bepalen gemiddeld laagste grondwaterstand	9
2.3.7 Analytische berekeningen	10
2.3.8 Conclusies na workshop.....	10
3 A posteriori onderzoeksmethoden	12
3.1 Algemeen	12
3.2 Geofysische metingen in boorgaten en peilbuizen	12
3.3 Directe meting van de horizontale grondwaterstroming	12
3.4 Doorlatendheidsmetingen in peilbuizen	13
3.5 Analyses van gassen, opgeloste componenten en isotopen.	13
4 Onderzoekstrategie	16
4.1 Algemene aanpak.....	16
4.2 Planning	18
4.3 Kostenschattting veldonderzoek	20
4.3.1 Vooronderzoek Blok I	20
4.3.2 Veldonderzoek Blok II	20
5 Conclusies	21
6 Referenties	22

Lijst met bijlagen

1. Programma van eisen voor "vooronderzoek (blok i) ten behoeve van het vaststellen van de locaties van monitoringputten voor het nitraatdieptemetnet"
2. Programma van eisen voor "veldonderzoek (blok ii) ten behoeve van het vaststellen van de locaties van monitoringputten voor het nitraatdieptemetnet"
3. Notulen workshop locatiekeuze meetpunten NDM
4. Presentatie over onderzoeksmethoden ten behoeve van het vaststellen van de locaties van monitoringputten voor het nitraatdieptemetnet"

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond van het NDM

In het Tweede Kamer debat van 23 april 2009 is de motie Koopmans aangenomen. De motie verzoekt de regering om ter voorbereiding van het Vijfde Actieprogramma Nitraatrichtlijn modelmatig de afname in de nitraatconcentratie in beeld te brengen en naast de eerste meter ook in de tweede tot de vijfde meter onder de grondwaterstand te meten en deze resultaten te gebruiken voor het derogatieverzoek in het kader van het Vijfde Actieprogramma Nitraatrichtlijn.

Om invulling te geven aan deze motie hebben de ministeries van VROM en LNV het RIVM verzocht een voorstel te maken voor de inrichting van een vast meetnet naast de bestaande LGM, PGM en LMM meetnetten. Het meetnet is alleen gericht op de zandregio, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de regio's Noord (Friesland, Groningen en Drente), Midden (Overijssel, Utrecht, Gelderland) en Zuid (Noord Brabant en Limburg). Het meetnet zal representatief moeten zijn voor alle bedrijfs- dan wel gewastypen. Daarin worden drie hoofdtypen onderscheiden: grasland, bouwland op veebedrijven en bouwland op akker- en tuinbouwbedrijven. Dit nieuwe meetnet heeft de naam Nitraatdieptemetnet NDM gekregen. RIVM heeft in een notitie (Fraters, 2009) al enkele inrichtingsvarianten voor het NDM onderzocht waarbij mogelijke strategieën voor inrichting worden geïnventariseerd (nieuw meetnet of aansluiting bij andere bestaande meetnetten, zoals het KRW en het LMM-meetnet). Het rapport concludeert dat het de voorkeur geniet om voor het NDM aan te sluiten bij de bedrijven die al in het LMM worden onderzocht, waarbij een goede spreiding moet worden gewaarborgd van de meetlocaties over de zandregio en landbouwbedrijftypen. Verder zullen met het oog op voldoende vertegenwoordiging van omgevingsfactoren 2 tot 3 monitoringputten per bedrijf nodig zijn. In de notitie van Fratens (2009) komen verder tal van vragen aan de orde ten aanzien van de inrichting van de monitoringputten, te meten parameters, meetfrequentie en de karakterisatie van bodem en grondwater.

Uit de notitie van Fratens (2009) komen ook vragen naar voren met betrekking tot het selecteren van de percelen en het lokaliseren van de putten en filters. Deze aspecten vereisen verder vooronderzoek. Ook zijn er vragen rond de planning in de uitvoering van dit onderzoek en de inrichting van het meetnet gezien de korte tijd die er rest (In 2012 dienen de eerste monitoringresultaten beschikbaar te zijn). Om die reden heeft RIVM Acacia Water verzocht onderzoek te doen naar een onderzoeksstrategie en onderzoeksmethoden om op een efficiënte wijze de locaties voor de monitoringputten vast te stellen. Daarbij spelen hydrologische aspecten een rol, maar ook de toegankelijkheid van het terrein. Het voorliggende rapport bevat de resultaten van dit onderzoek

1.2 Uitgangspunten en eisen aan het Nitraat Diepte Meetnet (NDM)

Hoewel er nog een aantal open vragen zijn rond het uiteindelijke NDM monitoring systeem zijn voor dit onderzoek een aantal uitgangspunten gedefinieerd:

- Voor het in te richten NDM zal RIVM ca 150 bedrijven benaderen.
- Bij elk van deze bedrijven worden 3 percelen geselecteerd door RIVM, zodanig dat er een goede vertegenwoordiging is (een groot aantal percelen) per combinatie van karakteristieken (geografische ligging, drainageklasse, grondgebruik).

- Er wordt gemeten op alle typen zandgronden in Nederland (Noord, Midden en Zuid), en voor verschillende gewastype/ rotatiesystemen. In de discussie notitie van Fraters (2009) wordt in aanvulling op deze uitgangspunten gesteld dat onderscheid gemaakt zal moeten worden tussen de drie drainageklassen "nat", "neutraal" en "droog", overeenkomend met respectievelijk de Grondwater trap (GT)-groepen I – IV, V-VI, en VII-VIII).
- Per geselecteerd perceel dient een NDM monitoringput te worden geplaatst
- Er wordt gebruik gemaakt van vaste meetpunten. Dat wil zeggen dat het geselecteerde meetpunt tijdens de onderzoeksperiode niet wijzigt.
- De meetpunten worden geïnstalleerd aan de rand van de geselecteerde percelen.
- De filters van de monitoringputten worden geplaatst op 1, 2 en 5 m onder de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG).
- De monitoringputten dienen zodanig te worden gekozen dat verwacht kan worden dat grondwatermonsters uit de filters afkomstig zijn van of beïnvloed zijn door neerslag of beregeningswater, dat is geïnfiltreerd op te monitoren percelen.
- Het bepalen van het werkelijke intrekgebied en de leeftijd van het grondwater bij de filters van de monitoringputten zal achteraf (a posteriori) plaatsvinden na het inrichten en het bemonsteren van de monitoringputten.
- De monitoringopstelling biedt de mogelijkheid te onderzoeken of er sprake is van denitrificatie over de bemonsterde diepte en of deze denitrificatie duurzaam is.
- Het NDM dient voor de zomer van 2011 operationeel te zijn, zodat in 2012 de gegevens van de eerste monitoringronde beschikbaar zijn.
- Inrichten van het meetnet zal pas van start kunnen gaan na het Tweede Kamerdebat in het voorjaar van 2010.
- In de programma's van eisen zijn geen sonderingen opgenomen.

1.3 Vraagstelling en doelstelling van het onderzoek

Om de monitoringputten te kunnen lokaliseren aan de hand van bovenstaande eisen en om later de meetresultaten te kunnen interpreteren, wil RIVM voor elk geselecteerd bedrijf inzicht willen hebben in de hydrologische situatie en de praktische toegankelijkheid. Wat betreft de hydrologische situatie gaat het vooral om de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) en de ouderdom en herkomstgebied van het grondwater tot een diepte van 5 m onder de GLG.

Omdat het hier een groot aantal locaties betreft, die in een korte tijd moeten worden onderzocht, moeten de onderzoeksmethoden en vooral de onderzoeksstrategie gestandaardiseerd en efficiënt zijn: dat wil zeggen van korte duur, robuust in uitvoering en interpretatie, uitvoerbaar door derden, zonder veel overlast voor de agrarische bedrijven. Voor de onderzoeksmethoden wordt onderscheid gemaakt tussen "a priori" technieken, die worden uitgevoerd voorafgaand aan het plaatsen van de monitoringputten en "a posteriori" technieken die achteraf worden uitgevoerd op de monitoringputten en het daaruit bemonsterde grondwater.

De onderzoeksopzet zal zo nodig onderscheid maken voor gebieden zonder sloten, voor gebieden met sloten, en voor gebieden met sloten en drains. Het onderzoek dient ook te resulteren in een document dat als 'offerteaanvraag' gebruikt kan worden bij de uitvoering van de eigenlijke studie naar meetpuntlocaties.

1.4 Onderzoeksaanpak

Het onderzoek is begonnen met het maken van een inventarisatie van potentiële a priori en a posteriori onderzoeksmethoden ten behoeve van het lokaliseren van de monitoringputten. Deze methoden zijn besproken in een brainstormsessie op 15 oktober

2009 met RIVM medewerkers en getoetst aan de randvoorwaarden zoals gesteld in het vorige hoofdstuk.

Na de sessie zijn de kansrijke methoden verder uitgewerkt en geplaatst in een meer veelomvattende strategie waarbij ook communicatie en logistieke aspecten werden betrokken. Tijdens de brainstormsessie kwam immers naar voren dat deze aspecten en de logica van de algehele onderzoeksstrategie minstens zoveel aandacht verdienen als de individuele onderzoeksmethoden.

In de workshop van 25 november participeerden de volgende experts op het gebied van grondwater en grondwaterkwaliteit:

- Dico Fraters, voorzitter (RIVM),
- Ad de Goffau (RIVM),
- Leo Boumans (RIVM),
- Arno Hooijboer (RIVM),
- Koos Groen (Acacia Water),
- Jouke Velstra (Acacia Water),
- Piet Groenendijk (Alterra),
- Gerard Velthof (Alterra),
- Hans Peter Broers (Deltares),
- Kees Meinardi (voorheen RIVM),
- Tom Hoogland (WUR),
- Teun Spek (Provincie Gelderland)

Tijdens de workshop zijn twee presentaties gegeven: een over de achtergrond van het NDM door Arno Hooijboer en een over mogelijke onderzoeksmethoden- en onderzoeksstrategie door Koos Groen. Daarna volgde een discussie over het onderzoek en de onderzoeksmethoden ten behoeve van het bepalen van de locaties van de monitoringputten. Het verslag van de workshop is opgenomen in dit rapport als bijlage 1.

Uiteindelijk is op basis van de notitie voor de workshop en de conclusies van de workshop het voorliggende eindrapport geschreven over de onderzoeks-methoden en de onderzoeksstrategie. Het eindrapport bevat ook een programma van eisen voor het aanbesteden van het a priori onderzoek (zie bijlage 2). De presentaties tijdens de workshop zijn opgenomen in dit rapport als bijlage 3 en 4.

Tijdens de brainstormsessie werd geconcludeerd dat de gradiëntmeting zinvol is en goed te combineren met de veldverkenning. Ook werd geconcludeerd dat geofysische oppervlaktemetingen, wat betreft resolutie, vrijheidsgraden in de interpretatie, snelheid van uitvoering en kosten, niet te verkiezen zijn in vergelijking met sonderingen met geleidbaarheidsmeting. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat dit geldt voor puntmetingen bij de potentiële locatie/zone. Waar een continue 2D en 3D beeld vereist is, zou geofysisch onderzoek wel nuttig kunnen zijn. Verder is besloten vooralsnog minder aandacht te besteden aan de a posteriori methoden, maar in plaats daarvan meer aandacht te besteden aan de logistiek van het gehele onderzoek en de realisatie van het meetnet.

2 A PRIORI ONDERZOEKSMETHODEN

2.1 Algemeen

De a priori methoden zijn als volgt in te delen:

- Vooronderzoek
 - Inventarisatie van bestaande gegevens
 - Classificatie van hydrologische situaties van de percelen
 - Vaststellen potentiële locaties voor monitoringputten
- Veldonderzoek
 - Veldverkenning
 - Gradiëntmeting
 - Geofysische oppervlaktemetingen
 - Sonderingen
 - Doorlatendheidsmetingen
 - Bepalen gemiddeld laagste grondwaterstand
 - Analytische berekeningen

2.2 Vooronderzoek

2.2.1 Doel vooronderzoek

Inventarisatie van gegevens over bodem en water, die in Nederland goed zijn ontsloten, is essentieel. Het is niet efficiënt om die inventarisatie en eerste hydrologische karakterisering steeds per NDM bedrijf uit te voeren samen met de veldactiviteiten. Het is raadzaam deze activiteiten in een initiële fase van vooronderzoek op te nemen en in een keer uit te voeren voor alle NDM bedrijven. Op basis hiervan kunnen potentiële locaties worden aangewezen, die richtinggevend zijn voor het veldonderzoek.

Ook zijn deze gegevens van nut voor een systematische interpretatie van de analyses, die vrijkomen na de bemonstering.

2.2.2 Inventarisatie bestaande gegevens

Inventarisatie van gegevens over bodem en water, die in Nederland goed zijn ontsloten, is essentieel. Hiermee kan al een eerste beeld worden verkregen van de hydrologische situatie op en rond het perceel.

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de gegevens, die mogelijk van nut kunnen zijn.

Tabel 1. Beschikbare gegevens over land en water

Gegevens	Doel
<i>Publieke vlakdekkende gegevens</i>	Informatie over bodem, reliëf, bodem, drainage en landgebruik
• Google Earth beelden	
• Topkaart/GKBN	
• Bodemkaart en geologische kaart	
• AHN	
• TOP10vector	
• Grondwaterkaart	
• Waterlopenkaart (of waterstaatskaart)	
• REGIS kaarten	
• Grondwatertrappenkaart	
• Bodemloket informatie over locaties met grondwaterverontreiniging	reliëf, bodem, drainage en landgebruik, lithologische opbouw en bodemchemie
• Inventarisatie en classificatie van STONE plots	

<i>Publieke puntgegevens (DINOloket, KNMI), die in een omtrek van 2 km voorkomen rond de geselecteerde bedrijfsterreinen</i>	Informatie over lithologische opbouw, waterstand en grondwaterkwaliteit
• Boorbeschrijvingen (van bovenste 25 m)	
• Boorgatmetingen (van bovenste 25 m)	
• Geotechnische Sonderingen	
• VES metingen	
• Grondwaterstanden in naburige peilbuizen (met filters tot 25 m)	
• Chemische of isotopenanalyses van grondwater (op diepten tot 25 m)	
• Neerslag en verdamping van meest nabijgelegen meteostations	Informatie over waterlopen, drainage, bodemparameters, gewasfactoren
• Informatie van het LMM meetnet	
<i>Overige bronnen</i>	
• Regionale onderzoeken (grijze literatuur, Hydrotheek)	
• Pompproeven (vergunningdossiers provincies)	
• GIS bestanden van bodem en water bij provincie, waterschappen en drinkwaterbedrijven	

Vet gedrukt zijn gegevenssoorten, waarvan tijdens de workshop geconcludeerd werd, dat die in deze fase van het onderzoek noodzakelijk zijn. Voor de puntgegevens dienen alleen gegevens in de nabijheid van de NDM bedrijven te worden geselecteerd. Vanwege de lokaal sterk variërende hydrologische situaties in Nederland (zie hieronder) en de grote hoeveelheid gegevens is onder nabijheid verstaan de zone binnen een straal van 2 km rond het NDM bedrijf. Alle verzamelde gegevens zullen in een database per locatie of NDM bedrijf worden opgeslagen.

2.2.3 Classificatie van hydrologische situaties van de percelen

Op basis van bovengenoemde beschikbare kenmerken kunnen karakteristieke hydrologische situaties worden vastgesteld voor de percelen van de NDM bedrijven. Een dergelijke classificatie van zogenaamde hydrologische plots heeft al plaatsgevonden voor het STONE- en het NHI-instrumentarium (Massop 2006, 2000, Kroon 2001) en is gebaseerd topografie, bodemopbouw, soort drainagemiddelen, nabijheid van waterlopen regionale kwel of infiltratie, de grondwatertrap. Deze hydrologische plots zijn landelijk gekarteerd en daarom bruikbaar voor dit onderzoek. Deze classificatie is naast het veldonderzoek een belangrijk hulpmiddel om a priori het ondiepe stromingsstelsel te kenschetsen.

2.2.4 Vaststellen potentiële locaties voor monitoringputten

Op basis van de geïnventariseerde gegevens zullen potentiële locaties worden aangewezen voor de monitoringputten op basis van hydrologische situaties, het daaruit afgeleide stromingsbeeld van het grondwater en logistieke overwegingen. Daarna zal overleg plaatsvinden met de bedrijfsleiders van de eerder geselecteerde NDM bedrijven over de veldonderzoeken en de toegankelijkheid van de beoogde potentiële locaties.

2.2.5 Conclusies van de workshop

Uit de workshop kwam naar voren dat vooronderzoek zoals hier beschreven noodzakelijk is met de kanttekening dat voor de gegevensinventarisatie de AHN bestanden, de bodem- en grondwatertrappenkaarten en de waterlopenkaarten de belangrijkste bronnen van informatie zijn in dit stadium. Verder wordt gewezen op het belang van de logistieke voorbereiding en de communicatie met de bedrijfsleiders. In het programma van eisen voor het onderzoek, dat wordt uitbesteed aan adviesbureaus is dit nader uitgewerkt (Bijlage 2)

2.3 Veldonderzoek

2.3.1 Veldverkenning

Veldverkenning is van belang om de toegankelijkheid en kwetsbaarheid van de mogelijke toekomstige monitoringlocatie in het veld te toetsen in overleg met de LMM bedrijfsleiders. Verder dient verkenning om het beeld van de lokale hydrologie, verkregen uit de inventarisatie, te verifiëren en te verfijnen. Tijdens de verkenning zal de drainagesituatie rond de potentiële locaties in kaart worden gebracht (drains, greppels, sloten) en ook zullen locaties en invloed van eventuele beregeningsputten en bemalingen worden geïdentificeerd. Verder zal een ondiepe handboring worden uitgevoerd bij de potentiële locatie om de bodem te beschrijven en grondwaterstand te bepalen. Ook kan dan een monster worden genomen van het bovenste grondwater en in het veld worden geanalyseerd op EGV (elektrisch geleidingsvermogen) en nitraatgehalte (indicatief). De veldverkenning moet worden uitgevoerd door een hydroloog, die twee NDM bedrijven per dag kan bezoeken.

2.3.2 Gradiëntmeting

De gradiëntmeting is een methode om de stromingsrichting te bepalen van het grondwater. Omdat bij voorkeur gekozen wordt voor putlocaties naast of aan de rand van de percelen dienen de putten immers stroomafwaarts van die percelen te staan. Voor de gradiëntmeting worden 3 a 4 handboringen rond het beoogde perceel uitgevoerd. De afstanden tussen de boringen moeten 75 tot 125 m bedragen. Er wordt met de Edelman tot onder de grondwaterspiegel geboord, waarna een tijdelijk pvc buis met 0.5 m lengte filter tot ca 0.20 m onder de grondwaterspiegel wordt gedrukt en wordt vastgezet met een klem. Na de waterstand ca 30 minuten tot rust te laten komen worden de relatieve grondwaterstanden bepaald door middel van een hoogtemeter opgesteld in het midden van het perceel. Een rustperiode van 30 minuten is doorgaans voldoende om de grondwaterstand in zandgronden vast te kunnen stellen. Hieruit kunnen de stromingsrichting en de gradiënt van het grondwater worden bepaald. Bij de hierboven beschreven methode wordt ervan uitgegaan dat tussen de handboringen geen drainagemiddelen zijn gelegen (sloten en drains). Indien een perceel is gedraineerd door een dicht netwerk van sloten of drains kan de stromingsrichting ter plaatse van een potentiële locatie worden afgeleid uit de ligging en oriëntatie van de drainagemiddelen. Hiertoe kunnen ter verificatie nog twee of drie handboringen worden geplaatst. De gradiënt van het ondiepe grondwater in zandgronden varieert van 1: 500 tot 1: 2000 (De Vries, 1974). Dit betekent dat de verwachte verschillen in grondwaterstand variëren van 5 tot 20 cm. Met een meetfout van 0.5 a 1 cm zal hieruit een redelijke betrouwbare gradiënt en stromingsrichting van het grondwater kunnen worden bepaald.

Gezien het belang van kennis van de lokale omstandigheden en de stromingsrichting werd geconcludeerd dat de veldverkenning en de gradiëntmeting in ieder geval in combinatie zouden moeten worden uitgevoerd. Op basis van de eerste veldonderzoeken zullen locaties voor verder "a priori" onderzoek worden vastgesteld. De gradiëntmeting kan worden uitgevoerd door een hydroloog en een veldassistent. Op een enkele dag kunnen de 3 monitoringlocaties van een NDM bedrijf worden onderzocht.

2.3.3 Geofysische oppervlaktemetingen

Voor de geofysische oppervlaktemetingen zijn specialistische bedrijven nodig of dient apparatuur te worden gehuurd. De methoden geven informatie over de bodemopbouw en het zoutgehalte en/of verontreinigingsgraad van het grondwater ter plaatse van de potentiële monitoringslocatie. De bodemopbouw en met name de aanwezigheid van klei-

of veenlagen is van belang met het oog op de grondwaterstroming en de herkomst van grondwater op bepaalde diepten. Geofysisch onderzoek kan ook uitkomst bieden daar waar het terrein niet toegankelijk is voor sondeerinstallaties (sondeerwagens of rupsvoertuigen)

Tabel 2. Overzicht en Toelichting a priori onderzoekstechnieken

Onderzoeks-techniek	Informatie	Voordelen	Nadelen	Uitvoering
Gradiëntmeting Metingen per dag: 3	- Grondwaterstanden; - Stromingsrichting onder perceel; - Gradiënt en schatting stroomsnelheid; Zout- en nitraat-gehalte grondwater a.g.v. bemesting.	- betrouwbaar - kan worden gecombineerd met analyses van grondwater in veld	- gradiënt is momentopname	-2 veldassistenten -Apparatuur overal verkrijgbaar -3 a 4 handboringen op ca 100 m afstand op hoekpunten perceel; -boren tot ca 20 cm onder grondw. spiegel; -pvc buis met 0.5 m filter en kous indrukken; - in geval van drainagemiddelen op en rond percelen eventueel gradiëntmeting met 2 of 3 boringen loodrecht op drainagemiddelen.
1-dimens. Geoelectrische sondering (VES) Metingen per dag: 4	-Geologische opbouw: lagen met verschillend elektrische weerstand; weerstand is functie van lithologie, vochtgehalte en zoutgehalte grondwater Resolutie is 0.25 tot 0.5 m	- Goed in ondiepe deel/ enkele meters - Geen schade aan het perceel - Variabele resolutie en penetratie diepte	- Onderscheidend vermogen met de diepte neemt af - Interpretatie van weerstand niet altijd eenduidig - voor goede interpretatie gegevens bodemopbouw nodig - Zegt niets over de stroomrichting	-1 specialist/hydroloog en 1 veldassistent; -Meting moet geïnterpreteerd worden met speciale software;
2-dimens. geoelectrische sondering (CVES) Metingen per dag: 2	- Geologische opbouw: lagen met verschillend elektrische weerstand; als VES maar geeft nu 2-Dimensionaal over perceel; - Resolutie is 0.25 tot 0.5 m	-2 dimensionaal beeld - Goed in ondiepe deel/ enkele meters - Geen schade aan het perceel Variabele resolutie en penetratie diepte	- Onderscheidend vermogen met de diepte neemt af - Grote afstand van kabels (ca 200m) - Interpretatie van weerstand niet altijd eenduidig - Voor goede interpretatie gegevens bodemopbouw nodig kost relatief veel tijd en geld - Voegt weinig of niets de stroomrichting en herkomst	-1 specialist/hydroloog en 1 veldassistent; -Meting moet geïnterpreteerd worden met speciale software;
Electromagnetische profilering (EM 34/31) Metingen per dag: 3	Laterale variatie van (bulk) elektrische weerstand van ondergrond	Geen specialistische kennis nodig; geeft beeld met contourlijnen weerstand -richt geen schade aan percelen aan.	Alleen ruimtelijke verbreding en geen informatie over de opbouw van de ondergrond	-2 veldassistenten;
1-dimens. electromagnetische sondering (TDEM) Metingen per dag: 4	-Geologische opbouw: lagen met verschillend elektrische weerstand; -alleen diepten groter	- Goede resolutie diepere ondergrond (traject > 10	- Onderscheidend vermogen eerste 10 meters niet goed; Daarmee valt methode	-1 specialist/hydroloog; -Meting moet geïnterpreteerd worden met speciale software;

	dan 10 m; -resolutie is 0.5 tot 1 m	meter) - Kleine ruimte is voldoende (ca 20m) - Betreding van percelen richt geen schade aan	eigenlijk af - Voor goede interpretatie gegevens bodemopbouw nodig - Interpretatie van geleidbaarheid niet altijd eenduidig	-T&A Radar.
Grondradar (GPR) Metingen per dag: 3	-Geologische opbouw: lagen met verschillende dielectrische constante (reflectievlakken); -Door interpretatie kan hieruit lithologische opbouw, grondwaterspiegel en objecten worden afgeleid; -Resolutie is 0.05 tot 0.3 m	- Continu 2D beeld - Goed voor bepalen van grondwaterstand.	-Apparaat "kijkt" tot slechts 1 a 3 meter onder de grondwaterspiegel	-1 specialist; -Meting moet geïnterpreteerd worden met speciale software; -Apparatuur en software te huur bij T&A Radar en MEDUSA.
Refractieseismiek. Metingen per dag: 3	-Geologische opbouw: lagen met verschillende seismische snelheden (reflectievlakken); -Door interpretatie kan hieruit lithologische opbouw worden afgeleid; -Resolutie is 0.5 tot 2m	grondwaterspiegel goed herkenbaar	- Tijdrovend en weinig resolutie in bovenste 5 meter	-1 specialist en 1 veldassistent; -Meting moet geïnterpreteerd worden met speciale software;
Geotechnische sondering met geleidbaarheidsmeting Metingen per dag: 6	-Opbouw lagen met verschillende geotechnische weerstanden en elektrische geleidbaarheden; -Uit meting kan direct lithologie en zoutgehalte van water worden afgeleid' -Resolutie 0.03 tot 0.1 m	- Goed inzicht in lithologie en zoutgehalte grondwater; - mogelijkheid om te combineren met andere sondeertechneken, zoals de BAT sonde om watermonsters te nemen;	- sondeerwagen kan niet overal goed komen; rupsvoertuig is beter; maar kan mogelijk toch gewasschade aanrichten	- apart contract met sondeerbedrijf nodig (FUGRO, Wiertsema, ...); - sondeerwerk is productiewerk; sondeerploeg heeft exacte locaties nodig; - toegankelijkheid moet zijn geregeld;
Handboring op de potentiële locatie en monsternamen Metingen per dag: 6	-Grondwaterstand; -zout- en nitraatgehalte bovenste grondwater (tot 20 cm vanaf grondwaterspiegel); De boring is niet nodig indien gradiëntmeting wordt uitgevoerd en een van de handboringen voor de gradiëntmeting op de potentiële locatie ligt	Te combineren met gradiëntmeting en/of veldinspectie - bodemprofiel kan inzicht geven in grondwaterstandsvariatie	- reikt tot slechts enkele decimeters onder grondwaterspiegel; inzicht lithologie alleen van onverzadigde zone	-1 veldassistent; -boren tot ca 10 cm onder grondw. spiegel; -pvc buis met 0.5 m filter en kous indrukken; -grondwaterstand meten; -grondwater monsters nemen met handpomp; -ter plaatse EC en nitraatgehalte (papierindicators) meten.
Handmatige pulsborings Metingen per dag: 3	-Grondwaterstand; lithologische opbouw; -Hydrochemie grondwater; -resolutie is ca 0.03 m	Kan direct tot monitoringput worden afgewerkt	Tijdrovend en kostbaar als onderzoeksmethode Met boorstelling kan toegankelijkheid soms een probleem vormen; misschien ook gewasschade	- apart contract met boorfirma nodig (de Ruiter, FUGRO...); - als het met handboorset wordt uitgevoerd is maximale diepte ongeveer 7 m. en kunnen er 1 tot 2 peilbuizen worden geplaatst (geen probleem met toegankelijkheid en gewasschade)

2.3.4 Sonderingen

Sonderingen met meting van mechanische conusweerstand, wrijvingsweerstand en elektrische geleidbaarheid geven informatie met hoge resolutie over de lithologie en zoutgehalte en daarmee soms eutrofiëringgraad van het grondwater. Hiermee kunnen ook dunne kleilensjes van enkele centimeters worden gekarteerd. De diepe filters van het NDM netwerk staan op een diepte van 5 m onder de GLG. De vereiste diepte van de sonderingen is daarom ca 7 m onder maaiveld. Met sonderingen kunnen ook grondwaterspanningen worden gemeten en daarmee grondwaterstijghoogten worden berekend. Echter de variatie daarvan is niet groot over de bovenste meters in zandlagen en valt binnen de meetfout. Interessanter is de mogelijkheid tot het nemen van grondwatermonsters met de BAT sonde. Daarvoor moet wel een nieuwe sondering worden gemaakt. Het verdient aanbeveling sonderingen op alle locaties uit te voeren omdat het een snel en nauwkeurig beeld van de bodemopbouw oplevert, tenzij uit de inventarisatie van bestaande gegevens blijkt dat de bodemopbouw bij de potentiële locatie in voldoende mate bekend is. Per dag kunnen ca 6 monitoringlocaties op twee verschillende NDM bedrijven worden onderzocht. De sonderingen worden uitgevoerd door een aannemer zonder supervisie. De locaties dienen vooraf te zijn aangegeven. In enkele gevallen zal er supervisie nodig zijn. De sonderingen zijn vooral zinvol indien de diepten van de monitoringfilters niet vastliggen, zoals nu wordt aangenomen. Kennis over de aanwezigheid van kleilagen is nuttig om de grondwaterstroming te kunnen inschatten en te voorkomen dat filters in kleilagen worden geplaatst. Deze informatie kan ook worden verkregen uit de boringen van de monitoringputten, maar vereisen wel continu supervisie door een hydrogeoloog.

2.3.5 Doorlatendheidsmetingen

Tijdens het veldonderzoek kunnen handboringen gecombineerd worden met een doorlatendheidsmeting volgens de Hooghoudt methode. Deze resulteert in een hydraulische doorlatendheid, die representatief is voor de bovenste meter van het verzadigde zandpakket. Met de doorlatendheid en de gradiënt van de grondwaterstand kan de grondwaterstromingsnelheid worden bepaald. De vraag is of de doorlatendheid representatief is voor het gehele freatische watervoerende pakket. Omdat deze proef niet van groot belang is voor de locatiekeuze wordt deze niet nodig geacht in dit stadium. Per dag kunnen ca 6 proeven op twee verschillende NDM bedrijven worden uitgevoerd. Na het plaatsen van de monitoringsput (Blok III) kunnen eventueel doorlatendheidsproeven worden uitgevoerd op de monitoringsfilters. Geschat wordt dat er ongeveer 4 putten per dag kunnen worden getest.

2.3.6 Bepalen gemiddeld laagste grondwaterstand

In de notitie van Bierkens (2005) worden 7 verschillende methoden beschreven om de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) te bepalen op een bepaalde plaats. Twee methoden gaan uit van het gebruik van de kaarten om daaruit direct de GLG af te leiden, namelijk de bodemkaart en de Alterra GD-kaart. De laatste is echter niet landsdekkend. De onzekerheid van beide methoden is relatief groot (50 cm). Drie methoden zijn gebaseerd op statistische en correlatiemethoden, waarvoor metingen van grondwaterstanden in het veld nodig zijn en bestaande meetreeksen. Deze methoden resulteren in een kleinere onzekerheid (2 tot 20 cm) maar worden kostbaarder geacht vanwege de vereiste veldwaarnemingen. Voor twee van deze correlatie/statistische methoden zijn bovendien lange meetperiodes nodig. Voor de laatste 2 methoden wordt gebruik gemaakt van grondwatermodellen. Bij een van de twee modelleringmethoden is daarbij een enkele meting van de grondwaterstand nodig in combinatie met een niet-stationair grondwatermodel. De onzekerheid van deze methoden varieert van 10 tot 40 cm.

Het rapport (Bierkens, 2005) beveelt om in eerste instantie de kaartenmethodes toe te passen: eerst de (GD-kaart) en daar, waar GD-kaart ontbreekt, de bodemkaart toe te passen om de GLG op monitoringlocaties te bepalen. Voor zandgronden op de stuwwallen, waar GLG's van de bodem- en GD-kaarten niet erg betrouwbaar zijn, wordt aanbevolen de modelleringmethode niet-stationaire grondwatermodel met verschuivingsterm en in laatste instantie de meest eenvoudige correlatie methode toe te passen (waarneming grondwaterstand en regressieanalyse met standen in bestaande peilbuizen). Deze aanbevelingen zijn hoofdzakelijk gebaseerd op praktische uitvoerbaarheid en kosten.

Gegeven de onderzoeksstrategie zoals die in dit rapport is beschreven, komen wij tot een andere aanbeveling. De veldwaarneming van de grondwaterstand vindt plaats bij de veldverkenning en/of de gradiëntmeting. Omdat het hier zandgronden betreft zal de grondwaterstand in een handboring, zoals hierboven beschreven, zich in een uur stabiliseren en niet een dag nodig hebben om te stabiliseren. Tijdreeksen van peilbuizen in de omgeving zijn ook al verzameld en geïnterpreteerd tijdens de inventarisatie van het vooronderzoek. Bierkens stelt dat 10 tot 20 peilbuizen in de omgeving nodig zijn. Dat aantal zou onzes inziens veel kleiner kunnen zijn, mits de peilbuizen zich in vergelijkbare geohydrologische omstandigheid bevinden. Verder verwachten wij dat het toepassen van de door Bierkens aanbevolen methode van niet-stationaire modellen relatief veel tijd kost en daarom duur is.

Wij raden daarom aan naast de methodes gebaseerd op kaarten met grondwatertrappen, die hoe dan ook moeten worden meegenomen bij de inventarisatie, de correlatiemethode met waarnemingen van enkele bestaande peilbuizen in de nabijheid toe te passen op de potentiële locaties. Bijkomende aanbeveling is de veldverkenning aan het eind van de zomerperiode te plannen, wanneer het grondwater dichtbij het GLG niveau zit. Uit het opgeboorde materiaal kan ook informatie worden ontleend over de grondwaterstandsfluctuaties (hydromorfe kenmerken)

2.3.7 Analytische berekeningen

Met het verkregen inzicht in de hydrologische situatie kunnen analytische berekeningen worden gemaakt van de grondwaterstroming. Deze geven weer indicaties over de stroombaan, het herkomstgebied en de leeftijd van het grondwater uit de filters van de monitoringputten. Een voorbeeld daarvan zijn de analytische berekeningen toegepast door Meinardi (1994) in zijn onderzoek naar de grondwateraanvulling. Daar de filterdieptes vast liggen kunnen deze berekeningen ook a posteriori worden gemaakt en vergeleken worden met de chemische en isotopenanalyses, die ook indicaties geven over de herkomst en leeftijd van het grondwater.

2.3.8 Conclusies na workshop

Tijdens de workshop is geconcludeerd dat het veldonderzoek kan worden beperkt tot de methodes van veldverkenning, gradiëntmeting en eventueel sondering. Hiermee kan met voldoende betrouwbaarheid de stromingsrichting en het stromingsstelsel van het grondwater worden bepaald op een te bemonsteren perceel. Op basis hiervan kan de definitieve locatie van de monitoring worden bepaald. De inzet van sonderingen is nog een punt van discussie. Informatie van sonderingen wordt belangrijk als filterdieptes niet vast liggen maar afhankelijk zijn van de lithologische opbouw en vooral het voorkomen van klei, leem of veenlagen. Zulke lagen beïnvloeden in grote mate het herkomstgebied en de leeftijd van het te bemonsteren grondwater.

De workshop benadrukte het belang van een praktische keuze voor de monitoringput. Deze keuze dient na afloop met de bedrijfsleider te worden overlegd.

Tijdens en na de eigenlijke veldonderzoeken dient de GLG te worden vastgesteld (zie bovengenoemde correlatiemethode). Het standaard uitvoeren van doorlatendheidsproeven en berekeningen wordt nu niet noodzakelijk geacht. Ook dit hangt weer af van de mate van detail die is gewenst voor de filterstelling.

De aanpak van het veldonderzoek, zoals die tijdens de workshop is geformuleerd, is nader uitgewerkt in het programma van eisen voor de adviesbureaus, waaraan het werk zal worden uitbesteed (zie bijlage 1 en 2).

3 A POSTERIORI ONDERZOEKSMETHODEN

3.1 Algemeen

De a posteriori methoden zijn als volgt in te delen:

- Geofysische metingen in boorgaten en peilbuizen
- Directe meting van de horizontale grondwaterstroming
- Doorlatendheidsmetingen in peilbuizen
- Analyses van gassen, opgeloste stoffen en isotopen.

De uitvoering en het ontwerp van de monitoringsputten worden hier niet besproken. Wel wordt opgemerkt dat in de notitie van Fraters (2009) wordt beschreven dat tijdens de boringen monsters worden gestoken voor uitvoerige beschrijving van de lithologie. Ook opgemerkt dat sommige a posteriori methoden alleen in peilbuizen met een diameter van 50 mm kunnen worden uitgevoerd (boorgatmetingen, Geoflo, Phrealog).

3.2 Geofysische metingen in boorgaten en peilbuizen

Geofysische metingen in open boorgaten en peilbuizen kunnen gedetailleerde informatie opleveren over bodem en grondwater. Er zijn geofysische metingen beschikbaar waarmee een aantal bodemparameters kunnen worden vastgesteld:

- De natuurlijke gammastraling kan worden gemeten met de gamma sonde, die een maat is voor het gehalte aan klei.
- De elektrische weerstand van de bodem kan worden gemeten met de elektromagnetische EM39 sonde, waardoor geen direct galvanisch contact met de bodemlagen nodig is. Uit de elektrische weerstand in combinatie met de natuurlijke gammameting kan informatie worden verkregen over de lithologische opbouw en het zoutgehalte en daarmee soms ook de eutrofiëringgraad van het grondwater. De EM39 kan alleen worden ingelaten in peilbuizen met een minimale inwendige diameter van 50 mm.
- Met de temperatuursonde kan soms informatie worden verkregen over de verticale stroming van grondwater (kwel of infiltratie), indien er sprake van een uitzonderlijke sterke stroming.

Een belangrijke opmerking is dat de geofysische metingen ook kunnen worden uitgevoerd in open boorgaten, voordat het boorgat wordt aangevuld en uitgerust met peilbuizen. Echter de boringen zullen meestal worden uitgevoerd met varianten van pulsboorsystemen met een casing. Bij een stalen casing hebben geofysische boorgatmetingen over het algemeen weinig zin.

Omdat het RIVM bij alle boringen nauwkeurige beschrijvingen zal laten uitvoeren op gestoken kernen uit de boringen, zullen onder normale omstandigheden deze technieken niet toegepast hoeven te worden. Onder bepaalde omstandigheden kan de temperatuurmeting wel extra informatie opleveren.

3.3 Directe meting van de horizontale grondwaterstroming

Er zijn momenteel ook technieken beschikbaar om de grootte en richting van de horizontale grondwaterstroming te bepalen. Dat zijn de GEOFLO en de PHREALOG sondes. Deze sondes kunnen worden ingelaten in peilbuizen die een minimale inwendige diameter hebben van 50 mm. Onderzoeken aan de GEOFLO en de PHREALOG laten zien dat deze technieken niet geheel zijn uitontwikkeld en dat de interpretatie van de meetresultaten niet eenduidig is. Verder moet een vrij lange wachttijd van enkele uren worden aangehouden na het inlaten van de sondes voor de meting kan plaatsvinden. Toepassing in een aantal peilbuizen verdient aanbeveling ter verificatie van de methode. Vooralnog wordt aanbevolen de methode niet standaard toe te passen op alle monitoringsputten.

3.4 Doorlatendheidsmetingen in peilbuizen

In de monitoringsbuizen kunnen tests worden uitgevoerd om de hydraulische doorlatendheid te bepalen. Dat kan door middel van een slug test, waarbij een hoeveelheid water plotseling wordt onttrokken of toegevoegd aan de peilbuis, waarna de recovery van de waterstand wordt gemeten of door middel van een putproef met een constant debiet.

3.5 Analyses van gassen, opgeloste componenten en isotopen.

Er zijn uiteraard een groot aantal analyses mogelijk op grondwatermonsters uit de peilbuizen (Tabel 3). Veel van deze analyses zijn al geprogrammeerd in het NDM monitoringssysteem en worden hier niet verder besproken

Tabel 3. Overzicht en toelichting a posteriori onderzoekstechnieken

Onderzoeks-techniek	Informatie	Voordelen	Nadelen	Uitvoering
Temperatuur Metingen per dag: 6	- kan aanwijzing geven voor bestaan van sterke verticale fluxen (kwel of infiltratie); -Resolutie is 0.05 m	- Eenvoudige apparatuur - geen specialistische kennis nodig bij uitvoering	- bij normale infiltratiesnelheden (75 cm/jaar) in meeste zandgronden wordt methode niet kansrijk geacht (mond. commentaar Henk Kooi, VU)	-1 veldassistent; -sonde laten zakken en meten
EM 39 Metingen per dag: 4	-Informatie over lithologische opbouw en zoutgehalte grondwater afgeleid uit elektrische geleidbaarheid; -Resolutie is 0.2 m		Kan zowel in open boorgaten als peilbuizen worden toegepast; aanwezigheid van kleiafdichting in monitoringput kan worden gecontroleerd;	-1 veldassistent; -sondes laten zakken en meten; -minimale buisdiameter is 50 mm
Phrealog/ Geoflo Locaties per dag: 2	-Geeft richting en snelheid van grondwaterstroming; -richting lijkt betrouwbaar, snelheid niet (onderzoek Acacia Water)	Geeft directe aanwijzing over herkomstgebied van grondwater	Ervaring in de praktijk beperkt en niet altijd overtuigend; Methoden hebben nog verificatie nodig; Lange meetperiode (enkele uren)	- contract met aannemer nodig (BIOSOIL en FUGRO); -Sonde installeren in filter. Daarna ca 3 uur stabiliseren en dan meten; -minimale buisdiameter is 50 mm
Doorlatendheidsproeven op peilfilters Locaties per dag: 3	Samen met gradiëntmeting kan hieruit stroomsnelheid worden afgeleid en mogelijk ook indicaties voor leeftijd en herkomst			
EC pH, Alkaliniteit	-Noodzakelijk voor interpretatie lab analyses van grondwatermonsters	nvt, is noodzakelijk	nvt, is noodzakelijk	- veldassistent; schoonpompen met zuigpomp en dan monstername met slangenpomp of onderwaterpomp; -Voor gas monsters moet onderwaterpomp worden gebruikt worden opgevangen in koperen buizen die afgeknepen worden met een koude las

Herbiciden/ Pesticide	Herkomst van water indien toepassing van agrochemicals op percelen bekend is.		- Dure analyses - allen nuttig voor specifieke gevallen	
chemische macro-parameters: pH, NH ₄ , K, NO ₃ , SO ₄ , Ca, PO ₄ , CL, HCO ₃	- grondwatervoeding (stoffenbalans); Mate van beïnvloeding door bemesting.	- Goedkope analyses	- Interpretatie niet eenduidig	wordt misschien al standaard meegenomen in de rondes voor de nitraatmonitoring
³ H/He (met TDG, Ne en N ₂)	- ³ H/He Datering van grondwater van 3 tot 40 jaar; Gebied van herkomst in combinatie met gradiëntmeting en analytische berekening -Uit TDG, Ne N ₂ kan mate van ontgassing worden bepaald 3H alleen geeft indicatie voor water ouder dan 50 jaar als 3H < 1	³ H/He geeft betrouwbare resultaten in Nederland (Ate Visser, 2009)	gevoelig voor ontgassing, exces air en uitwisseling He isotopen	
CFC11, CFC12, CFC13, SF6 (met TDG, Ne en N ₂)	Datering van grondwater van 3 tot 60 jaar;	is relatief goedkoop	CFCX kunnen worden gedegrademd onder anoxische omstandigheden; kunnen worden geadsorbeerd; zijn gevoelig voor ontgassing en exces air	
⁸⁵ Kr (met Ne en N ₂)	Datering van grondwater van 10 tot 50 jaar;	niet gevoelig voor exces air	gevoelig voor ontgassing duur en monsternamen omslachtig grote hoeveelheden water nodig (100 l),	
¹⁸ O _{H2O} , en ² H _{H2O} ,	Indicatie voor leeftijd (jaren en seizoenen met anomale waarden); herkomst van water; mate van verdamping	eenvoudige methode en goedkoop	resultaten niet eenduidig	
³⁴ S _{SO4} , (¹⁸ O _{SO4}),	herkomst en soort bemesting;			
¹⁵ N _{NO3} , (¹⁸ O _{NO3})	aantonen vervluchtiging organische mest (NH ₃) en denitrificatie (kwantificering i.c.m. N ₂)			wordt misschien al standaard meegenomen in de rondes voor de nitraatmonitoring
¹³ C _{DIC} ,	- Geeft herkomst van water geïnfilterd onder maisvelden (mais is C4 plant met hoog ¹³ C gehalte).	goedkoop		

Een paar bijzondere analyses, die informatie geven over de herkomst en leeftijd van het bemonsterde grondwater, worden hier kort genoemd.

³H (Tritium) / ³He

Voor de ³H/³He dateringsmethode worden Tritium (³H) in grondwater en Helium (³He) als gas opgelost in grondwater gemeten (Visser, 2009). De Helium is het verval product van het radioactieve Tritium met een halfwaardetijd van ca 11.3 jaar. De nauwkeurigheid van

deze methode ligt in de orde van 3 jaar en gaat terug tot 1965. Probleem met deze methode is de ontgassing van Helium. Deze ontgassing wordt vooral veroorzaakt door de vorming van stikstofgas uit denitrificatie.

CFC en SF6

De concentraties van CFC's en SF6 gassen in de atmosfeer zijn in de loop van de vorige eeuw toegenomen. Infiltrerend grondwater neemt deze gassen op in een concentratie, die in evenwicht is met de dan heersende concentratie in de atmosfeer. Van grondwater kan dus via de concentratie van deze gassen het jaar van infiltratie en dus de ouderdom worden bepaald. Ook hier speelt ontgassing en exces air een versturende rol. Verder wordt door infiltrerend grondwater lucht ingesloten, dat tot afwijkend hoge concentraties aan gassen leidt (exces air). Tenslotte worden CFC's onder anoxische omstandigheden afgebroken (Visser, 2009) of kunnen worden geadsorbeerd. SF6 is inert en minder gevoelig voor deze effecten. Wat betreft de toepasbaarheid van CFC moet worden opgemerkt dat op de geringe meetdiepte van het NDM, waar oxische omstandigheden heersen en denitrificatie nog niet zover is gevorderd, afbraak een minder groot probleem is. Daar tegenover staat dat grondwater heel jong is op deze diepte. Voor heel jong grondwater is de atmosferische inputfunctie van CFC minder gunstig, omdat de concentratie de laatste jaren aan het afnemen is. SF6 lijkt de beste tracer in deze categorie.

¹⁸O en ²H

Met ¹⁸O en ²H analyses van watermonsters kan het grondwater strikt genomen niet worden gedateerd. Op de geringe diepte van de NDM filters heeft echter nog weinig menging plaatsgevonden, zodat deze methoden mogelijk afzonderlijke jaren of seizoenen met afwijkende isotopensignatuur kunnen markeren en daarmee als tijdmarker kunnen fungeren.

¹³C

¹³C van opgeloste koolstof in grondwater kan als marker fungeren voor percelen onder mais. Mais is een gewas met een fotosynthetisch proces volgens het C4 mechanisme. Dit proces produceert bodem CO₂ gas met een ¹³C van -15 tot -17 permille. Het infiltrerende grondwater neemt deze signatuur over in het opgenomen CO₂. Onder percelen met andere gewassen zal het grondwater CO₂ opnemen met een signatuur van -24 tot -26 permille.

4 ONDERZOEKSTRATEGIE

4.1 Algemene aanpak

In Figuur 1 wordt een overzicht getoond van onderzoeksstrategie, waarin de verschillende onderdelen en methoden in een logisch verband zijn gezet. Voor deze strategie is een keuze gemaakt voor de meest efficiënte en noodzakelijke onderzoeksmethoden.

A priori

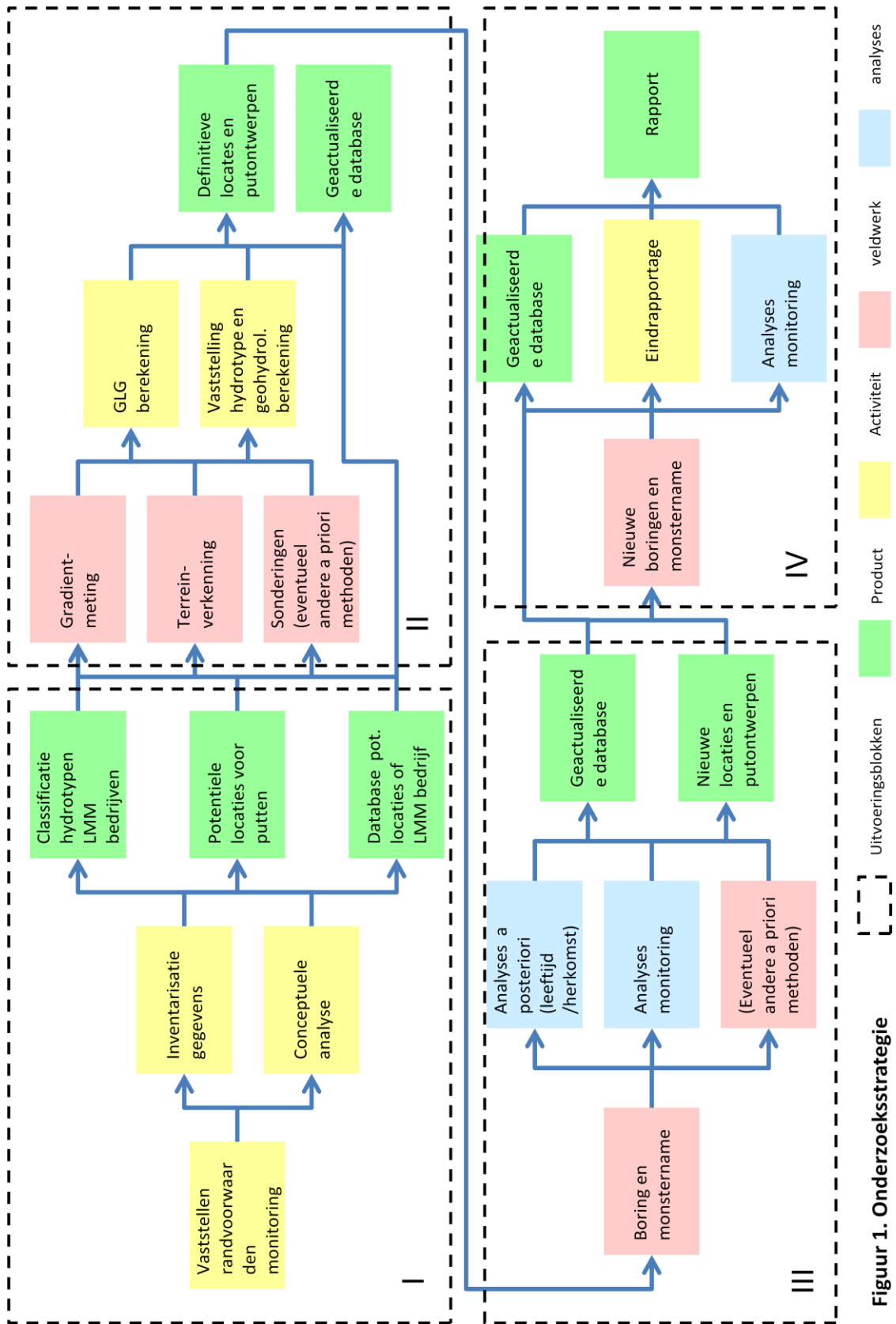
Een vooronderzoek bestaande uit een inventarisatie van bestaande gegevens op gebied van water en bodem, werd tijdens de workshop als een essentieel onderdeel beschouwd. Dit zal voor alle NDM percelen worden uitgevoerd voorafgaand aan de veldonderzoeken. Van de veldonderzoeken werd de veldverkenning en de gradiëntmeting als onontbeerlijk gezien. Deze geven directe informatie over de toegankelijkheid en de grondwatertoestand "nat, neutraal of droog" en de drainagesituatie. Verder kan in combinatie met de reeds geïnventariseerde peilbuizen in de omgeving de GLG worden geschat (correlatiemethode volgens Bierkens, 2005). Tenslotte geeft de gradiëntmeting informatie over de stromingsrichting, zodat een stroomafwaartse locatie van de monitoringput naast het perceel kan worden bepaald. De overige veldonderzoeken hebben betrekking op de lithologie, de hydraulische doorlatendheid en het zoutgehalte en daarmee soms de verontreiniginggraad van het grondwater. De inzet van sonderingen wordt nog in overweging genomen. Geofysische oppervlakte metingen zijn voorlopig niet opgenomen in de onderzoeksstrategie omdat die - in deze fase - geen toegevoegde waarde hebben ten opzichte van sonderingen. Doorlatendheidstests, zoals de Hooghoudt test zijn ook niet opgenomen als standaardmethode, omdat kennis van de doorlatendheid van de bovenste doorlatende zandlaag niet essentieel wordt geacht voor de locatiekeuze of filterstelling.

A posteriori

Wat betreft de a posteriori metingen zijn de geofysische boorgatmetingen en snelheidsmetingen niet in de strategie opgenomen, omdat ze niet veel toevoegen aan de al uitgevoerde sonderingen en de boormonster- of steekmonsterbeschrijvingen. Ook de snelheidsmetingen met de Phrealog en de Geoflo zijn niet opgenomen, omdat de betrouwbaarheid daarvan nog teveel ter discussie staat en omdat ze veel tijd in beslag nemen.

De analyses op grondwatermonsters zijn nog niet nader gespecificeerd. Bepaling van leeftijd lijkt wel van belang te zijn ($^3\text{H}/^3\text{He}$, CFC, SF6 en ^{85}Kr , Ne en N_2). $^3\text{H}/^3\text{He}$ en SF6 lijken het meest toepasbaar. Ook van belang zijn parameters, die indicatief kunnen zijn voor de herkomst van het water (macroparameters, agrochemicals, isotopen ^{15}N , ^{34}S , ^{18}O , ^2H , ^{13}C). Toepassing van aantal van die parameters wordt al overwogen bij de nitraatmonitoring (Fraters, 2009).

In Figuur 1 zijn de activiteiten ook gegroepeerd naar uitvoeringsblokken, die nader worden toegelicht in het volgende hoofdstuk.



Figuur 1: Overzicht onderzoeksstrategie

Figuur 1. Onderzoeksstrategie

4.2 Planning

In deze paragraaf wordt een actieplan geschetst, dat uiteindelijk moet resulteren in het meetnet en een eerste monitoringronde voor het einde van 2012. Tabel 4 geeft een overzicht van de onderzoeksactiviteiten, zoals al aangegeven in Figuur 1, en ook logistieke activiteiten

Tabel 4. Planning activiteiten

BLOK I	BLOK III
Het verzamelen van vlak- en puntgegevens over bodem en water en vastleggen in een GIS database	Tendering van contracten voor boringen, supervisie, laboratoriumanalyses, supervisie en onderzoek.
Het classificeren van alle NDM percelen naar grondwatertoestand, drainagesituatie en STONE plots	Contacteren van NDM bedrijven en maken van afspraken voor uitvoering boringen
Selectie van potentiële locaties bij NDM bedrijven	Uitvoering boringen, monsternamen en analyses
Contacteren van NDM bedrijven voor feedback over de potentiële locaties	Interpretatie van alle gegevens, rapportage en actualiseren database
Rapportage eindrapport en perceelsrapporten	Vaststellen welke putten dienen te worden vervangen of welke opnieuw moeten worden bemonsterd.
BLOK II	Opstellen van programma van eisen voor aanvullende boringen, monsternamen en analyses
Maken van operationeel plan	Tendering van contracten voor aanvullende boringen, laboratoriumanalyses
Contacteren van NDM bedrijven en maken van definitieve afspraken over komst onderzoekers	BLOK IV
Uitvoering van veldonderzoek en vaststellen definitieve locatie monitoringput	Contacteren van NDM bedrijven over komst boorfirma voor aanvullende boringen
Beschrijven specifieke omstandigheden van elke locatie	Uitvoering boringen, monsternamen en analyses
Actualisatie van de GIS database	Interpretatie van alle gegevens
Rapportage eindrapport en actualiseren perceelsrapporten	Actualiseren van database
	Rapportage van alle onderzoeken en uitgevoerde werken

In tabel 5 wordt een tijdsplanning gegeven voor alle activiteiten. Het werk dient binnen 1 jaar te worden uitgevoerd. Om dit te realiseren gelden een aantal randvoorwaarden:

1. Aangenomen wordt dat er ca 450 monitoringputten nodig zijn. Elk NDM bedrijf zal dan gemiddeld 3 putten hebben.
2. Het NDM dient voor de zomer van 2011 operationeel te zijn. We gaan er vanuit dat er dan al een monitoringronde heeft plaatsgevonden tesamen met het a posteriori onderzoek (Blok III en IV).
3. Het onderzoek en de kostbare veldonderzoeken en boringen kunnen niet eerder ter hand worden genomen dan het late voorjaar of zomer van 2010 nadat hierover discussie in de 2de kamer is gevoerd.
4. Dit houdt in dat er maximaal 1 jaar beschikbaar is voor het gehele onderzoek en de inrichting van het NDM.
5. We gaan ervan uit dat het veldonderzoek (Blok II) uitgevoerd wordt in de late zomer van 2010, zodat verwacht mag worden dat de gemeten grondwaterstanden de GLG benaderen.
6. Dat betekent dat het onderzoek van Blok I, die ongeveer 10 weken zal duren, begin mei 2010 zal aanvangen (Tabel 5). De daarop volgende veldstudies van Blok II vinden dan plaats in juli en augustus.

7. Blok II zal dus ongeveer 15 weken in beslag nemen (met 2 weken overlap met Blok I). Daarbij zijn ook de voorbereidende tijd als tendering en de dataverwerking en interpretatie inbegrepen
8. Om die veldstudies bij NDM bedrijven en potentiële locaties te kunnen uitvoeren in juli een augustus zijn er 4 aparte teams nodig.
9. Voor het eventueel uitvoeren van de sonderingen in september moeten 5 sondeerwagens (rupsvoertuigen) worden ingezet.
10. Voor blok III is een periode van 23 weken voorzien met een overlap van 3 weken met blok II (TOR en tenderprocedures).
11. Voor het boren van een monitoringsput zal de pulsboormethode met ackerman steekmonsters worden toegepast. De boordiameter is 125 a 150 mm om het plaatsen van 3 filters mogelijk te maken. In het geval alle drie peilbuizen een diameter van 50 mm hebben is een boordiameter van 200 a 225 mm vereist.
12. Aangenomen wordt dat een boorstelling 2 tot 3 monitoringsputten van 7 m diepte kan boren per dag. Voor het uitvoeren van de boringen en monsternamen zullen 4 boorstellingen gedurende 10 weken in bedrijf zijn.
13. Voor de daaropvolgende periode voor analyses dient met een periode van nog eens 6 weken rekening te worden gehouden. Met de interpretatie en de dataverwerking zullen nog eens 4 weken gepaard gaan.
14. We nemen aan dat op basis van het a posteriori onderzoek zal blijken dat 15 % van de monitoringputten niet voldoen en opnieuw moeten worden geboord in Blok IV.
15. Samen met de complete rapportage over alle werkzaamheden zal blok IV ongeveer 12 weken in beslag nemen.

Tabel 5. Tijdsplanning onderzoek en uitvoering NDM neetnet

	weken 2010																									
Blok	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
I																										
II																										
III																										
IV																										

	weken 2011																									
Blok	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I																										
II																										
III																										
IV																										

4.3 Kostenschatting veldonderzoek

4.3.1 Vooronderzoek Blok I

Voor de kosten van het vooronderzoek is geen raming gemaakt.

4.3.2 Veldonderzoek Blok II

Van de bovengenoemde methoden van het veldonderzoek zijn de kosten per locatie berekend. Er is van uitgegaan dat er 3 locaties per NDM bedrijf worden onderzocht. De kosten zijn gebaseerd op eenheidsprijzen en inzet van personeel, apparatuur en verder de kosten voor transport/verblijf. Voor deze kosten moet het nodige voorbehoud worden gemaakt. Het zijn schattingen op basis van ervaring met de inzet van Acacia personeel en apparatuur en FUGRO (sondering) en kunnen worden beschouwd als een ondergrens voor de kosten. Er zijn voor dit doel geen offertes opgevraagd. De prijzen zijn een raming ex. BTW.

Tabel 6. Eenheidsprijzen methoden

Methode	kosten per locatie (€)
<i>Veldonderzoek Blok II</i>	
Veldverkenning	200
Handboring	150
Pulsboring tot 5 en peilbuis	500
Gradiëntmeting	350
Veldverkenning met handboring en gradiënt meting	600
Sondering met geleidbaarheidsmeting	350
Doorlatendheidsproef Hooghoudt	200
<i>Veldonderzoek Blok III</i>	
Doorlatendheidstest op 3 peilbuizen	300
Boorgatmeting geleidbaarheid (EM39) en gamma	350
Phrealogmeting	650
Temperatuurmeting	150

Indien, zoals werd geconcludeerd tijdens de workshop, het onderzoek van Blok II alleen zal bestaan uit de veldverkenning met handboring en gradiënt meting, zal het onderzoek op de 450 locaties uitkomen op ca. 350.000 – 400.000 euro. Dat is gebaseerd op de bovengenoemde eenheidsprijs vermeerderd met een overhead van 25 % voor het adviesbureau voor projectmanagement, communicatie en rapportage.

Indien 450 sonderingen met geleidbaarheidsmeting worden uitgevoerd zal dit een extra bedrag van ca. 200.000 met zich meebrengen met inbegrip van de overhead van het adviesbureau, dat de sondeerwerkzaamheden coördineert.

5 CONCLUSIES

De algemene conclusies van de onderzoekers en de deelnemers aan de workshop zijn dat:

- vooronderzoek met systematische data-inventarisatie en classificatie,
 - goede logistieke voorbereiding en communicatie met de bedrijfsleiders en
 - veldonderzoek de basis dienen te zijn voor het lokaliseren en ontwerpen van de monitoringputten van het NDM;
- het a priori veldonderzoek kan volstaan met handboringen, hoogte of gradiëntmetingen en eenvoudige veldanalyses, gevolgd door een beschrijving van het hydrologische systeem en mogelijk door een sondering op de gewenste locatie van de monitoringsput;
 - het a posteriori veldonderzoek zich moet richten op de verificatie van herkomst en ouderdom van het bemonsterde grondwater door middel van chemische, isotopen- en gasanalyses van het bemonsterde grondwater;
 - het gehele onderzoek en het boren van de monitoringputten tot en met de eerste reguliere bemonstering - en tevens a posteriori verificatie - binnen de periode van 1 jaar kan worden uitgevoerd, zij het dat er meerdere veldwerkteams, sondeerwagens en boorwagens tegelijkertijd moeten worden ingezet.
 - het raadzaam is de veldstudies in de zomer van 2010 te laten plaatsvinden, zodat een redelijk betrouwbare GLG kan worden bepaald.
 - de overlast voor bedrijfsleiders zoveel mogelijk dient te worden beperkt. Bij de hier geschetste planning worden de bedrijven 2 a 3 maal bezocht. Als sonderingen worden uitgevoerd zal dat 3 a 4 keer zijn:
 1. Tijdens Blok II voor het uitvoeren van de verkenning en gradiëntmeting
 2. Tijdens Blok II voor het uitvoeren van de sondering (staat nog ter discussie)
 3. Tijdens Blok III voor het boren van de waarnemingsput en de monsternamen
 4. Tijdens Blok IV voor het boren van een tweede put, als de eerste niet blijkt te voldoen op basis van de a posteriori onderzoek (komt dus in enkele gevallen voor)

6 REFERENTIES

Bierkens, M. 2005. Vaststelling van de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand op een locatie in het veld. TNO-NITG.

De Vries J.J., 1974. Groundwater flow systems and stream nets in the Netherlands. Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam.

Fraters, D., 2009. Uitwerking van opties voor een Nitraatdieptemetnet, een discussienotitie. RIVM Bilthoven, conceptversie 9 October 2009.

Massop H.Th.L., Van der Gaast J.W.J. & Hermans A.G.M. 2006. Kenmerken van het ontwateringsstelsel in Nederland. Alterra rapport 1397.

Meinardi C.R., 1994. Groundwater recharge and travel times in the sandy regions of the Netherlands, Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam

Visser, A. 2009. Trends in groundwater quality in relation to groundwater age. Proefschrift. Rijksuniversiteit Utrecht.

Massop H.TH.L., Kroon T., Van Bakel J.P.T., De Lange W.J., Pastoors M.J.H. & Huygen J., 2000. Hydrologie voor STONE; Schematisatie en parametrisatie. Alterra-rapport 038. Alterra, Wageningen.

Kroon T., Finke P., Peereboom I. & Beuse A., 2001. Redsign STONE. De nieuwe schematisatie voor STONE: de ruimtelijke indeling en de toekenning van hydrologische en bodemchemische parameters. RIZA rapport 2001.017. RIZA, Lelystad

Bijlage 1.
**Programma van eisen voor “Vooronderzoek
(Blok I) ten behoeve van het vaststellen van
de locaties van monitoringputten voor het
Nitraatdieptemetnet”**

Programma van eisen voor “Vooronderzoek (Blok I) ten behoeve van het vaststellen van de locaties van monitoringputten voor het Nitraatdieptemetnet”

Achtergrond

Het RIVM heeft opdracht gekregen van de ministeries van VROM en LNV om een nieuw vast meetnet in te richten ten behoeve van de onderbouwing van het Vijfde Actieprogramma van de Nitraatrichtlijn en ter ondersteuning van het derogatieverzoek in het kader van dit Actieprogramma. Dit zogenaamde Nitraatdieptemetnet (NDM) zal bestaan uit 450 vaste monitoringputten, die bij percelen van ca 150 geselecteerde agrarische bedrijven op de zandgronden van Noord, Midden en Zuid-Nederland worden geïnstalleerd. Op deze NDM bedrijven wordt nu al grondwater gemonitord (LMM meetnet) ten behoeve van de nitraatrichtlijn. Het LMM betreft alleen het ondiepe grondwater op diepten van ca 1 m onder de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Doel van het NDM is om ook het ondiepe grondwater tussen 1 en 5 m onder de GLG te monitoren. De 450 percelen zijn al door het RIVM geselecteerd. De percelen met coördinaten zijn weergegeven in annex 1. In principe zal elke NDM put met 3 monitoringfilters worden uitgerust, die worden geplaatst op 1, 2, en 5 m onder de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

In verband met de toegankelijkheid van de monitoringputten is besloten deze aan de zijkant van het te onderzoeken perceel te plaatsen. Het is dus van belang dat hydrologische situatie te leren kennen, zodat de putten stroomafwaarts (t.a.v. de grondwaterstroming) liggen van de geselecteerde percelen. De realisatie van het NDM meetnet zal in een aantal stappen of blokken worden uitgevoerd. Het voorliggende programma van eisen betreft Blok I, dat bestaat uit een deskstudie van de hydrologische situatie rond de geselecteerde percelen. Dit zal worden gevolgd door een veldstudie (Blok II).

Onderzoeksdoelstelling

Het vooronderzoek (Blok I) heeft de volgende doelstellingen:

1. Het **inventariseren van relevante basisgegevens** op het gebied van bodem en water voor de geselecteerde percelen en het opslaan van deze gegevens in een GIS database. Deze gegevens zullen tijdens het veldonderzoek (Blok II) maar ook later bij de interpretatie van de monitoringdata veelvuldig worden geraadpleegd.
2. Het verkrijgen **van inzicht in de (geo)hydrologische situatie** en de bereikbaarheid van alle percelen. De percelen dienen daarbij te worden ingedeeld in de klassen “droog”, “neutraal”, “nat” en de klassen “niet ontwaterd”, “ontwaterd door watergangen” en “ontwaterd door drains en watergangen”. Dit zal in de volgende fase van het veldonderzoek worden geverifieerd. Ook dienen voor alle percelen de STONE plot klasse worden achterhaald uit de Alterra database. Deze database omvat een kartering van geheel Nederland in 250 bij 250 m gridcellen waarin een van de 6400 karakteristieke STONE plots zijn toegekend. Deze plots geven informatie over lithologie, kwel/infiltratie, drainagesituatie, bodem en bodemchemie. In de database zijn verder ook de originele achterliggende databestanden voor allerlei kenmerken te vinden (mondelijke mededeling Massop, Alterra).
3. Het kiezen van **potentiële locaties voor de monitoringputten**. De exacte locaties zullen in de volgende fase van het veldonderzoek (Blok II) nader

worden vastgesteld. Ten aanzien van de locaties van de monitoringputten gelden de volgende eisen:

- a. De putlocaties moeten toegankelijk zijn voor de boorstelling en de daaropvolgende bemonsteringen.
- b. Het grondwater, dat in de monitoringput bemonsterd wordt, moet voor een zo groot mogelijk deel geïnfiltreerd zijn in het onderzochte perceel: c.q. de putlocaties moeten aan de stroomafwaartse kant (qua grondwaterstroming) zijn gelegen van de te monitoren percelen
- c. De putlocaties moeten de instemming hebben van de bedrijfsleider.

Activiteiten

Blok I omvat de volgende activiteiten:

1. Het verzamelen van vlak- en puntgegevens over bodem, landgebruik, drainage, oppervlaktewater en grondwater in een straal van 2 km rondom de geselecteerde percelen (zie tabel 1) en het vastleggen van deze gegevens in een GIS database.
2. Het classificeren van alle NDM percelen naar
 - a. grondwatoestand op basis van grondwatertappen "nat" (=GTI t/m GTIV), "neutraal" (= GTV en GTVI) en "droog" (= GTVII en GTVIII) en
 - b. drainagesituatie "niet ontwaterd", "ontwaterd door watergangen" en "ontwaterd door watergangen en buisdrainage"
 - c. de zogenaamde STONE plots, welke informatie geeft voor gridcellen van 250 bij 250 m over bodemopbouw, kwel/infiltratie, buisdrainage, drainagedichtheid en bodemchemie.
3. Het selecteren van potentiële putlocaties volgens de criteria genoemd in hoofdstuk 2, welke tijdens de veldstudie van blok II nader worden bepaald.
4. Het contacteren van de bedrijfsleiders en eventueel aanpassen van de potentiële locatie.
5. Overleg met opdrachtgever RIVM.
6. Rapportage

Producten

De producten van het vooronderzoek (Blok I) zijn:

1. ARCGIS database waarin punt- en vlakdekkende gegevens over bodem, landgebruik en grondwater van de geselecteerde bedrijven zijn opgeslagen. Alleen gegevens dienen te worden verzameld, die betrekking hebben op het gebied tot 2 km rondom de percelen van de geselecteerde bedrijven. In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de noodzakelijke gegevens. In deze fase van het onderzoek kan volstaan worden met de inventarisatie van gegevens met betrekking tot AHN, bodemtypes, grondwatertrappen en waterlopenkaart en verder meetreeksen van grondwater in naburige peilbuizen. Gekoppeld aan deze database dienen ook routines te worden gemaakt voor het invoeren van gegevens, die tijdens het veldonderzoek in Blok II worden verzameld.

Tabel 1. Te verzamelen gegevens voor vooronderzoek

Publieke gegevens
vlakdekkende gegevens
• Google Earth beelden
• Bodemkaart
• Geologische kaart
• Topgrafische kaart
• AHN hoogtekaart
• Waterlopenkaart
• Grondwatertrappenkaart
• Verbreiding karakteristieke hydrologische situaties volgens "STONE plots" (Massop et al, 2000, Kroon et al, 2001)
Puntgegevens (DINOloket)
• Boorbeschrijvingen (van bovenste 25 m)
• Geotechnische sonderingen
• Tijdreeksen van grondwaterstanden in naburige peilbuizen (met filters tot 25 m)

2. Perceelsrapporten (gebundeld voor drie zandregios) met daarin voor elk perceel:
 - a. contactgegevens van NDM bedrijf,
 - b. classificatie van perceel naar:
 - i. grondwatersituatie (nat, neutraal, droog)
 - ii. drainage en
 - iii. STONE plot (zie hierboven).
 - c. kaartjes (4 x 4 cm) van:
 - i. Google Earth beeld (1:10000) met potentiële locatie en eventueel alternatieven,
 - ii. topografie (1:25000)
 - iii. waterlopen (1:25000)
 - iv. AHN (1:25000)
 - v. bodem (1:50000)
 - vi. grondwatertrap (1:50000)
 - vii. waterlopen (1:25000)
 - d. Coördinaten van de potentiële locatie en korte verantwoording van de keuze en eventueel lokale omstandigheden en bereikbaarheid (uit contact met bedrijfsleider)

4. Een eindrapport over Blok II met daarin:
 - a. Beschrijving van de activiteiten
 - b. Uitleg over GIS database structuur
 - c. Evaluatie van de waarde en toegankelijkheid van de basisgegevens
 - d. Evaluatie van de perceelclassificaties
 - e. Aanbevelingen en eventueel aanpassing van het programma van eisen voor het veldonderzoek van Blok II
 - f. Beschrijving van de ARCGIS invoerroutines voor de metingen die tijdens het veldonderzoek worden verzameld.

Planning en communicatie

Het onderzoek dient aan te vangen in week 18 en in week 27 van 2010 te zijn afgerond met oplevering van de bovengenoemde producten. Bepalend voor deze planning het veldonderzoek (blok II) dat in de zomermaanden dient plaats te vinden.

De meeste gegevens zijn publiek toegankelijk. Voor toegang tot bepaalde databestanden, zoals die uit de STONE analyses, zal de opdrachtgever medewerking verlenen

Met de opdrachtgever zal maandelijks overleg plaatsvinden. In ieder geval zullen de onderzoekers verslag uitbrengen van de classificatie van de percelen en de potentiële locaties (activiteit 2 en 3). Het is mogelijk dat deze momenten aanleiding geven voor de opdrachtgever om wijzigingen aan te brengen in het programma of contact op te nemen met NDM bedrijven.

De onderzoekers zullen na de eerste selectie van de potentiële locaties contact opnemen met de NDM bedrijfsleiders ter verificatie van de toegankelijkheid van die locaties en die eventueel aanpassen.

Bijlage 2.
Programma van eisen voor "Veldonderzoek
(Blok II) ten behoeve van het vaststellen van
de locaties van monitoringputten voor het
Nitraatdieptemetnet"

Programma van eisen voor "Veldonderzoek (Blok II) ten behoeve van het vaststellen van de locaties van monitoringputten voor het Nitraatdieptemetnet"

Achtergrond

Het RIVM heeft opdracht gekregen van de ministeries van VROM en LNV om een nieuw vast meetnet in te richten ten behoeve van de onderbouwing van het Vijfde Actieprogramma van de Nitraatrichtlijn en ter ondersteuning van het derogatieverzoek in het kader van dit Actieprogramma. Dit zogenaamde Nitraatdieptemetnet (NDM) zal bestaan uit 450 vaste monitoringputten, die bij percelen van ca 150 geselecteerde agrarische bedrijven op de zandgronden van Noord, Midden en Zuid-Nederland worden geïnstalleerd. Op deze NDM bedrijven wordt nu al grondwater gemonitord (LMM meetnet) ten behoeve van de nitraatrichtlijn. Het LMM betreft alleen het ondiepe grondwater op diepten van ca 1 m onder de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG). Doel van het NDM is om ook het ondiepe grondwater tussen 1 en 5 m onder de GLG te monitoren. De 450 percelen zijn al door het RIVM geselecteerd. De percelen met coördinaten zijn weergegeven in annex 1. In principe zal elke NDM put met 3 monitoringfilters worden uitgerust, die worden geplaatst op 1, 2, en 5 m onder de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG).

In verband met de toegankelijkheid van de monitoringputten is besloten deze aan de zijkant van het te onderzoeken perceel te plaatsen. Het is dus van belang dat hydrologische situatie te leren kennen, zodat de putten stroomafwaarts (t.a.v. de grondwaterstroming) liggen van de geselecteerde percelen. De realisatie van het NDM meetnet zal in een aantal stappen of blokken worden uitgevoerd. Het voorliggende programma van eisen betreft Blok II, dat veldonderzoek omvat rond de geselecteerde percelen en potentiële locaties voor monitoringputten. De percelen en potentiële locaties zijn al vastgesteld tijdens het vooronderzoek (Blok I). Alle relevante informatie over de percelen is vastgelegd in rapporten en is ook toegankelijk via een GIS database.

Onderzoeksdoelstelling

Het veldonderzoek (Blok II) heeft de volgende doelstellingen:

1. Het vaststellen van de geohydrologische situatie op en rond de geselecteerde percelen (verificatie van de classificaties van de percelen uit het vooronderzoek) Het gaat daar voornamelijk om:
 - a. grondwatertoestand op basis van grondwatertappen "nat" (=GTI t/m GTIV), "neutraal" (= GTV en GTVI) en "droog" (= GTVII en GTVIII) en
 - b. drainagesituatie "niet ontwaterd", "ontwaterd door watergangen" en "ontwaterd door watergangen en buisdrainage"
 - c. STONE plots, welke informatie geeft voor gridcellen van 250 bij 250 m over bodemopbouw, kwel/infiltratie, buisdrainage, drainagedichtheid en bodemchemie.
2. Het vaststellen van de locatie voor de monitoringput (of verificatie van potentiële locatie uit het vooronderzoek. Ten aanzien van de locaties van de monitoringputten gelden de volgende eisen:
 - a. De putlocaties moeten toegankelijk zijn voor de boorstelling en de daaropvolgende bemonsteringen.
 - b. Het grondwater, dat in de monitoringput bemonsterd wordt, moet voor een zo groot mogelijk deel geïnfiltreerd zijn in het onderzochte perceel: c.q. de putlocaties moeten aan de stroomafwaartse kant (qua grondwaterstroming) zijn gelegen van de te monitoren percelen
 - c. De putlocaties moeten de instemming hebben van de bedrijfsleider.
3. Het vaststellen/schatten van de GLG

Activiteiten

Blok II omvat de volgende activiteiten:

1. **Bestuderen van de perceelsrapporten** uit het vooronderzoek (Blok I)
2. Het maken van een **operationeel plan voor het veldwerk**.
3. **Contacteren van NDM bedrijven** (per telefoon en e-mail) en maken van definitieve afspraken over komst onderzoekers.
4. **Uitvoeren van veldstudies**, waarbij voor elk perceel standaard wordt uitgevoerd:
 - a. Contact leggen met bedrijfsleider (zie vragenlijst in box)
 - b. Verkenning toegankelijkheid potentiële locaties in overleg met bedrijfsleider (zie a).
 - c. Verkenning drainagesituatie van de geselecteerde percelen met informatie van bedrijfsleider (zie a).
 - d. 3 tot 4 handboringen rond potentiële locaties ten behoeve van gradiëntmeting (zie box gradiëntmeting).
 - e. Meten van grondwaterdiepten en eenvoudige analyses (EC, nitraatconcentratie) in handboringen voor gradiëntmeting
 - f. Hoogtemeting met waterpasinstrument en bepalen gradiënt en grondwaterstromingsrichting.
 - g. Vaststellen definitieve locaties in overleg met bedrijfsleider.
 - h. Handboring op definitieve locatie(s) met grondwaterstandmeting, bodembeschrijving en eenvoudige veldanalyses (EC, Nitraatconcentratie, pH).
 - i. Slaan van piket bij definitieve locatie, vaststellen coördinaten en maken van foto van locatie.
 - j. Overleg met bedrijfsleider over geschikte periodes voor sondeer- of boorwerkzaamheden en eventueel speciale voorzieningen voor die werkzaamheden.

Vragenlijst veldverkenning

- Is perceel toegankelijk voor boorstelling?
- Zo ja aan welke zijden?
- Zijn er anderszins belemmeringen voor het boren van de monitoringput?
- In welke perioden is het perceel niet of moeilijk toegankelijk?
- Heeft het perceel buisdrainage?
- Wanneer/hoe vaak voeren buisdrains water af?
- Zijn er watergangen in de buurt van de percelen?
- Wanneer/hoe vaak vallen watergangen droog?
- Staat er water op perceel bij langdurige regen?
- Wordt er berekend hoe vaak en hoeveel per jaar?
- Zijn er grondwateronttrekkingen in de buurt van het perceel?

5. **Beschrijven van specifieke omstandigheden** ten behoeve van de uitvoering van de boringen, waaronder:
 - a. De verwachte bodemopbouw aan de hand van de handboringen en de STONE plots.
 - b. De verwachte stromingsrichting van het grondwater aan de hand van de gradiëntmeting en de drainagemiddelen.

- c. De diepten van de monitoringfilters ten opzichte van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG). De GLG wordt bepaald aan de hand van de waarnemingen van de grondwaterstand tijdens het veldonderzoek en aan de hand van de tijdens het vooronderzoek verzamelde reeksen van grondwaterstanden. De GLG kan worden bepaald aan de hand van de correlatiemethode beschreven in Bierkens (2005).
- d. Beschrijving van bijzondere voorzieningen voor de boorwerkzaamheden en de afwerking van de monitoringput

Gradiëntmeting

Voor de gradiëntmeting worden 3 a 4 handboringen rond het beoogde perceel uitgevoerd. De afstanden tussen de boringen moeten 75 tot 125 m bedragen. Er wordt met de Edelman tot onder de grondwaterspiegel geboord, waarna een tijdelijk pvc buis met 0.5 m lengte filter tot ca 0.20 m onder de grondwaterspiegel wordt gedrukt en wordt vastgezet met een klem. Na de waterstand ca 30 minuten tot rust te laten komen worden de relatieve grondwaterstanden bepaald door middel van een hoogtemeter opgesteld in het midden van het perceel. Een rustperiode van 30 minuten is doorgaans voldoende om de grondwaterstand in zandgronden vast te kunnen stellen. Hieruit kunnen de stromingsrichting en de gradiënt van het grondwater worden bepaald.

Bij de hierboven beschreven methode wordt ervan uitgegaan dat tussen de handboringen geen drainagemiddelen zijn gelegen (sloten en drains). Indien een perceel is gedraineerd door een dicht netwerk van sloten of drains kan de stromingsrichting ter plaatse van een potentiële locatie worden afgeleid uit de ligging en oriëntatie van de drainagemiddelen. Hiertoe kunnen ter verificatie nog twee of drie handboringen worden geplaatst. De gradiënt van het ondiepe grondwater in zandgronden varieert van 1: 500 tot 1: 2000 (De Vries, 1974). Dit betekent dat de verwachte verschillen in grondwaterstand variëren van 5 tot 20 cm. Met een meetfout van 0.5 a 1 cm zal hieruit een redelijke betrouwbare gradiënt en stromingsrichting van het grondwater kunnen worden bepaald.

- 6. **Actualiseren van de GIS database** met de volgende gegevens voor elke definitieve locatie van een monitoringput
 - a. Google Earth kaartje met definitieve locatie van de monitoringput.
 - b. GPS locatie en foto van de definitieve locatie.
 - c. Beschrijvingen van de handboringen.
 - d. EC en nitraatmetingen.
 - e. Grondwaterstandsmetingen.
 - f. Gradiënt en richting grondwaterstroming.
- 7. Overleg met opdrachtgever.
- 8. Rapportage.

Producten

De producten van het veldonderzoek (Blok II) zijn:

- 1. Geactualiseerde GIS database, waaraan alle gegevens uit het veldonderzoek zijn toegevoegd (activiteit 3).
- 2. Geactualiseerde perceelsrapporten, waarin alle gegevens uit het veldonderzoek zijn toegevoegd (activiteit 4 en 5).
- 3. Eindrapport over Blok II met daarin:
 - d. Beschrijving van alle activiteiten
 - e. Aanbevelingen voor het programma van eisen voor de uitvoering van boor- en bemonsteringsprogramma (Blok III en IV)

Planning en communicatie

Het onderzoek dient aan te vangen in week 25 en in week 38 van 2010 te zijn afgerond met oplevering van de bovengenoemde producten.

Met de opdrachtgever zal maandelijks overleg plaatsvinden. Bij aanvang zal het operationeel werkplan voor het veldonderzoek worden besproken en goedgekeurd. Tijdens de daaropvolgende overleggen zal de voortgang van het veldonderzoek worden besproken. Daarbij kunnen eventuele wijzigingen in het operationele plan worden aangebracht en kunnen alternatieven worden vastgesteld voor percelen, waar geen goede putlocatie kan worden gevonden.

Met de NDM bedrijfsleiders zal voor de start van het veldonderzoek worden overlegd over de datum van het onderzoek. Ook bij verandering van het operationeel werkplan zal overleg met hen plaatsvinden. Tijdens het veldonderzoek zullen de bedrijfsleiders betrokken worden bij de keuze van de locaties van de monitoringputten. Ook zal bij hen informatie worden ingewonnen over de drainagesituatie van het perceel.

Bijlage 3
Notulen workshop locatiekeuze meetpunten
NDM

Aanwezig

Dico Fraters, voorzitter (RIVM), Ad de Goffau (RIVM), Leo Boumans (RIVM), Arno Hooijboer (RIVM), Koos Groen (Acacia), Jouke Velstra (Acacia), Piet Groenendijk (Alterra), Gerard Velthof (Alterra), Hans Peter Broers (Deltares), Kees Meinardi (voorheen RIVM), Tom Hoogland (WUR), Teun Spek (Provincie Gelderland)

Afwezig

John-Paul van den Ham (Acacia), Roelof Stuurman (Deltares)

Datum: 25/11/2009

Onderwerp: Workshop onderzoeksstrategie en –methoden voor lokaliseren van monitoringputten voor NitraatDiepteMeetnet (NDM).

Agenda

Na het welkom van Dico Fraters en een kort voorstelrondje geeft Arno Hooijboer een toelichting over de "Achtergrond en aanleiding van NitraatDiepteMeetnet (NDM)". Vervolgens geeft Koos Groen een presentatie over de onderzoeksresultaten "Onderzoeksstrategie en -methoden voor lokaliseren en inrichten van putten t.b.v. van het Nitraatdieptemeetnet (NDM)".

Alle aanwezigen krijgen de mogelijkheid vragen te stellen naar aanleiding van de presentaties en de notitie "Onderzoeksstrategie voor vaststellen van locaties van grondwatermonitoringsputten voor het toekomstige Nitraatdieptemeetnet van Nederland" (Acacia Water). De vragen worden gecategoriseerd en beantwoord door Dico Fraters, Koos Groen en Jouke Velstra, hetgeen direct de aanleiding is voor de inhoudelijke discussie.

Hieronder de gestelde vragen en antwoorden en indien van toepassing het besluit dan wel conclusie.

Algemene Opmerkingen over notitie onderzoeksstrategie en -methoden

De term pompproef is verwarrend en op meerdere manieren uit te leggen. Voorstel is deze term te wijzigen in putproef als een proef in peilbuis wordt bedoeld.

Dit zal worden aangepast in het rapport.

In de notitie is niet direct de context, achtergrond en aanleiding van het onderzoek duidelijk voor onafhankelijke lezer die alleen deze notitie leest. Voorstel is een hoofdstuk op te nemen om de context, achtergrond en aanleiding op te nemen.

Een goede suggestie, dit zal in ieder geval worden opgenomen in het rapport als het een extern rapport wordt.

Wat is de status van de notitie en het uiteindelijke eindrapport?

Het rapport heeft nu een interne status. Over een externe status is nog geen besluit genomen. Dit hangt samen met de besluitvorming rondom het NDM.

Vragen/opmerkingen over Presentatie over Nitraatdieptemeetnet

Kan bij het opzetten van het meetnet rekening worden gehouden met de KRW? Dit heeft dan vooral betrekking op de relatie grond- en oppervlaktewater (ecologische doelstellingen KRW) en locaties binnen het invloedsgebied van grondwaterwinningen. Voor de relatie grond- oppervlaktewater zijn de metingen ook zeer nuttig voor het verbeteren van het STONE instrumentarium. In relatie tot de drinkwaterwinning leert de

ervaring in de Achterhoek dat filters tot diepten van 30 zinvol zijn en een nitraatfront goed te volgen is.

Dico geeft aan dat een relatie met de KRW inderdaad zinvol kan zijn. Dit punt zal in overweging worden genomen, en bekeken zal worden in hoeverre extra inspanning nodig is bij het onderzoek naar de relatie grondwater – oppervlaktewater voor de KRW. De locaties voor de meetpunten liggen voor een belangrijk deel al vast door de keuze om gebruik te maken van het LMM. De keuze om aan te sluiten bij het KRW-grondwatermeetnet is wel overwogen, maar minder geschikt gevonden dan de keuze voor aansluiting bij LMM. De suggestie om ook dieper te meten dan de 1 tot 5 meter beneden de GLG zal nog eens worden overwogen. De afweging hangt ook samen met de kosten die hieraan zijn verbonden.

Is afstemming met regionale waterbeheerders, provincies en waterschappen, niet zinvol? *Teun geeft aan dat er binnenkort een bijeenkomst van de Werkgroep Grondwater is en het RAG, misschien goed om hier een korte presentatie te geven.*

Dico zal na overleg met en akkoord van de opdrachtgevers contact opnemen met Michiel Zijp, secretaris van de WGGW.

Op welke vragen moet het meetnet antwoord geven? De keuze voor het meetnet op basis van LMM voldoet niet aan het statistische uitgangspunt van een kanssteekproef.

Dico geeft aan dat de voorstellen voor het inrichten van het NDM bekeken en beoordeeld worden door een reviewcommissie van de Technische Commissie Bodem (TCB), en de TCB brengt hier vervolgens een officieel advies over uit. Officieus heeft de reviewcommissie laten weten dat het de keuze kan volgen om meetlocaties ten behoeve van het NDM te laten aansluiten bij LMM-locaties en dat het LMM voldoet aan een kanssteekproef. De beperking is dat het LMM circa 80% van het landbouwareaal in de zandregio dekt. Een afweging die nog moet worden gemaakt in deze context is of locaties moeten worden opgenomen waar nooit nitraat wordt aangetroffen. Met andere woorden de beoordeling van de plannen van het NDM als geheel ligt bij de Technische Commissie Bodem. De keuze is gemaakt om aan te sluiten bij het LMM hetgeen de randvoorwaarde is voor de onderhavige studie van Acacia Water.

Waar hebben we dit meetnet voor nodig? We kunnen op basis van het huidige meetnet al uitspraken doen ten aanzien van het beoogde dieptebereik.

Dico licht de aanleiding en context van het NDM toe. De reden is de motie Koopmans. Uitvoering van de motie levert in ieder geval aanvullende meetinformatie waarmee denitrificatie processen en het huidige model STONE verder kan worden verbeterd.

Gemist in de presentatie en notitie is het effect van zware metalen, opgeloste organische stoffen en hydrochemische analyses met betrekking tot denitrificatie.

Dico geeft aan dat in deze workshop alleen een onderdeel van het hele traject van besluitvorming tot uitvoering van het NDM wordt besproken. Namelijk de huidige opdracht aan Acacia die beperkt is tot een deelvraag:

- *Inventarisatie en vergelijking van meet- en analysemethoden t.b.v de keuze van geschikte locaties en eraan gerelateerde uitvoering.*
- *Opstellen van een protocol voor uitvoering door adviesbureau's voor locatiekeuze*
- *Voorstel voor de algemene aanpak en strategie van locatiekeuze tot realisatie en validatie.*

De andere zaken zijn of worden uitgevoerd en vallen buiten de context van de vraag die aan Acacia is gesteld.

Vragen/opmerkingen over Presentatie en Notitie over onderzoeksstrategie en -methoden

Hoe is rekening gehouden met de praktische uitvoerbaarheid, met name in relatie tot toestemming van agrariërs.

Het RIVM werkt samen met het LEI aan een communicatieplan richting de betrokkenen waarbij rekening wordt gehouden met het hele traject van locatiekeuze tot inrichting van het meetnet. Bereidheid van agrariërs en uiteindelijk toestemming verlenen is een belangrijk onderdeel hiervan.

Daarnaast is in de uitwerking van de meetmethoden om de optimale locaties voor de meetpunten te bepalen rekening gehouden met de praktische uitvoerbaarheid. Dit houdt onder andere in dat zo weinig mogelijk schade wordt toegebracht aan het perceel (voeten en een kruiwagen zoals Kees opmerkte). Dit is meegewogen in de keuze van de voorgestelde methodiek. In dit licht zal de noodzaak van een sondering worden heroverwogen.

In het overzicht van "Inventarisatie bestaande gegevens rond beoogde bedrijven" staan erg veel gegevens en afgevraagd wordt of dat allemaal wel nodig is. Aangegeven wordt dat het in de meeste gevallen voldoende is om te werken met de AHN, watergangen en bodemkaart. Opgemerkt wordt dat in het kader van o.a. modelstudies voor het grootste deel van NL deze bestanden geschoond /gecontroleerd zijn.

Koos geeft aan dat het om een lijst van makkelijk beschikbare gegevens ging. Er wordt uiteindelijk met elkaar geconcludeerd dat de genoemde kaarten AHN, watergangen en bodemkaart een goede en waarschijnlijk voldoende basis vormen.

In deze context wordt opgemerkt ook rekening te houden met het historische landgebruik in de zin van gedempte sloten etc. die van invloed kunnen zijn op de stroming van het grondwater.

In aanvulling op voorgaande opmerking is Piet van mening dat de 'hydrotypes' zoals gebruikt door Alterra in STONE niet de meest actuele schematisatie vertegenwoordigen. Het zou beter zijn om de schematisatie van het 'hydrologisch instrumentarium' te gebruiken

Ten aanzien van de lijst met gegevens wordt verder opgemerkt dat dit vooral informatie geeft over de regionale stroming en vrijwel niets over de lokale situatie.

Aangegeven wordt dat dit klopt maar ook dat het wel de eerste stap is in het begrijpen van de lokale hydrologische situatie en de vorming van conceptuele analyse. In dit verband ontstaat de definitie 'Lokale Hydrologische Systeem Beschrijving'. Dit is feitelijk het doel is van de conceptuele analyse en daaropvolgend veldwerk om de locatie te kunnen bepalen.

De landeigenaar/gebruiker weet zelf erg veel over zijn land. Gesuggereerd wordt de gebruiker bij het veldbezoek te bevragen over de hydrologische kenmerken van de desbetreffende percelen en deze kennis vast te leggen.

Iedereen is het hiermee eens en dat dit onderdeel moet zijn van het protocol voor de uitvoering van het veldwerk. Suggestie is te werken met een vaste vragenlijst. Gerard merkt op dat het belangrijk is zaken zoveel mogelijk te combineren zodat de deelnemer niet elke dag een andere over de vloer krijgt. Dit geldt zowel bij voor het vooraf informatie opvragen als bij de uitvoering.

De periode waarin gemeten wordt is van belang op te komen tot goede resultaten. Het betreft de vaststelling van de GLG maar ook bij toepassen van de gradiëntmethode.

In de daaropvolgende discussie wordt uiteindelijk geconcludeerd dat de beste periode voor GLG in augustus is. Dat voor de gradiëntmethode het eigenlijk niet heel veel uitmaakt. En dat de periode ook samenhangt met het groeiseizoen. Voor de gradiënt methode kan dit uitmaken wanneer sprake is van berekening. Verder is de keuze voor een periode beperkt en in belangrijke mate bepaald door de planning van de totstandkoming van het NDM.

Gemist in de meetmethodes is de EM31. Dit is een methode om snel de bulkweerstand over een diepte van ca. 6 meter te bepalen. En geeft informatie over de laterale variaties binnen een perceel.

Koos/Jouke geven aan dat de EM31 niet maar de vergelijkbare methode EM34 wel is beschreven in het rapport maar is vergeten bij de presentatie. De uitvoering van de methode en interpretatie is specialistisch en mag uitsluitend dienen ter ondersteuning van de andere methoden. Bij de afweging is hier rekening met gehouden. Voor de uitvoering van adviesbureau's moet de toe te passen methode om locaties te bepalen zo eenvoudig mogelijk worden gehouden. De EM31/34 vallen af vanwege het specialistische karakter en de beschikbaarheid van apparatuur die in dit geval zeer beperkt is.

In de notitie wordt eerst gesproken om bij de locatie van de peilbuizen (vaste meetpunten van NDM) te kiezen voor de rand van een perceel, terwijl elders ook het midden wordt

genoemd. Gevoelsmatig is de rand van het perceel niet ideaal. Als je op het perceel meet, zit je altijd goed.

Bij de keuze van de locatie is de praktische uitvoerbaarheid en bereikbaarheid van belang, een locatie aan de rand van perceel heeft dan voorkeur. Bij de keuze is het ook een voorwaarde dat het water dat bemeten wordt in het filter van het betreffende perceel afkomstig moet zijn. Wat betreft het laatste is de optimale locatie het midden van het perceel. Uit de discussie volgt de conclusie om te kiezen voor een pragmatische oplossing. Kies de rand wanneer met redelijke zekerheid gesteld kan worden dat het water van het perceel komt. Bijvoorbeeld op rand van perceel op grens van twee aangrenzende percelen. En dat voor de andere gevallen gekozen wordt voor een veilige afstand vanaf de rand van het perceel. Dit is een punt dat dan nog moet worden uitgewerkt. Koos stelt dat uit de conceptuele analyse van het ondiepe stromingssysteem moet volgen welke gevallen uitgewerkt dienen te worden.

Er wordt onderscheidt gemaakt tussen natte, droge en neutrale situaties. Op welke manier wordt rekening gehouden met ingrepen op het watersysteem zoals drainage? *Wat betreft de te monitoren percelen, moet volgens de notitie van Fraters (2009) om beleidsmatige redenen onderscheid worden gemaakt tussen natte, neutrale en droge situaties. Bij natte situaties treedt immers veel meer of eerder denitrificatie op. Het ongunstigst lijken droge gronden, die meestal worden gekoppeld aan infiltratiegebieden. Deze indeling levert bij de uitvoering van de geo-hydrologische inventarisatie problemen op vanwege kunstmatige ontwatering. Droge en diep gedraineerde gronden kunnen bijvoorbeeld van nature natte gronden zijn. Verder is het zo dat bij ontwaterde percelen misschien op grote diepte lage nitraatconcentraties worden gemeten, omdat het nitraat wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater. Piet zegt dat om die reden eigenlijk beide kenmerken moeten worden betrokken bij de indeling en de karakterisatie van de locaties. Je krijgt dan een soort matrix met op de ene as de beleidsmatige condities: droog, neutraal en nat en op de andere as de uitvoeringscondities: niet ontwaterd, ontwaterd door sloten en ontwaterd door drains.*

In de presentatie wordt aangegeven dat datering met ^{18}O niet mogelijk zal zijn. Dit is echter wel mogelijk.

Koos geeft aan dat bij uitgegaan is van enkele filters op een dieptebereik van 1m tot 5m beneden GLG. Om ^{18}O te gebruiken voor datering zijn minifilters nodig om de 5cm. Dan is het wel mogelijk om seizoensinvloeden te zien en die te gebruiken voor datering. Wanneer men dit zou willen moet hiermee rekening worden gehouden bij het vaststellen van het ontwerp van de peilbuis en bijbehorende filters. De grote hoeveelheid filters die nodig zijn maken het kostbaar om uit te voeren voor alle locaties. Voor locaties waar een hogere meetinspanning wordt verricht (genoemd is 75-100 putten) zou dit wel een overweging kunnen zijn. De analyse van ^{18}O is goedkoop uit te voeren.

Eén van de voorgestelde a posteriori methodes gaat over dateren met behulp van SF6. Het probleem van deze methode is dat de meting niet betrouwbaar is wanneer sprake is van ontgassing. Dit treedt op bij denitrificatie. *Hier was inderdaad geen rekening mee gehouden. Conclusie is dat deze methode minder geschikt is om toe te passen.*

Binnen de voorgestelde aanpak wordt gewerkt met een aantal blokken. Blok 1 betreft inventarisatie en conceptuele analyse. Blok 2 betreft veldonderzoek en uitwerking locatiekeuze. De vraag wordt opgeworpen in hoeverre tot een goede keuze kan worden gekomen van de meetlocatie als geen veldonderzoek wordt uitgevoerd. *Koos/Jouke geven aan dat het veldbezoek een essentieel onderdeel is in de bepaling van de locatiekeuze. Het onderdeel betreft een beter begrip te krijgen van de lokale hydrologische situatie. De deskstudie binnen blok 1 vormen (zoals Hans Peter aangeeft) het basismateriaal voor het veldonderzoek. Hans Peter geeft verder aan dat de resultaten van uitgevoerde werkzaamheden in blok 1 en blok 2 in zekere zin subjectief zijn. De 'echte' metingen zoals de gradiëntmethode geven de hydroloog een handvat voor de toetsing van de conceptuele analyse en veldbezoek. Daarnaast is het de enige objectieve waarneming waarmee het werk van het adviesbureau kan worden gecontroleerd. Conclusie is dat het veldwerk in blok 2 een nuttig en noodzakelijk onderdeel vormt.*

Algemene conclusie

Algemene conclusie is dat de aanwezigen zich kunnen vinden in de voorgestelde strategie en meetmethoden voor lokaliseren en inrichten van putten ten behoeve van het Nitraatdieptemetnet (NDM).

Afsluiting

Dico bedankt een ieder voor de aanwezigheid en de verrichte inspanning. Het verslag van de workshop wordt z.s.m. rondgestuurd met het verzoek het te lezen en opmerkingen ook z.s.m. terug te sturen. De termijnen hiervoor volgen nog.

Bijlage 4
Presentatie over onderzoeksmethoden ten
behoefte van het vaststellen van de locaties
van monitoringputten voor het
nitraatdieptemetnet

