



Laboratorium voor Toegepaste
Geologie en Hydrogeologie
Geologisch Instituut
Krijgslaan 281, S8
B-9000 Gent
Tel.: 09/264 46 47
Fax: 09/264 49 88

Vakgroep Omgeving
Onderzoeksgroep
Bodemvruchtbaarheid en
nutriëntenbeheer
Coupure links 653
9000 Gent
Tel. 09 264 60 53
Fax 09 264 62 47

Nitraatbronnen project

Deelverslag Luik 1

Opdrachtgever

VLM

Leiding:

Prof. Dr. K. Walraevens
Prof Dr. ir. S. De Neve

Studie en verslag:

M. Van Camp
J. De Waele
B. Van Nevel

Dossiernummer: TGO 17/02

Datum: nov 2018

INHOUD

1 Inleiding

2 Luik 1

2.1 Literatuurstudie

2.2 Opstellen referentietabel

2.3 Screening en analyse van bestaande data

2.4 Basisconcept en implementatie voorgestelde methodiek

2.5 Verzamelen historische data

2.6 Selectie van de testsites

LIJST DER TABELLEN

Tabel 2.1 Lijst van de definitieve selectie van testsites

Tabel 2.2 Relevante aquifersystemen in de testsites

1 Inleiding

Dit rapport bevat het deelverslag van de werkzaamheden die in het eerste jaar uitgevoerd zijn in het kader van luik 1 van het nitratbronnenproject.

Hoofdstuk 2 beschrijft de voorbereidende activiteiten, voor het implementeren van de testsites:

- Een literatuurstudie
- Een screening/analyse van bestaande data
- Basisconcept en implementatie voorgestelde methodiek
- Verzamelen historische data
- Selectie van de testsites

2 Luik 1

2.1 Literatuurstudie

Een reeks publicaties werden verzameld die zowel betrekking hebben op de methodische aanpak als regionale studies. Zeer specifiek werd onderwerpen behandeld als stroomlijnen, reistijden, ouderdom van grondwater, riparische zone, GIS tools voor nitraatverspreiding, de rol van de riparische zone en het effect van perceelsdrainage.

Recent is ook veel aandacht gegaan naar wat de “nitrate time bomb” genoemd wordt. Daarmee wordt bedoeld dat in gebieden met dikke onverzadigde zones de hoogste nitraatconcentraties zich mogelijk nog niet in de verzadigde zone bevinden, maar nog in het bovenliggend dik onverzadigd pakket. De hoogste nitraatpieken zullen dan pas in de toekomst volgen. Vooral in de UK is men zeer bezorgd omdat verschillende aquifersystemen in hun voedingsgebied onverzadigde zones van wel 100 m dik hebben.

2.2 Screening en analyse van bestaande data

De gegevens van de MAP meetpunten, de analyseresultaten van het VMM meetnet en data i.v.m. landgebruik, bemesting en meteo werden verzameld, gecontroleerd en verwerkt.

Van het CVBB werden extra meetgegevens bekomen voor de MAP meetpunten waarvoor detailstudies werden uitgevoerd, maar deze hebben een confidentieel karakter.

2.3 Basisconcept en implementatie voorgestelde methodiek

Implementatie van de voorgestelde methodologie voor de verzadigde zone

De voorgestelde methodologie voor de verzadigde zone is gebaseerd op een directe connectie tussen de bronpercelen en de waterloop als receptor via stroomlijnen. Stroomlijnen bepalen waar en wanneer precies het water dat op een perceel percoleert in het waterlopenstelsel terechtkomt. Het pad dat een stroomlijn door het grondwaterreservoir volgt, bepaalt ook of dit water door de gereduceerde zone passeert en op deze wijze zijn nitraatvracht verliest.

In de methodologie werd voorgesteld om stroomlijnen te traceren tussen bronpercelen en de waterlopen. Stroomlijnen die stroomopwaarts van het MAP meetpunt in de waterloop toekomen, zullen het nitraatgehalte aan het MAP meetpunt beïnvloeden. Door rekening te houden met de nitraatconcentratie en waterflux die

per perceel uitlekt, berekend met het EU-rotate_N model, kan de nitraatconcentratie in de baseflow aan het MAP meetpunt berekend worden.

Normaal worden stroomlijnen gegenereerd m.b.v. een grondwaterstromingsmodel. Omdat het opstellen van een grondwaterstromingsmodel meestal tijdrovend en vaak ook complex is, is het niet realistisch dit als een noodzakelijk onderdeel van elke nitraatmodelberekening op te nemen. Als een eenvoudiger alternatief werd daarom voorgesteld de stroomlijnen te traceren op basis van een kaart van de watertafel die voor een studiegebied, zoals het intrekgebied van een MAP meetpunt, wordt opgesteld door gebruik te maken van een combinatie (superpositie) van interpolatietechnieken en afstandsfuncties en uitsluitend te steunen op informatie die gebiedsdekkend beschikbaar is voor heel Vlaanderen zoals het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen, de Vlaamse Hydrografische Atlas en waterpeilgegevens die via het DOV webportaal kunnen opgevraagd worden. Dit werd als een tijdbesparende strategie naar voren geschoven en behelsde de implementatie van 2 tools: één om een kaart (grid) van de watertafel te genereren (een watertafelgenerator), en een tweede om vertrekkende van dit grid de stroomlijnen zelf te traceren (het stroomlijnprogramma).

Na implementatie van deze 2 tools en uitgevoerde evaluatietesten is echter gebleken dat de watertafelverdelingen die aldus worden aangemaakt, niet voldoen aan de grondwaterstromingsvergelijking. Het toepassen en combineren van eenvoudige wiskundige functies laat niet toe dat de grids en kaarten conform zijn aan de wet van Darcy en de wet van Laplace (wet van behoud van massa): de 2 fysische basiswetten van de grondwaterstroming. Hoewel de kaarten er meestal vrij normaal uitzien, komen er lokale artificiële afwijkingen in voor, te wijten aan het gebruik van de eenvoudige wiskundige regels, die nooit kunnen optreden zonder dat er grondwater in of uit het systeem wordt gebracht. Deze afwijkingen leiden er op hun beurt toe dat stroomlijnen die getekend worden niet verlopen volgens het verwachte patroon maar dat er bvb regelmatig convergentie van stroomlijnen voorkomt (samenbundeling) doordat de stijghoogtelijnen een onrealistische convexe verdeling hebben. Dat zorgt er dan ook voor dat er een niet uniforme distributie van flowpaths ontstaat en dat ook het nitraattransport op een niet realistische wijze wordt gesimuleerd.

De conclusie van de testen is dat een grondwaterstromingsmodel eigenlijk onontbeerlijk is voor het genereren van betrouwbare stroomlijnen.

Hydrogeologische opbouw en limitaties van de methodologie

Vergelijking van de hydrogeologische opbouw bij diverse "rode" MAP meetpunten en de combinatie van deze opbouw met de optredende grondwaterstroming heeft doen inzien dat veel, misschien zelfs het overgrote deel, van de probleempunten zich voordoen in situaties waarbij het grondwater afkomstig is uit heuvelaquifers, zandige lagen die zich onder heuvels bevinden en die rusten op een kleisubstraat dat ervoor zorgt dat het grondwater in deze lagen niet verder kan doordringen maar zich door laterale uitsijpeling een weg zoekt naar de naburige beekdalen. Dat geeft het ontstaan aan bronniveaus en in de intrekgebieden van vele probleem MAP punten worden dergelijke bronnen herkend. De grondwateranalyses van VMM peilbuizen

van peilputten die zich in deze heuvels bevinden en nitraatbepalingen op bronnen tonen aan dat deze heuvelaquifers hoge nitraatgehalten hebben, veroorzaakt door het geoxideerd karakter (afwezigheid van reactief materiaal) en een jarenlange of zelfs decennialange accumulatie van nitraten die op de heuveltoppen uit het bodemprofiel uitgelekt zijn. Onder deze heuveltoppen staat de watertafel diep tot zeer diep wat dikke onverzadigde zones veroorzaakt die meestal minimaal een tiental en soms tot wel veertig meter dik zijn. Dit leidt enerzijds tot lange percolatietijden, maar anderzijds ook tot grote onzekerheid over de precieze flowpaths in de onverzadigde zone die veel complexer en onregelmatiger zijn dan verticale stroombanen. Omdat de uitstroming via een beperkt aantal bronpunten gebeurt, treedt er rond de bronnen een sterke convergentie van stroomlijnen op wat weer een grondige menging van diverse waters meebrengt.

Om deze redenen is het bij heuvelaquifers niet mogelijk een directe connectie te leggen via stroomlijnen tussen de bronpercelen en de waterloop waarop het MAP meetpunt ligt. In deze situaties zijn de heuvelaquifers het best te beschouwen als bucket type reservoirs waarin jarenlang een variabele nitraatinput is gebeurd, alles geaccumuleerd is in de heuvel zelf, in zekere mate vermengd is geraakt en waar de concentratie van het grondwater dat via de bronnen uitstroomt, bepaald wordt door de volledige historie van bemesting op de heuvel.

De voorgestelde methodologie kan niet op MAP meetpunten die door heuvelaquifers gevoed worden, toegepast worden. Daarom is een aangepaste methodologie nodig die niet gebaseerd is op stroomlijnen.

In aquifers die in vlakke regio's liggen is er wel een directe relatie via stroomlijnen tussen bronpercelen en de waterlopen. Dit is bv. het geval in het kustgebied, het noorden van Oost-Vlaanderen, het Netebekken en bovenop het Kempisch plateau. In deze gebieden kan de voorgestelde methodologie wel toegepast worden. Deze gebieden worden echter gekenmerkt door overwegend lage nitraatgehalten aan de MAP meetpunten omdat de top van de reductiezone vrij ondiep ligt. Enkel op het Kempisch plateau komen hoge nitraatgehalten voor.

Alternatieve methodologie

Omdat de voorgestelde methodologie niet op de heuvelaquifers kan toegepast worden, dient minimaal voor deze situaties een alternatieve werkwijze geformuleerd te worden. Het zou echter sterk aanbevolen zijn een uniforme maar flexibele methode te gebruiken die op alle gevallen toepasbaar is. Tegelijk is het ook wenselijk de methodiek eenvoudig te houden zodat ze een brede gebruiksbasis kan vinden.

Hoewel de meeste testsites de schaal van een enkel MAP meetpunt hebben met een beperkt intrekgebied, vooral om op een gedetailleerde schaal het nitraattransport naar het MAP meetpunt te kunnen onderzoeken, is het uiteindelijke doel een instrument te bekomen dat op grotere gebieden, tot de schaal van Vlaanderen, kan gebruikt worden. Met een benadering die steunt op het opstellen van individuele stroomlijnen lijkt een dergelijke opschaling onhandig. Die benadering is enkel geschikt voor kleine bekkens (bv. van een enkel MAP meetpunt) in vlakke gebieden.

Ter vervanging wordt een meer statistische benadering voorgesteld die geen individuele stroomlijnen gebruikt maar variabele reistijden in rekening brengt a.h.v. distributiefuncties. Het is bekend dat grondwater-ouderdommen en -reistijden een exponentiële distributie volgen. De parameterisatie van de distributie kan eventueel afgeleid worden uit stroomlijnen, of worden ingeschat a.h.v. geometrische en hydraulische karakteristieken van het bekken of intrekgebied. Een groter gebied kan opgesplitst worden in deelregio's. Binnen elke deelregio wordt de transportweg door het grondwaterreservoir opgesplitst in een sequentie van functionele modules voor resp. de onverzadigde zone (als die dik is), eventueel de aanwezigheid van een heuvelaquifer en transport door de verzadigde zone in vlak(ke) terrein. Elk van de drie modules kan actief of inactief zijn. De eerste en derde module bestaan uit een convolutie van de nitraatconcentratie-tijdreeks met een digitale filter afgeleid uit de exponentiële distributie van reistijden. Dit is conform de werkwijze voorgesteld door Van Meter (2016). De tweede module behandelt een heuvelaquifer als een lineair, of eventueel niet lineair, reservoir van het "bucket type".

Deze benadering is eenvoudig te implementeren, en is uitermate geschikt om ook grotere gebieden te behandelen. De nitraat inputfunctie wordt zoals bij de oorspronkelijke methodologie bekomen uit de toepassing van het EU-rotate_N model, vertrekkende van perceelbasis, maar geaggregeerd tot zonale inputfuncties (van concentratie en flux).

2.4 Verzamelen historische data

Voor de verzadigde zone werd een bestand met de nitraatmeetgegevens van het VMM netwerk van VMM ontvangen. Bijkomende parameters en waterpeil meetgegevens werden via de DOV portaalsite opgevraagd

2.5 Selectie van de testsites

Selectieprocedure

Een totaal van 10 testsites werd geselecteerd (tabel 2.1). Bij de selectie werd met verschillende factoren rekening gehouden om een grote variatie in sites te bekomen:

- Geografische spreiding binnen Vlaanderen
- Hydrogeologische settings (opbouw reservoir) en spreiding over de verschillende hydrogeologisch homogene zones (HHZ)
- Indicatie voor instroom van nitraatrijk grondwater, meestal gebaseerd op het seizoenaal verloop van het nitraatgehalte in het MAP meetpunt
- Lokale hydrochemische data en waterpeilgegevens van het VMM peilbuizenmeetnet
- Beschikbaarheid van CVBB detailstudies
- Prioriteitswensen van het CVBB voor het bestuderen van de meest problematische MAP meetpunten

Selectie

Een overzicht van de gekozen testsites staat in tabel 2.1. Van 9 testcases was er een CVBB detailstudie beschikbaar (tabel 2.2). Er werd bij de implementatie van de sites zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de terreinkennis van de CVBB medewerkers.

Tabel 2.1 Lijst van de definitieve selectie van testsites

nr	Site	provincie	MAP
1	Luikbeek (pre-selectie)	WVL	926100
2	Wortegem-Petegem	OVL	710800
3	Balegem	OVL	558700
4	Overijse	BRA	489400
5	Peer	LIM	426605
6	Brecht	ANT	99580
7	Lubbeek	BRA	190145
8	Asse	BRA	232900
9	Assenede	OVL	19000
10	Grootschalig testgebied : heuvelrug Kruishoutem-Wortegem	OVL	meerdere

Testsite 1 : Luikbeek in Staden

Deze site is opgenomen omdat ze reeds intensief bestudeerd is in het kader van de “intensieve aanpak” studies van het CVBB.

Testsite 2 : Wortegem-Petegem

Het MAP ligt op de Molenbeek en wordt sterk beïnvloed door bronnetjes die op een heuvelflank ontspringen. Deze site is typisch voor het Vlaamse Heuvelland met heuvels die uit “leperiaanzand” bestaan.

Testsite 3 : Balegem

Dit MAP meetpunt wordt gevoed door water afkomstig van bronnetjes die op een laaggelegen perceel naast de beek ontspringen. Het toestromend grondwater passeert door de Ledo-Paniseliaanaquifer.

Testsite 4 : Overijse

Dit MAP meetpunt wordt gevoed vanuit een vijvertje dat water uit een drainbuis ontvangt dat in een heuvelflank water uit de Brusseliaan aquifer capteert.

Testsite 5 : Peer

Dit is een testsite op het Kempisch plateau waar een dikke geoxideerde freatische laag voorkomt.

Testsite 6 : Brecht

Dit is een testsite in de Antwerpse Noorderkempen. Het MAP meetpunt valt seizoenal droog in de zomer, maar in de winter worden er vaak piekconcentraties gemeten.

Testsite 7 : Lubbeek

In Vlaams Brabant komen enkele probleem MAP meetpunten voor waarvan de valleien ontwikkeld zijn in de Diestiaanaquifer die dan rust op een ondiep kleisubstraat dat gevormd wordt door de "klei van Boom" (Formatie van Boom). De testsite in Lubbeek is zo een voorbeeld.

Testsite 8 : Asse

Het seizoenal gedrag van dit MAP meetpunt in Asse wijst op een aanvoer van nitraat via grondwater : de hoogste concentraties komen steeds in de zomerperiode voor. De toevoer vindt via de Lediaan aquifer plaats.

Testsite 9 : Assenede

Er werd op aangestuurd ook een site te kiezen waar geen nitraatprobleem voorkomt, om te onderzoeken waarom hier geen nitraattoevoer naar de beken optreedt. Daarvoor werd een MAP meetpunt in de Vlaamse Vallei gekozen in Assenede. Het meetpunt ligt in het poldergebied.

Testsite 10 : de heuvelrug van Kruishoutem naar Wortegem

Als grootschalig testgebied was eerst gedacht aan een VHA zone. Maar de vaststelling dat vele MAP probleempunten gekoppeld zijn aan heuvels waarin nitraten geaccumuleerd zijn, maakt het interessanter een (volledige) heuvelrug als testcase te nemen. Als deze testsite dan ook gekozen wordt om een MODFLOW model voor op te stellen, kan een goed beeld verkregen worden hoe de grondwaterstroming in een heuvelrug precies verloopt en welke factoren deze stroming beïnvloeden.

Tabel 2.2 Relevante aquifersystemen in de testsites

nr	Site	Aquifersysteem	CVBB detailstudie
1	Luikbeek (pre-selectie)	leperiaan	J
2	Wortegem-Petegem	leperiaan	J
3	Balegem	Ledo-Paniseliaan	J
4	Overijse	Brusseliaan	J
5	Peer	Hoogterras	J
6	Brecht	Quartair	J
7	Lubbeek	Diestiaan	J
8	Asse	Lediaan	J

9	Assenede	Quartair	N
10	Grootschalig testgebied : heuvelrug Kruishoutem-Wortegem	leperiaan	J

REFERENTIES

Guber, A.K., Pachepsky, Y.A., van Genuchten, M.T., Rawls, W.J., Simunek, J., Jacques, D., T.J. Nicholson, Cady, R.E., 2006. Field-scale water flow simulations using ensembles of pedotransfer functions for soil water retention. *Vadose Zone Journal*, 5, 234-247.

Rawls, W.J., D.L. Brakensiek, and B. Soni. 1983. Agricultural management effects on soil water processes. Part I. Soil water retention and Green-Ampt parameters. *Trans. ASAE* 26:1747–1752.

Williams, J., P. Ross, and K. Bristow. 1992. Prediction of the Campbell water retention function from texture, structure, and organic matter. p. 427–442. In M.Th. van Genuchten et al (ed.) *Proc. Int. Workshop on Indirect methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils*. University of California, Riverside.

Wösten, J.H.M., A. Lilly, A. Nemes, and C. Le Bas. 1999. Development and use of a database of hydraulic properties of European soils. *Geoderma* 90:169–185.